

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
“ECONOMIA E POLITICA AGRARIA ED ALIMENTARE”

Ciclo XXV°

Settore Concorsuale di afferenza: 13/A1 – Economia Politica

Settore Scientifico disciplinare: SECS-P/01 – Economia Politica

TITOLO DELLA TESI
Aspetti di Sostenibilità in Agricoltura a diverse
scale spaziali e temporali.
Valutazioni ambientali, economiche ed energetiche.

Presentata da: Patrizia Ghisellini

Coordinatore Dottorato:
Prof. Davide Viaggi

Relatore:
Prof. Marco Setti (Tutor)

Correlatore:
Prof. Sergio Ulgiati (Co-tutor)
(Università Parthenope di Napoli)

Esame finale anno 2013

A mia mamma

Ringraziamenti

Desidero ringraziare i miei tutor: il prof. Marco Setti e il prof. Sergio Ulgiati per avermi dato la possibilità di continuare ad approfondire il tema dell'energia e le sue implicazioni economiche, ambientali e produttive e per i loro insegnamenti negli anni del Dottorato. Ringrazio il prof. Davide Viaggi, coordinatore del nostro corso di dottorato per i suoi preziosi suggerimenti.

Un sincero ringraziamento anche all'Università Parthenope di Napoli, Dipartimento di Scienze per l'Ambiente per avermi ospitato nelle mie visite di studio. Ringrazio particolarmente i collaboratori del prof. Ulgiati: la dott.ssa Amalia Zucaro, il dott. Salvatore Mellino e il dott. Silvio Viglia per i loro importanti suggerimenti e per i momenti di squisita discussione in merito allo sviluppo dei modelli di analisi del ciclo di vita ambientale inclusi nella Tesi. Ringrazio anche le dott.sse Gabriella Fiorentino e Maddalena Ripa per la loro accoglienza e simpatia.

Ringrazio inoltre i diversi professori e ricercatori della Facoltà di Agraria, Università di Bologna, per i loro suggerimenti in merito ai temi della Tesi e per il materiale inviato.

Ringrazio molto anche il prof. Fabio Nuti Giovannetti per tutti i suoi insegnamenti nel corso di economia dell'ambiente. Rivolgo un grande ringraziamento alla dott.ssa Marika Macchi, dell'Università di Firenze per i suoi preziosi suggerimenti.

Desidero ringraziare il direttore della sede di Confagricoltura di Reggio Emilia, il dott. Roberto Iotti, per aver selezionato per il mio caso studio un'azienda ottimale per l'analisi della sostenibilità dei processi di sviluppo agricolo. Ringrazio molto per la sua professionalità e simpatia il dott. Luciano Duo della sede di Confagricoltura che mi ha aiutato nella raccolta dei dati. Rivolgo un caloroso ringraziamento ai proprietari dell'azienda agricola F.lli Pedrotti per aver acconsentito allo studio della loro attività aziendale. In particolare ringrazio il sig. Ivano Pedrotti per la sua gentilezza nel rispondere alle mie domande e il suo entusiasmo imprenditoriale. Ringrazio molto per i dati forniti sugli impianti a biogas e fotovoltaici i dott. Stefania e Maurizio dello studio tecnico Geometria Moscatelli, l'ing. Annalisa Moscatelli e l'ing. Isabella Porqueddu dell'azienda Brevetti Cremonesi s.p.a.

Ringrazio inoltre per il materiale inviato e i suggerimenti i diversi Dipartimenti della Regione Emilia Romagna, Direzione Generale Agricoltura (Diateca, Servizio Programmi, Monitoraggio e Valutazioni, Servizi percorsi di qualità, relazioni di mercato e integrazioni di filiera, Servizi Aiuti alle Imprese, Archivi UMA, Servizio Ricerca e Innovazione e

Promozione del sistema agroalimentare, Servizio territorio rurale e attività faunistico venatorie), Direzione di Statistica, Servizio di Geologia, Sismica e Suoli, il consorzio di Bonifica di Ferrara, l'ARPA di Bologna (sezione di Ingegneria ambientale, Piano di tutela delle acque dell'Emilia Romagna, Ing. Paolo Spezzani). Ringrazio molto la Camera di Commercio di Bologna per avermi dato la possibilità di consultare gli archivi storici dei listini annuali sui prezzi dei fattori di produzione impiegati in agricoltura.

Ringrazio infine la mia famiglia e in particolare la mia mamma alla quale dedico la mia Tesi per avermi sostenuto in questi anni.

Sommario

Capitolo 1. Introduzione.....	11
1.1 Obiettivi di ricerca e “research questions”	16
1.2 Schema generale della Tesi	19
Capitolo 2. L’agricoltura a livello globale: dinamiche strutturali ed evolutive.....	22
2.1 Il contributo dell’agricoltura allo sviluppo economico globale.....	23
2.2 La riduzione del contributo dell’agricoltura alla produzione del PIL	25
2.3 Verso una maggiore qualità ambientale dell’agricoltura.....	27
2.4 Tendenze passate e future dell’agricoltura globale	29
Capitolo 3. Energia e agricoltura	32
3.1 Dipendenza energetica e sicurezza alimentare	33
3.2 L’indipendenza energetica in agricoltura	35
Capitolo 4. L’obiettivo della sostenibilità e dell’indipendenza energetica nelle politiche a livello globale.....	38
4.1 Gli aspetti principali dello sviluppo sostenibile	39
4.2 Gli Obiettivi del Millennio, “MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS”	40
4.3 Politiche per l’agricoltura sostenibile nell’Unione Europea.....	43
4.4 Gli interventi a favore dell’energia e dell’agricoltura sostenibile nei programmi di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna	50
4.5 Principali aspetti, obiettivi e strumenti della politica energetica europea	56
Capitolo 5. Valutazione della sostenibilità: Stato dell’arte della letteratura.....	60
5.1 Analisi della letteratura esistente.....	61
Capitolo 6. Strumenti per la valutazione della sostenibilità in agricoltura.....	68
6.1 L’analisi del ciclo di vita, LCA	69
6.1.1 Fasi dell’analisi del ciclo di vita	69
6.1.2 Potenzialità e limiti dell’analisi del ciclo di vita.....	72
6.2 L’approccio “SUMMA” per l’analisi della sostenibilità.....	75
6.2.1 L’analisi energetica.....	77
6.2.2 L’analisi dei flussi di materiali	78
6.2.3 L’analisi energetica.....	81
6.2.4 Contabilità delle emissioni	85
Appendice 6.....	86
Capitolo 7. Analisi della sostenibilità di sistemi agricoli internazionali.....	90
7.1 Obiettivo dello studio	91

7.2 Campo di applicazione	91
7.2.1 L'unità funzionale.....	91
7.2.2 I sistemi agricoli studiati	91
7.2.3 Criteri di selezione dei sistemi agricoli analizzati	92
7.2.4 Descrizione dei sistemi agricoli.....	93
7.2.4.1 Principali dinamiche economiche e sociali dei paesi analizzati.....	93
7.2.4.2 Analisi dei singoli Paesi.....	98
Albania.....	98
Argentina	98
Bangladesh.....	99
Brasile	100
Cina.....	100
Francia	101
India	101
Polonia	102
Spagna.....	103
Stati Uniti	103
7.2.5 Confini del sistema.....	104
7.2.6 Tipologie e requisiti di qualità dei dati.....	105
7.2.7 Categorie d'impatto considerate.....	105
7.2.8 Procedure di calcolo	106
7.2.9 Assunzioni metodologiche.....	107
7.2.10 Procedure di allocazione	109
7.3 Inventario del ciclo di vita per i sistemi agricoli internazionali	109
7.4 Analisi dei risultati.....	110
7.4.1 Analisi degli impatti energetici globali.....	110
7.4.1.1 Impatti energetici per prodotto, uso del suolo, sicurezza alimentare.....	118
7.4.2 Analisi degli indicatori energetici intensivi ed estensivi.....	122
Capitolo 8. Caso di studio: Analisi della sostenibilità dei sistemi agricoli della Regione Emilia Romagna e dell'Italia	128
8.1 Obiettivo dello studio	129
8.2 Campo di applicazione	129
8.2.1 L'unità funzionale.....	129
8.2.2 Il sistema studiato.....	129
8.2.2.1 La Regione Emilia Romagna, morfologie e condizioni climatiche.....	129

8.2.2.2. Caratteristiche strutturali e produttive del settore agricolo dell'Emilia Romagna	130
8.2.2.3 L' Italia, morfologia e condizioni climatiche	131
8.2.2.4. Caratteristiche strutturali e produttive del settore agricoltura in Italia	133
8.2.3 Confini del sistema.....	134
8.2.4 Tipologie e requisiti di qualità dei dati.....	136
8.2.5 Categorie d'impatto considerate.....	137
8.2.6 Procedure di calcolo	137
8.2.7 Procedure di allocazione	138
8.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (Life Cycle Inventory, LCI).....	139
8.3.1 Inventario del ciclo di vita per il sistema agricolo dell'Emilia Romagna	139
8.3.1.1 Analisi dei flussi dei fattori produttivi	139
8.3.1.2 Analisi dei flussi dei prodotti finali	139
8.3.2 Inventario del ciclo di vita per il sistema agricolo dell'Italia	145
8.3.2.1 Analisi dei flussi dei principali fattori produttivi	145
8.3.2.2 Analisi dei flussi dei prodotti finali	145
8.4 Analisi dei risultati.....	151
8.4.1 Analisi degli impatti globali	151
8.4.2 Analisi dell'intensità energetica	157
8.4.3 Analisi delle intensità emergentive.....	159
8.4.4 Carbon footprint.....	164
Capitolo 9. Caso di studio: LCA di un sistema agricolo aziendale	166
9.1 Definizione dell'obiettivo dello studio (Goal).....	167
9.2 Definizione del campo di applicazione.....	167
9.2.1 La funzione.....	167
9.2.2 Unità funzionale.....	167
9.2.3 Il sistema agricolo studiato	167
9.2.4 Confini del sistema.....	169
9.2.5 Qualità dei dati	170
9.2.6 Procedure di allocazione.....	171
9.2.7 Categorie d'impatto considerate.....	171
9.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (Life Cycle Inventory, LCI).....	172
9.4 Analisi degli impatti del ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)	175
9.5 Interpretazione dei risultati del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation).....	180
9.6 Analisi dei costi di produzione dell'azienda agricola	183

Capitolo 10. Caso di studio: valutazione contingente del danno ambientale di un impianto di biogas.....	186
10.1 La valutazione contingente.....	187
10.2 Fasi della valutazione contingente.....	189
10.3 Caratteristiche del progetto del caso di studio	190
10.4 Caratteristiche del campione.....	191
10.5 Analisi dei risultati più significativi	193
10.5.1 Analisi della disponibilità ad accettare.....	195
10.5.2 Percezione del progetto.....	196
Appendice capitolo 10	197
Questionario per la Valutazione Contingente.....	197
Capitolo 11. Conclusioni.....	199
11.1 Discussione dei principali risultati raggiunti	200
11.2 Conclusioni, soluzioni, riflessioni e proposte.....	207
11.3 Contributo del lavoro di ricerca	208
Bibliografia.....	211
Appendice 1, Pubblicazioni sui temi dell'agricoltura.....	228
Appendice 2, Altre Pubblicazioni	229

“Agriculture’s heavy dependence on fossil fuels is undermining the sector’s ability to feed the world, perpetuating poverty and undermining efforts to build a more sustainable world economy”¹
(FAO, 2012)

¹ <http://www.fao.org/news/story/en/item/146971/icode/>

Capitolo 1. Introduzione

L'agricoltura è oggi, in particolare nei paesi in via di sviluppo, uno dei settori economici più importanti in termini di ricchezza prodotta e una delle attività produttive che occupa la maggior parte della forza lavoro. Si calcola che la sussistenza di circa il 40% della popolazione mondiale dipenda direttamente dall'agricoltura, dalla caccia, pesca e selvicoltura (FAO, 2001). Il ruolo dell'agricoltura in questi paesi è quindi fondamentale per la crescita economica, per la riduzione della povertà e per il raggiungimento della sicurezza alimentare (IFAD, 2011).²

Storicamente l'agricoltura ha svolto un ruolo fondamentale nel processo di sviluppo economico delle nazioni tant'è vero che poche di esse hanno sperimentato una rapida crescita del reddito con riduzione della povertà senza il contributo dell'agricoltura prima o durante il processo di sviluppo (FAO, 2001). Affinché l'agricoltura possa svolgere il suo ruolo, è necessario realizzare incrementi marcati della produttività del lavoro così da realizzare surplus della produzione agricola da poter vendere sul mercato (Smith, 1776) e trasferire il surplus di lavoro all'industria e permettere il decollo dell'economia (Rostow, 1959)³. Nel processo di sviluppo e trasformazione strutturale il progresso tecnico migliorando l'efficienza delle risorse svolge un ruolo rilevante.

In seguito ai processi d'innovazione tecnica introdotti già dagli inizi del secolo scorso, le rese unitarie sono fortemente aumentate nei paesi⁴ e regioni industrializzate come l'Emilia Romagna⁵ (Felice, 2010) mentre la meccanizzazione e la razionalizzazione delle tecniche produttive hanno ridotto la quantità di lavoro necessaria per unità di superficie (Agricoltura, 2000) e hanno generato la destinazione delle terre originariamente coltivate a usi non agricoli.

² L'agricoltura nei paesi in via di sviluppo è in genere un'attività condotta a livello familiare. Le aziende agricole sono di piccole dimensioni e producono e investono nell'ambito locale. In Paesi come il Vietnam la piccola agricoltura ha svolto un ruolo fondamentale per lo sviluppo economico, la riduzione della povertà e la sicurezza alimentare. Il Paese era in deficit alimentare e adesso è il secondo esportatore di riso al mondo, Il tasso di povertà, che nel 1993 era pari al 58%, nel 2008 si è ridotto sotto il 15%.

³ Secondo Rostow c'è un limite che deve essere abbassato affinché ci sia il decollo. L'occupazione in agricoltura deve scendere di sotto del 75% rispetto all'occupazione totale.

⁴ “Durante la prima metà del XX sec., l'aumento della produzione è stato determinato da metodi di coltivazione più efficaci – una migliore gestione dei suoli, della nutrizione delle piante, del controllo delle erbe infestanti e delle malattie – piuttosto che dalla coltivazione di sementi più produttive. Per il periodo compreso tra il 1950 e il 1990, tuttavia, si stima che più del 50% dell'aumento della produzione possa essere ricondotto all'utilizzazione di sementi migliori. Questo mutamento ha caratterizzato i paesi dotati di un'avanzata scienza agraria come l'Inghilterra, il Canada e la Norvegia, ma è stato persino più evidente nei paesi in via di sviluppo. E' difficile stimare sul piano metodologico il contributo fornito dalla riproduzione controllata all'aumento della produzione, a causa della complessa interazione tra diversi fattori. L'introduzione di nuove tecniche contro gli insetti si può basare, per esempio, su nuove varietà vegetali, e per realizzarne interamente il potenziale produttivo è necessario introdurre nuovi metodi di coltivazione.

⁵ Felice E., 2010.

Si è realizzato il passaggio di un'agricoltura ad alta intensità di lavoro umano a una a elevata intensità energetica. Agli inizi del 1900 circa il 90% dell'energia utilizzata come input in agricoltura proveniva dall'uomo e dagli animali (FAO, 2008; Sansavini, 2011) mentre in particolare dal dopoguerra⁶ l'apporto di energia umana si è drasticamente ridotto a favore del maggiore impiego di energia fossile principalmente petrolio e gas naturale e macchine agricole⁷. In Italia l'aumento delle rese ha determinato un'espulsione continua di forza lavoro in particolare dal 1950, trend che si può osservare anche per l'Emilia Romagna.⁸ Agli inizi del '900 erano necessarie ad es. 2000-3000 ore/ha in frutticoltura mentre oggi sono sufficienti 150-300 ore/ha e meno di 10 ore/ha in cerealicoltura. Come conseguenza dell'industrializzazione il valore di prodotti agricoli è diminuito costantemente e attualmente è 10 volte minore del valore che aveva nel dopoguerra (Sansavini, 2011). I redditi del settore agricolo si sono ridotti nel corso del tempo. Il bilancio energetico è tutt'altro che positivo (Giampietro and Pimentel, 1994), esso può essere, infatti, deficitario o non aggiungere nulla in termini energetici. La produzione di energia alimentare oggi per un'ora-uomo di lavoro nel settore agro-alimentare diretto e indiretto è quasi simile a quella prodotta nelle agricolture di sussistenza (Viganò, 2011).

L'industrializzazione dell'agricoltura ha permesso di soddisfare, solo una parte della domanda globale di cibo (Tilman et al., 2002; Gomiero et al., 2011), principalmente di quella dei paesi oggi industrializzati. In diversi Paesi in via di sviluppo il problema della denutrizione rimane ancora irrisolto.⁹ In alcuni di essi, i tentativi di esportare la Green Revolution si rivelarono, infatti, fallimentari e gli incrementi delle rese furono minimi in confronto a quelli riscontrati nei paesi industrializzati.

⁶ “Questa radicale trasformazione della produzione alimentare e della società rurale, è iniziata nei paesi dell'Europa centrale e settentrionale e nell'America Settentrionale alla fine dell'Ottocento”. [http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_(Storia-della-Scienza)/)

⁷ “Per valutare pienamente l'incremento della produttività agricola e il suo impatto sociale è necessario ricordare che l'efficienza del lavoro è aumentata più della crescita della produzione: mentre la produzione complessiva dell'agricoltura in Inghilterra è triplicata dal 1930 ai primi anni Ottanta, la produttività del lavoro è aumentata di dieci volte (Thirtle 1991)”. Questi dati, nel loro insieme, descrivono la rapida e radicale trasformazione della società rurale che l'innovazione tecnologica ha provocato nel corso del XX secolo. L'incremento dell'efficienza del lavoro è dovuto allo sviluppo tecnologico generale, all'introduzione di nuovi macchinari e di nuove fonti di energia, oltre che alla nuova organizzazione della società. La conseguenza, com'è noto, è stata la riduzione drastica della percentuale della popolazione impegnata nel settore agricolo.

⁸ Nel 1961 gli occupati in Emilia Romagna nel settore rappresentavano il 36% del totale mentre nel 2010 erano il 3.9%. http://www.ermesagricoltura.it/var/portale_agricoltura/storage/file/quarantanni_1244543309.pdf
http://statistica.regione.emilia-romagna.it/factbook/lavoro/occ_ec

⁹ In particolare nei Paesi africani la Green Revolution e le innovazioni di prodotto (le cosiddette “High Yielding Variety”) guidate dalle Multinazionali delle agro-biotecnologie si rivelarono inadeguate ad essere coltivate negli ambienti agricoli di molte nazioni povere in Africa, Giovannetti, 2011.

In questi ultimi tuttavia il prezzo da pagare, in termini ambientali, economici e sociali, per gli elevati incrementi di produttività è cresciuto progressivamente nel tempo (Basile e Cecchi, 2006, Rydberg *et al.*, 2007).¹⁰ Dal punto di vista ambientale le trasformazioni indotte dal modello intensivo hanno radicalmente mutato le relazioni del settore con la Natura che con il modello intensivo diviene soltanto una risorsa da sfruttare senza limiti e una grande centrale da cui estrarre energia e materiali (Heidegger, 1980). E' chiaro che un simile modello produttivo risponde a obiettivi di crescita economica di breve periodo (Coletto, 2002) ed è il riflesso di una concezione filosofica che contrariamente a quanto è nella realtà, vede il pianeta Terra infinito dal punto di vista della disponibilità delle risorse e della capacità di assimilazione di emissioni e rifiuti.

Il progressivo esaurimento delle fonti fossili (in particolare petrolio e gas naturale) (Pimentel, 2011) sta influenzando e condizionerà sempre più in modo negativo le prestazioni produttive (sia in termini fisici: riduzione delle rese, che economici; aumento dei costi degli input) dell'agricoltura intensiva (Rifkin 2002; Raimondi, 2005; Gomiero *et al.*, 2008) se la dipendenza dell'agricoltura non sarà ridotta o azzerata attraverso la sostituzione con altre fonti rinnovabili disponibili localmente.¹¹ In seguito agli aumenti del prezzo del petrolio e del gas naturale, i prezzi dei prodotti energetici (carburanti e, fertilizzanti) negli ultimi anni sono notevolmente aumentati riducendo ulteriormente i redditi prodotti in agricoltura^{12,13} e realizzando un collegamento sempre più stretto con i mercati agricoli e i beni agricoli fondamentali, necessari per l'alimentazione, e i loro prezzi (OECD-FAO, 2011; Searchinger 2011; 2012).¹⁴ L'incremento dei prezzi dei beni agricoli esercita effetti particolarmente negativi e devastanti sulla fragile stabilità delle economie di alcuni dei paesi in via di sviluppo (ad es. quelli africani dell'area sub-sahariana) e sulle loro popolazioni povere che versano già

¹⁰ www.istitutoserpieri.it/MANUALE%20LEONE/PAC.ppt

¹¹ MK Donald K., FAO report warns about fossil fuel dependence in Global Agriculture, 6 december 2011 <http://www.bigpictureagriculture.com/2011/12/fao-report-warns-about-fossil-fuel.html>

¹² "In Paesi avanzati come l'Unione europea a 27 Paesi il valore degli *inputs* rappresenta oltre un terzo del valore della produzione agricola, con un valore di circa il 46% in Italia nel 2009 e valori più elevati in Francia e Germania. Inoltre, il valore degli *inputs* cambia in modo significativo a seconda delle produzioni, con valori maggiori negli allevamenti intensivi da latte e da carne, dove la voce principale è rappresentata dai mangimi, mentre valori minori, rispetto a quello della produzione, si hanno nelle colture erbacee e cereali in particolare, dove i costi maggiori riguardano i concimi e gli antiparassitari", Fanfani e Gutierrez, 2011.

¹³ Piccarolo P., Gasolio agricolo sempre più a caro prezzo, disponibile a: <http://www.georgofili.info/detail.aspx?id=720>

¹⁴ Demand for biofuels is almost doubling the challenge of producing more food. Since 2004, for every additional ton of grain needed to feed a growing world population, rising government requirements for ethanol from grain have demanded a matching ton. Brazil's reliance on sugar ethanol and Europe's on biodiesel have comparably increased growth rates in the demand for sugar and driven up demand for vegetable oil., Searchinger, 2011, disponibile a:

<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2011/02/10/AR2011021006323.html>

in una condizione di denutrizione (FAO, 2008; OECD-FAO, 2011). Le cause dell'elevato aumento dei prezzi di alcuni cereali (grano, mais, orzo e soia) sui mercati mondiali negli ultimi anni (picchi massimi storici sono stati raggiunti nel 2008 e nei primi mesi del 2011) sono diverse: dal lato della domanda, spiccano sia la maggiore richiesta di beni agricoli e alimentari per l'alimentazione umana, proveniente da paesi emergenti come Cina e India (che esercita pressioni sulla richiesta di mangimi a causa della maggiore domanda di prodotti dell'allevamento) sia la maggiore domanda di beni agricoli per uso energetico; per la produzione di biocarburanti che a sua volta è collegata anche all'aumento del prezzo del petrolio, sia alle politiche di incentivazione dei biocarburanti (ad es. etanolo da canna da zucchero in Brasile, e etanolo da mais in USA, biodiesel principalmente da colza in Europa) che hanno creato concorrenza tra l'uso dei terreni agricoli a fini alimentari ed energetici (FAO, 2008; Fanfani e Gutierrez, 2011).¹⁵ Si sta delineando quindi la concorrenza tra l'uso di terra agricola per l'alimentazione umana, per l'alimentazione animale e per l'uso energetico. Il WWF evidenzia l'importanza dell'adozione nei paesi industrializzati di modelli di consumo alimentare nel quale ci sia un bilanciamento dell'apporto di proteine e la riduzione degli sprechi alimentari (WWF, 2012). L'adozione di tali modelli potrebbe liberare sia superficie agricole dedite all'alimentazione animale sia favorire un migliore uso delle superfici esistenti dedite all'alimentazione umana e generare quindi meno pressioni sulle superficie stesse (già sfruttate in modo molto intensivo) e sui prodotti agricoli a livello globale.

L'agricoltura è tra i settori economici maggiormente influenzata dagli effetti negativi dei cambiamenti climatici (a cui anch'essa contribuisce seppure in misura minore rispetto al settore industriale e dei trasporti) a causa della sua forte dipendenza dalle condizioni meteorologiche. Si sono intensificati negli ultimi decenni le perdite economiche e gli effetti sull'offerta globale (disponibilità e stabilità) di prodotti agricoli come conseguenza degli eventi estremi sempre più frequenti dovuti al cambiamento climatico in atto (Commissione Europea, 2008; Sassi, 2010). Inoltre gli studi dimostrano che si stanno manifestando modificazioni negli ecosistemi agricoli (in termini di distribuzione, composizione, struttura, funzione, fenologia, servizi ecosistemici), nelle diverse specie (con variazioni di fenologia, distribuzione, popolazione) e a livello genetico (Pettenella e Ciccarese, 2010).¹⁶ In futuro a

¹⁵ Mitchell (2008a;2008b) nell'analisi dei rapporti tra dinamica dei prezzi del mais ed effetti sostitutivi nell'uso della superficie agricola evidenzia che l'incremento della superficie agricola per il mais per la produzione di biocarburanti ha causato un ridimensionamento della superficie utilizzata a frumento, esercitando quindi pressioni sui prezzi del frumento. Effetti sostitutivi simili si sono verificati anche per la produzione di soia, determinando un intreccio molto intenso. Da Fanfani e Gutierrez, 2011.

¹⁶ Pettenella e Ciccarese, 2010 evidenziano che studi in Italia dimostrano che le modificazioni indotte dai cambiamenti climatici "includono lo spostamento verso Nord e verso quote più elevate del *range* geografico di

livello globale le aree e le popolazioni povere e di piccoli agricoltori dell’Africa Sub-sahariana saranno quelli più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico poiché è limitata la loro capacità di adattamento. In Europa determinate coltivazioni agricole potrebbe essere spostate nelle regioni nordiche dove il clima sarà più mite. Le aree di montagna (ad es. delle Alpi) o le piccole isole saranno più fragili in confronto ad altre, altre aree (come quelle di pianura) subiranno invece i maggiori danni e altre ancora la presenza di effetti combinati come ad es. l’aumento delle temperature e la riduzione delle precipitazioni (Europa meridionale e area del Mediterraneo).¹⁷

Alla luce di queste premesse l’ottimizzazione dei consumi energetici è pertanto una priorità irrinunciabile poiché la scarsità delle fonti fossili e gli effetti negativi del loro uso rappresenteranno un vincolo sempre maggiore alla sua funzione fondamentale di produzione di beni alimentari per una popolazione mondiale in continua crescita.

E’ indubbio che le prestazioni del settore agricolo, per le sue implicazioni ambientali, economiche e sociali siano cruciali per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile a livello locale e globale. Ne emerge quindi la necessità di monitorare e valutare le prestazioni dei sistemi agricoli (IAASTD, 2009)¹⁸ e individuare quei percorsi produttivi in grado di migliorare la sua sostenibilità in modo da bilanciare il trade-off tra mantenimento della sicurezza alimentare, tutela dell’ambiente (H., Charles J. Godfray *et al.*, 2010; Tilman *et al.*, 2011) e fattibilità economico-sociale¹⁹ in accordo con i tre pilastri dello sviluppo sostenibile, gli obiettivi del Millennium Ecosystem Assessment²⁰ e del Millenium Development Goals²¹.

molte specie, sia agricole sia forestali. L’estensione della stagione vegetativa ha determinato un aumento della produttività nella regione bio-geografica alpina, mentre condizioni climatiche più secche e calde sono state responsabili di una più ridotta produttività agricola e forestale e di un aumento degli eventi e della severità degli incendi nella fascia mediterranea. Per il futuro, gli impatti e le risposte degli ecosistemi agricoli e forestali ai *trend* dei cambiamenti climatici diventeranno sempre più acuti, anche se di entità diversa, a seconda delle regioni geografiche e dei tipi di vegetazione (Thuiller, 2005; Dormann *et al.*, 2008)”.

¹⁷ http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_it.pdf

¹⁸ International Assessment of Agriculture Knowledge, Science and Tecnology for Development, disponibile a: http://www.agassessment.org/index.cfm?Page=doc_library&ItemID=14

¹⁹ “Per il prossimo futuro, il problema più urgente non è l’aumento della produzione, quanto una sua più equa distribuzione. È significativo che il premio Nobel per l’economia del 1998 sia stato attribuito all’indiano Amartya Sen per i suoi contributi ai principî dello stato sociale. In un suo importante lavoro, *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation* (1982), ha messo in discussione l’opinione tradizionale secondo la quale la scarsità di cibo rappresenta la spiegazione più importante delle carestie. Sen sostiene l’importanza dell’analisi di come i vari fattori sociali ed economici determinino le opportunità di diversi gruppi; è probabile che la situazione sia mutata radicalmente nell’ultimo quarto di secolo. La rivoluzione verde ha introdotto nuove sfide nel mirino dei politici; rimane da vedere se le scienze sociali saranno in grado di raccogliere la sfida come la biologia agricola ha fatto in passato”, tratto da: [http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_(Storia-della-Scienza)/)

²⁰ Si veda: <http://www.unep.org/maweb/en/index.aspx> e WWF, 2008. Millenium Ecosystem Assessment: <https://www.wwf.it/UserFiles/File/News%20Dossier%20Appti/DOSSIER/Sostenibilit/MillenniumAss.pdf>

²¹ Millenium Development Goals: FAO, <http://www.fao.org/mdg/en/>

Il miglioramento della sostenibilità a livello globale nei processi di produzione agricola e la conseguente certificazione di percorsi virtuosi sono strumenti importanti per ridurre sia le esternalità negative tra le diverse aree geografiche sia le asimmetrie informative tra produttore e consumatore. Oggi è in crescita la disponibilità a pagare dei consumatori per prodotti che hanno una maggiore qualità ambientale come quelli biologici o per quelli che sono prodotti garantendo remunerazioni adeguate agli agricoltori.²²

In questo quadro, i benefici del passaggio dal modello di agricoltura della Green Revolution a quello della Gene Revolution, (che dalla fine degli anni '90 si sta diffondendo a livello mondiale) sono ancora molto incerti. Alcuni Paesi come gli Stati Uniti, l'Argentina, il Brasile, l'India e la Cina hanno visto aumentare dalla fine degli anni'90 le loro superficie agricole dedicate a colture con semi OGM. Tra gli studiosi non c'è ancora accordo sulla loro capacità di migliorare la sostenibilità ambientale ed energetica (efficacia nel ridurre ad es. le quantità di fertilizzanti o pesticidi nelle colture) ed economica (miglioramenti dei redditi agricoli) dell'agricoltura. Alcuni studi evidenziano, infatti, una riduzione dell'uso degli erbicidi e dei costi per piccole e grandi aziende e rischi per la salute degli agricoltori (Bressanini, 2011; Balducci, 2008; European Commission, 2006), altri studi invece confrontando colture con/senza OGM hanno dimostrato che nel primo caso i costi energetici e ambientali sono più elevati (Falconi, 2009; Barker *et al.*, 2007; Bennet *et al.*, 2006). Esistono inoltre diverse tipologie di rischi legati al loro utilizzo: riduzione di biodiversità, resistenza agli antibiotici, etc. (Volpi, 2003; Bhardwaj, 2010), rischi economici e finanziari causati dalla dipendenza da parte degli agricoltori dei paesi in via di sviluppo dal potere della multinazionali del seme e dall'uso di fertilizzanti e pesticidi che devono essere pagati in dollari (Antoniou *et al.*, 2012; Barker *et al.*, 2007).

1.1 Obiettivi di ricerca e “research questions”

Parallelamente all'industrializzazione dei processi di produzione agricoli, negli ultimi decenni a livello mondiale diversi fattori hanno stimolato una migliore conservazione delle risorse energetiche e una maggiore sostenibilità di tali processi quali ad es. la definizione di nuove politiche, miglioramenti delle tecnologie utilizzate in agricoltura (possiamo pensare ad es. alle macchine utilizzate nella lotta per la difesa fitosanitaria), la diffusione di tecniche produttive alternative a quelle intensive (quali ad es. l'agricoltura biologica, l'agricoltura integrata, etc.).

²² Zero Emission, Prodotti biologici in crescita del 7.3% nel 2012, disponibile a:
<http://www.zeroemission.eu/portal/news/topic/Consumi/id/20629/Prodotti-biologici-in-crescita-del-73-nel-2012>

L'aumento dei prezzi dei fattori produttivi (ad es. fertilizzanti, pesticidi, benzina) ha anch'esso influenzato questi processi di miglioramento. Negli USA ad es. l'incremento dei prezzi della benzina ha favorito il maggiore utilizzo del diesel agricolo con importanti benefici in termini di efficienza energetica dei trattori (Pimentel, 2004).

L'attività di ricerca diretta all'analisi delle potenzialità e i vincoli dei modelli di agricoltura alternativi (ad es. c'è una consistente letteratura diretta a valutare la sostenibilità ambientale ed economica delle produzioni agricole biologiche rispetto a quelle convenzionali) si è particolarmente approfondita fornendo nuovi elementi di conoscenza sull'uso delle risorse fossili in agricoltura e sulle soluzioni per ridurre il loro insostenibile uso (Dalgaard *et al.*, 2001). L'attenzione è stata anche rivolta allo sviluppo di metodologie di valutazione in grado di comprendere i singoli o tutti e tre i pilastri della sostenibilità del settore agricolo (ambientale, economica o sociale), la loro evoluzione nel tempo e quindi anche le principali tendenze e i fattori determinanti (Ghisellini *et al.*, in press). L'analisi della sostenibilità è attuata integrando tutti e tre i pilastri attraverso l'adozione di modelli multicriteriali (Munda, 2003, 2007; Russi, 2007; Agostinho *et al.*, 2011), o modelli che uniscono metodologie di valutazione ambientale, energetica ed economica (Ortega *et al.*, 1998; Pereira *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2010; Lou and Ulgiati, 2013) anche in ambito di analisi del ciclo di vita (Fahd, 2011; Zucaro, 2011) e combinando anche diversi livelli spaziali, micro, meso e macro (Zucaro *et al.*, 2013) o metodologie che integrano indicatori ambientali, economici e sociali (Fumagalli *et al.*, 2011).

In questa prospettiva l'analisi storica della sostenibilità dei sistemi agricoli a livello mondiale (che sarà condotta nel presente lavoro di Tesi) è molto importante per valutare l'evoluzione della funzione di produzione a livello aggregato in seguito alle influenze dei diversi fattori (ad es. i prezzi, l'adozione di nuove politiche, nuove scoperte scientifiche, etc.) così da suggerire correzioni ai modelli di produzione esistenti e progettarne nuovi. Tale attività si qualifica inoltre come uno strumento prezioso per misurare la distanza dagli obiettivi delle politiche prefissati di sostenibilità e per l'adozione delle politiche future (Pimentel, 2004).

Il lavoro di Tesi cerca di fornire un contributo all'attività di ricerca attraverso l'analisi dell'evoluzione della sostenibilità di diversi sistemi agricoli, dagli anni '80 a oggi, adottando un approccio multi-metodo (integrazione di metodologie di valutazione ambientale, economica, energetica e sociale) e multi-scala (macro: settore agricolo nazionale, meso: settore agricolo regionale e micro: attività agricola aziendale). In particolare si cercherà di rispondere a diverse "research questions":

1. *Come si sono evoluti i principali indicatori economici (PIL agricolo, PIL procapite, % della forza lavoro agricola, % del PIL agricolo sul PIL totale) e sociali (sicurezza alimentare) dei settori agricoli dei Paesi più protagonisti dell'agricoltura globale?*
2. *E' migliorata l'eco-efficienza del PIL agricolo nei paesi analizzati?*
3. *Ci sono segnali di miglioramento della sostenibilità ambientale ed energetica nei sistemi agricoli dei paesi europei e degli Stati Uniti, dove sono disponibili tecnologie e diverse politiche a favore di una migliore compatibilità ambientale dei processi economici di sviluppo agricolo sono state attuate?*
4. *Come si colloca riguardo alla sostenibilità e la dipendenza energetica l'agricoltura della Regione Emilia Romagna, una regione leader nel settore da oltre 150 anni, rispetto a quella italiana?*
5. *E' sostenibile per la società raggiungere un'agricoltura meno dipendente dalle fonti fossili ed energeticamente autosufficiente attraverso l'adozione dei modelli agricoli alternativi a quelli intensivi?*

Come evidenziato in precedenza l'applicazione del progresso tecnico (innovazioni di prodotto, innovazioni nell'ambito dei processi produttivi, a livello organizzativo, etc.) nel secolo scorso ha svolto un ruolo decisivo anche se non risolutivo nel raggiungimento degli obiettivi di autosufficienza alimentare. Tuttavia, oggi, a differenza che in passato, nei paesi in via di sviluppo e nei paesi industrializzati (come gli USA e in alcuni paesi in Europa) il problema alimentare sembra essere principalmente causato dalla mancanza dei mezzi finanziari che permettono di acquistare il cibo (Sen, 1982; Smil, 2000; Stone, 2002; Basile e Cecchi, 2006) più che a problemi di scarsità (Malthus, 1798; Hansen 2012)²³. La sfida, infatti, non sarà quindi solo produrre cibo a sufficienza: “Our challenge today is not simply to produce more food, and to ensure that food flows as freely as possible from food-surplus to

²³ Thomas R. Malthus in “Essay on the principle of population”, pubblicato nel 1798 per la prima volta, formulò il suo principio pessimistico secondo il quale la popolazione tende sempre ad aumentare più velocemente del cibo disponibile. La crescita demografica futura sarebbe stata quindi necessariamente limitata da eventi quali ad es. carestie, malattie, guerre. Alla fine dell'Ottocento, il neo-malthusianesimo era diventato una questione politica centrale, e la crescente industrializzazione e urbanizzazione rappresentavano un'ulteriore sfida all'agricoltura. Per affrontare l'emergenza, si tentò di nuovo di evitare la minaccia di carestie attraverso la scienza e la tecnologia. Questo tentativo ebbe uno sbocco istituzionale nella costruzione, negli ultimi decenni del XIX sec., di una rete internazionale di stazioni sperimentali per l'agricoltura sia nell'Europa centrale e settentrionale sia nell'America Settentrionale. Questo sistema internazionale di ricerca rese possibile il notevole aumento nella produzione agricola mondiale iniziato negli anni Trenta e Quaranta dell'Ottocento. Tuttavia, il timore malthusiano della cosiddetta esplosione della popolazione rimase una questione politica aperta fino alla seconda metà del Novecento. Solo con la 'rivoluzione verde', iniziata negli anni Sessanta, tale paura scomparve gradualmente dal panorama politico. Hansen, 2012, disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_(Storia-della-Scienza)/)

food-deficits regions. It is to produce it in a way which preserves the environment, particularly by reducing the amount of greenhouse gas emissions which contribute to global warming; and it is especially to organize such production so that it raises the incomes of those who are, today, most food insecure – small scale farmers and agricultural laborers in developing countries –, and so that it allows States to adequately protect the urban poor” (De Schutter, 2009). Quale contributo può dare l’adozione di modelli di agricoltura più autosufficienti dal punto di vista energetico al problema della sicurezza alimentare?

1.2 Schema generale della Tesi

Per cercare di raggiungere gli obiettivi della Tesi e di rispondere alle domande sollevate, la Tesi è strutturata in tre parti principali: la prima parte che tratta degli aspetti teorici legati alle diverse fasi dei processi di sviluppo agricolo, alle principali determinanti dei modelli di sviluppo agricolo: domanda alimentare e offerta e alle loro tendenze evolutive future (capitolo 2), delle maggiori problematiche legate alla dipendenza dell’uso dei combustibili fossili in agricoltura, agli aspetti di sicurezza alimentare (capitolo 3) e infine le principali politiche dirette a promuovere la sostenibilità e la riduzione della dipendenza energetica dalle fonti fossili in agricoltura (capitolo 4).

La seconda parte (capitolo 5) introduce agli aspetti metodologici della Tesi, iniziando ad analizzare la letteratura più recente che tratta dei metodi di valutazione della sostenibilità ambientale, economica ed energetica delle produzioni agricole e ne mette in luce gli aspetti maggiormente studiati e di quelli ancora poco esplorati. Il capitolo 6 introduce a livello teorico la transizione attuale verso metodi di analisi che si focalizzano sui tre pilastri della sostenibilità. Sono descritte alcune delle metodologie - quali l’analisi del ciclo di vita e l’analisi multi-metodo e multi-scala “SUMMA” (Ulgiati *et al.*, 2006) che integra metodi di analisi ambientale, analisi costi-benefici, energetica e sociale, - che saranno utilizzate per la modellizzazione dei diversi casi studio.

Il capitolo 7 introduce alla terza parte della Tesi, più applicativa, nella quale, si cercherà attraverso diversi casi studio, di rispondere alle *research questions* sollevate in precedenza nell’introduzione.

Nel capitolo 7 sono approfondite inizialmente le caratteristiche principali dei sistemi agricoli di alcuni Paesi in via di sviluppo e sviluppati attraverso alcuni indicatori economici: tipologia di coltivazioni agricole, dinamiche dei prezzi dei beni agricoli, saldo import-export. In seguito si valuta la sostenibilità energetica delle produzioni agricole vegetali e animali annuali di tali

Paesi (tra cui l'Italia) al fine di comprendere l'evoluzione e lo stato attuale e i principali fattori; economici e non che la influenzano. Sono analizzati inoltre gli aspetti sociali legati alla sicurezza alimentare e gli aspetti di sostituzione tra terre dedicate all'alimentazione umana e animale. Il capitolo 8 entra in dettaglio nell'analisi della sostenibilità dell'Italia. Dalla precedente analisi, il sistema agricolo del nostro paese, ha un'elevata intensità energetica riguardo alla propria produzione agricola annuale e alla superficie coltivata. L'intensità energetica per valore economico è invece in diminuzione. E' un importante indicatore di eco-efficienza, tuttavia mette in luce solo uno degli aspetti ambientali critici per i sistemi agricoli (anche perché tiene conto del solo sfruttamento delle risorse fossili e non valuta in contributo delle fonti rinnovabili). Si è quindi deciso di entrare ancora più in dettaglio nell'analisi introducendo altri indicatori di prestazione ambientale ottenibili adottando la metodologia SUMMA (Ulgiati *et al.*, 2006), i cui principali elementi caratterizzanti sono approfonditi nel capitolo 6. L'analisi degli indicatori ambientali sarà prima introdotta dall'analisi dei principali indicatori di prestazione economica del settore agricolo dell'Italia (evoluzione del valore economico della produzione agricola e delle sue principali componenti: coltivazioni agricole e produzioni animali, valore aggiunto branca agricoltura, consumi intermedi, attività connesse). In questo modo si vuole verificare la compatibilità economica dei processi agricoli con quella ambientale. Gli indicatori ambientali, economici ed energetici dell'Italia saranno confrontati con quelli dell'Emilia Romagna, una regione nella quale i processi di agricoltura ed allevamento intensivo sono dominanti ma coesistono con processi di produzione più estensivi (agricoltura biologica ed integrata) e multifunzionali (agriturismo, produzione di energia rinnovabile, misure agroambientali, fattore didattiche, etc.). A livello italiano l'Emilia Romagna è la regione con il maggior numero di operatori biologici. Inoltre una parte del territorio della regione è collocata nell'area di produzione del formaggio Parmigiano Reggiano, il cui regolamento impone che l'alimentazione delle bovine derivi per la maggior parte da foraggi locali (pensiamo a quanti chilometri percorra la soia importata dall'Argentina). In quest'area la produzione di energia da biogas è molto legata allo sfruttamento degli effluenti zootecnici prodotti dalle aziende stesse. Questi aspetti hanno determinato la decisione di selezionare un'azienda del comprensorio di produzione del formaggio Parmigiano Reggiano per analizzare attraverso un caso studio (capitolo 9) gli aspetti di autosufficienza energetica in agricoltura e la fattibilità ambientale economica ed energetica di tale scenario (research question n.3). L'azienda analizzata produce latte (destinato al Parmigiano Reggiano) come attività caratteristica, ed energia elettrica da fotovoltaico (che autoconsuma) e da biogas (che vende al gestore della

rete nazionale) e infine impiega il digestato (scaricato dall'impianto a biogas) a fini agronomici.

Il funzionamento di questi impianti può, se non sono messe in atto misure adeguate, causare effetti esterni negativi alle popolazioni che risiedono nelle vicinanze. Questi effetti esterni non entrano nelle funzioni di costo delle aziende che detengono gli impianti, da qui la necessità di cercare di misurare il costo sociale della produzione di energia da biogas al fine di stabilire il livello di produzione ottimale nel quale si tenga conto anche dei costi esterni e non solo del costo privato di produzione dell'elettricità. A questo riguardo nell'ultimo capitolo (10) è stato svolto un tentativo (che richiede successivi approfondimenti e attività di ricerca futura) di misurare ex-ante i costi sociali dell'energia elettrica di un progetto di costruzione di un impianto a biogas nell'area dell'ex zuccherificio Eridania di Massa Finalese in provincia di Modena. Dopo questo capitolo sono stilate infine le conclusioni del lavoro e suggeriti gli ambiti di ricerca futuri.

Capitolo 2. L'agricoltura a livello globale: dinamiche strutturali ed evolutive

2.1 Il contributo dell'agricoltura allo sviluppo economico globale

Prima della rivoluzione industriale l'agricoltura come settore economico ricopriva un ruolo primario nella produzione della ricchezza dei paesi oggi industrializzati. Il suo contributo in termini relativi era rilevante rispetto alle altre attività quali ad es. l'industria manifatturiera e i servizi. Questi ultimi, in Occidente e negli Stati Uniti, con la rivoluzione industriale, la rapida diffusione delle innovazioni tecnologiche (che coinvolgeranno e modificheranno profondamente anche il settore agricolo e la sua struttura produttiva) e i processi d'integrazione commerciale acquisiranno via via più importanza a scapito dell'agricoltura il cui contributo nella produzione del PIL totale diminuirà progressivamente, in particolare dal dopoguerra in avanti.²⁴

Com'è stato dimostrato dai processi di sviluppo agricolo del secolo scorso, esiste una relazione inversa tra livello del reddito pro capite e peso relativo dell'agricoltura (quota del PIL agricolo/PIL totale) (Conforti, 2006). Quest'ultimo è tanto minore quanto più elevato, è il PIL pro capite. La **Figura 2.1** evidenzia questa relazione in circa 200 paesi a livello mondiale.

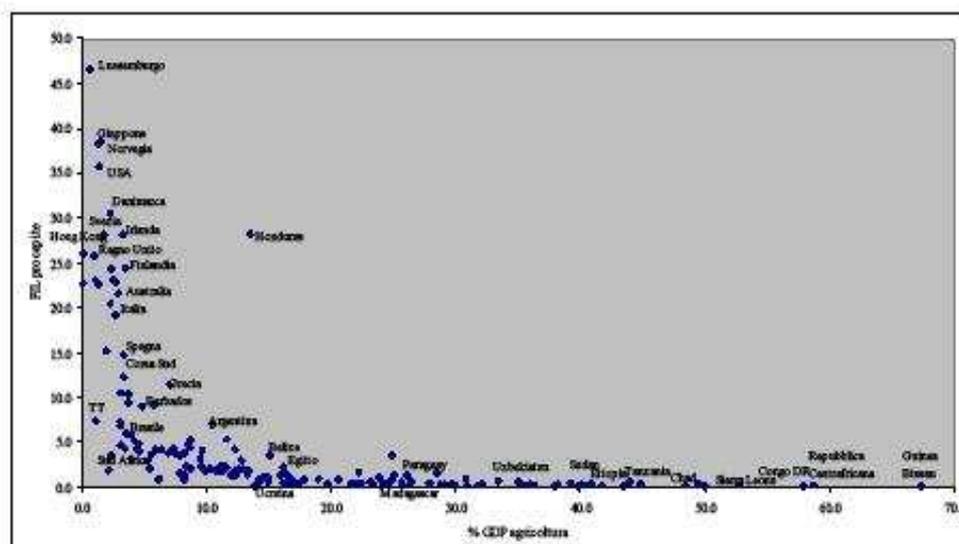


Figura 2.1. Relazione tra %PIL dell'agricoltura e Pil Procapite. Fonte: Conforti, 2006.

²⁴ La rivoluzione industriale attraverso il progresso tecnico, la diffusione della meccanizzazione, il miglioramento delle varietà coltivate ed allevate, della fertilizzazione e dell'alimentazione del bestiame ha contribuito ad aumentare la produttività del lavoro del settore agricolo e l'espulsione e destinazione della forza lavoro agricola agli altri settori. La riduzione della popolazione che traeva il proprio sostentamento dalle attività agricole e che viveva nelle zone rurali – favorita dallo sviluppo industriale e dalla conseguente urbanizzazione – faceva aumentare la domanda di prodotti primari destinati all'alimentazione, e faceva aumentare il ruolo del mercato e degli scambi a scapito dell'autoconsumo, portando con sé una minore convenienza alla trasformazione domestica ed una crescita della specializzazione del lavoro. Contemporaneamente aumentava la necessità di conservare i prodotti e l'opportunità di eseguire vantaggiosi scambi commerciali con paesi lontani, grazie allo sviluppo delle tecnologie di trasporto e di conservazione dei prodotti.

Si può notare che a livelli elevati di reddito pro capite di paesi come gli USA, Giappone, Norvegia e Danimarca, corrisponde bassi pesi relativi del PIL agricolo rispetto a quello complessivo e della quota di forza lavoro occupata in agricoltura. I Paesi in via di sviluppo, invece, hanno un'elevata incidenza del PIL agricolo rispetto a quello totale. Tuttavia, se l'esperienza storica dimostra che per i Paesi industrializzati la convergenza verso valori bassi è ormai consolidata, nel caso dei Paesi in via di sviluppo la realtà è piuttosto eterogenea (Gorgoni, 2009).²⁵

Nei diversi stadi del processo di trasformazione agricola alcuni elementi possono essere considerati “caratteristici” dei diversi sistemi agricoli e come tali subire modificazioni in seguito al processo di sviluppo agricolo. Nella **Tabella 2.1** si può notare che la dimensione del mercato dei beni agricoli diventa sempre maggiore nel processo di sviluppo agricolo (da un'agricoltura di sussistenza orientata al soddisfacimento dei bisogni alimentari della famiglia, si arriva ad una agricoltura la cui dimensione del mercato è internazionale, i beni sono quindi prodotti ed orientati anche al mercato internazionale) e così pure i beni agricoli prodotti che si diversificano man mano (da beni non differenziati: commodity, diventano beni sempre più differenziati)²⁶ che la dimensione del mercato aumenta e il sistema agricolo raggiunge al proprio interno una dimensione produttiva elevata, tramite la modernizzazione dei processi produttivi, tale da poter beneficiare di economie di scala, che sono uno degli aspetti caratterizzanti dei sistemi agricoli che hanno raggiunto una dimensione di mercato di rilevanza globale (Romano, 2010; Viganò, 2011).

Tabella 2.1. Evoluzione delle principali caratteristiche produttive e strutturali dei sistemi agricoli nel processo di sviluppo agricolo.

Tipologia di agricoltura	Agricoltura tradizionale	Modernizzazione dell'agricoltura	Agricoltura globalizzata
PIL agr./PIL Tot.	>30%	10%-30%	< 10%
Occupati agr./Occupati Tot.	>50%	15%-50%	< 15%
Dimensione del mercato dei prodotti finali	Sussistenza, Locale	Nazionale	Internazionale
Mix di prodotti finali agricoli	Alimenti di base, prodotti per autoconsumo	Alimenti di base + beni per l'esportazione (prodotti standardizzati)	Beni altamente differenziati (Prodotti trasformati/differenziati)
Economie di scala	Non rilevanti	Non rilevanti	Rilevanti

Adattata da Romano, 2010 e Viganò, 2011.

²⁵ Gorgoni M., L'agricoltura mondiale XXI secolo (2009), disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/1-agricoltura-mondiale_\(XXI-Secolo\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/1-agricoltura-mondiale_(XXI-Secolo)/)

²⁶ Tali per cui il produttore può influenzare il prezzo di produzione. Nel caso del prezzo delle commodity invece il prezzo, è un dato e il produttore non può influenzarlo. Il prezzo deriva dall'incontro tra domanda e offerta (Frascarelli, 2011).

Le agricolture dei paesi caratterizzati da elevati livelli di PIL pro-capite totale hanno raggiunto mercati di sbocco dei propri prodotti agricoli anche a livello internazionale e in termini assoluti generano elevati flussi di esportazione di beni agricoli (ad es. l'Unione Europea e gli USA). I paesi in via di sviluppo che sono caratterizzati invece da bassi livelli di PIL pro capite, (a destra e in basso nella **Figura 2.1**), hanno agricolture con un peso relativo elevato del PIL agricolo rispetto a quello totale ma una ridotta competitività e importanza relativa del proprio settore agricolo nei mercati dei beni agricoli internazionali (Conforti, 2006). Gli scambi commerciali, nel corso del tempo, si sono concentrati in particolare a livello di determinate aree geografiche (regioni) e tra Paesi ricchi o tra di essi e quelli emergenti (quali ad es. i Paesi asiatici) mentre i Paesi più poveri (Paesi dell'Africa Sub-sahariana) rimangono esclusi dalla maggioranza dei flussi commerciali (Landesmann, 2009; Viganò, 2011).

La quota relativa del PIL agricolo rispetto al PIL totale, così come anche la quota di occupazione agricola rispetto a quella totale, possono essere considerati indicatori del grado di sviluppo raggiunto da un sistema economico (Conforti, 2006; Gorgoni, 2009; Romano, 2010). L'analisi storica dei processi di sviluppo di diversi Paesi dimostra, infatti, che il ruolo dell'agricoltura e quindi il suo contributo alla crescita economica ha questa evoluzione in termini generali; ad esempio, in Italia nei primi anni cinquanta il settore primario contribuiva per circa il 18% alla produzione del PIL (Conforti, 2006) mentre nel 2010 ne rappresentava solo il 2% (The World Bank Indicators, 2010).

2.2 La riduzione del contributo dell'agricoltura alla produzione del PIL

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, durante il processo di trasformazione agricola il contributo relativo dell'agricoltura nel tempo diminuisce, mentre quello degli altri settori aumenta. Tale andamento è causato da diversi fattori sia dal lato della domanda sia da lato dell'offerta. Per quanto riguarda la domanda, la Legge di Engel stabilisce che all'aumentare del reddito disponibile la quantità di beni alimentari domandata dal consumatore si riduce mentre aumenta in modo più che proporzionale la domanda di beni non alimentari.²⁷ Ne

²⁷ Se l'assunto della sazietà vale per i beni alimentari, poiché c'è un limite biologico all'assunzione di cibo da parte dell'individuo. La legge di Engel spiega come la non sazietà valga per le altre tipologie di beni. "E' concepibile per un consumatore possedere un numero potenzialmente illimitato di motociclette, scarpe o quadri, non è altrettanto concepibile mangiare all'infinito" (Conforti, 2006). Tuttavia, come sostengono alcuni autori, nella società cosiddetta della sazietà, all'individuo per essere pienamente soddisfatto nel suo atto di consumo alimentare non basta avere la "pancia piena" e quindi il bisogno di fame appagato, ma desidera soddisfare anche altri bisogni di natura psicologica espressi dal punto di vista qualitativo nei prodotti, ad es. desidera consumare

deriva che si avrà un incremento della domanda dei prodotti dell'industria manifatturiera e dei servizi. Tuttavia il consumatore sostituirà anche i prodotti alimentari tra di loro. Dalla **Figura 2.2** si nota che al crescere del reddito il consumo di cereali e di tuberi aumenta fino ad un certo punto poi diminuisce mentre aumenta quella di zucchero, carni, latte e materie grasse.²⁸

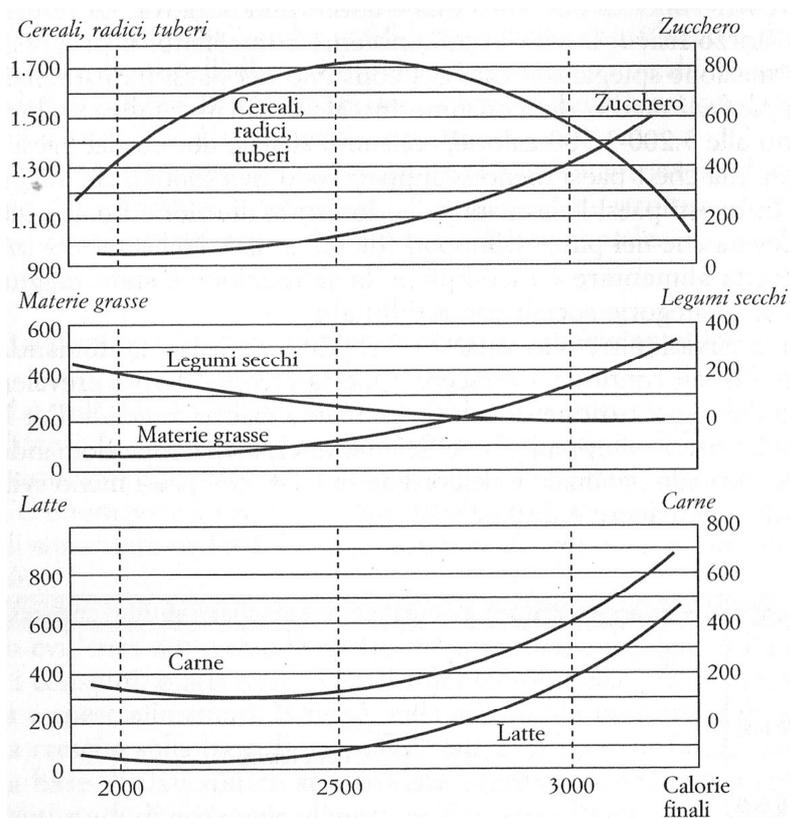


Figura 2.2 Processi di sostituzione tra beni in funzione del consumo alimentare totale pro capite giornaliero, misurato in calorie. Fonte: http://www.agr.unipg.it/didattica/corsi_triennali/scienze_agr_amb/mat_dida/7%20-%20il%20sistema%20agroalimentare/Capitolo%201.pdf

Al crescere del reddito disponibile il consumatore domanderà inoltre beni con servizi aggiuntivi associati ai beni alimentari: ad es. cibi di qualità scelta, già pronti e cucinati, disponibili negli esercizi vicino ai luoghi di lavoro o residenza. Nelle società industrializzate, nelle quali il costo del lavoro e la sua specializzazione sono elevati, è più conveniente acquistare beni con molti servizi aggiuntivi piuttosto che impiegare tempo nel produrre tali beni nell'ambiente domestico, poiché il valore marginale di quel tempo è maggiore del costo marginale dei servizi compresi nei beni alimentari trasformati (Conforti, 2006; Viganò; Gorgoni, 2009).

cibi biologici che assicurano una maggiore qualità ambientale oppure acquistati direttamente dall'azienda agricola (filiera corta). http://www.agr.unipg.it/didattica/corsi_triennali/scienze_agr_amb/mat_dida/7%20-%20il%20sistema%20agroalimentare/Capitolo%201.pdf

²⁸ La domanda alimentare, l'effetto di variazioni del reddito sulla domanda, la curva di Engel, disponibile a: http://www.agr.unipg.it/didattica/corsi_triennali/scienze_agr_amb/mat_dida/7%20-%20il%20sistema%20agroalimentare/Capitolo%201.pdf

Dal lato dell'offerta, il fattore che spiega maggiormente la riduzione del contributo dell'agricoltura è il progresso tecnico. Questo fattore, oltre ad aumentare la quantità di prodotto agricolo permettendo di ridurre i costi di produzione, porta a utilizzare quantità crescenti d'input non agricoli forniti dall'industria manifatturiera e dei servizi. Quindi se in un'agricoltura tradizionale, la produzione di una tonnellata di grano richiedeva qualche chilogrammo di sementi, l'impiego di animali, pochi attrezzi agricoli per la preparazione del terreno, la semina, la raccolta e una gran quantità di lavoro, la stessa tonnellata di grano in un'agricoltura industrializzata orientata alla produzione su larga scala avrà bisogno di una struttura produttiva molto complessa ed energivora (macchinari avanzati per la preparazione del terreno, per la semina e la raccolta di precisione, varietà selezionate di sementi adatte all'ambiente locale e determinati fertilizzanti e pesticidi per quelle tipologie di sementi) a cui corrisponderà una quantità ridotta di lavoro umano specializzato per gestire l'attività produttiva e tutta una serie di prodotti e servizi non agricoli (società di assistenza per la commercializzazione dei prodotti, servizi finanziari, etc.) la cui domanda da parte del settore agricolo può raggiungere un livello pari o superiore a quella della stessa attività agricola. Dalla rivoluzione industriale la produzione di beni alimentari è stata attuata quindi da un sistema produttivo sempre più complesso nel quale le attività agricole perdono d'importanza mentre ne acquisiscono quelle a monte (produzione di input: macchine, sementi, fertilizzanti, pesticidi, etc.) e a valle del sistema agricolo (Conforti, 2006).

2.3 Verso una maggiore qualità ambientale dell'agricoltura

Nei paesi dell'area OCSE tra la fine e l'inizio del secolo si è realizzata una riduzione dell'importanza del modello di sviluppo economico basato sull'industria verso un modello più orientato al settore dei servizi. Il ruolo dell'agricoltura nella produzione della ricchezza complessiva ha continuato a rimanere costante. In questo quadro anche la domanda e l'offerta di prodotti agricoli ed alimentari si sono evolute ulteriormente. Dal lato della prima componente l'incremento progressivo del benessere ha determinato un maggiore orientamento del consumatore verso gli aspetti qualitativi, immateriali e intangibili dei prodotti. "Le scelte dei consumatori sono sempre più orientate dalla multidimensionalità della percezione, le cui determinanti sono estremamente complesse, non più facilmente descrivibili, mutevoli nel tempo e tendenzialmente infinite".²⁹

²⁹ Nella scelta del consumatore entrano in gioco tutti i sensi (non più solo il gusto, ma anche la vista, il tatto, l'olfatto e perfino l'udito), dal momento che l'acquisto si integra e accompagna ad un consumo (più complesso) anche del contesto: il packaging, il luogo di acquisto o di consumo, dove l'intrattenimento – ovvero l'esperienza

I consumatori dimostrano, infatti, una crescente disponibilità a pagare per prodotti quali ad es. quelli biologici, oppure che certificano che la loro produzione è avvenuta garantendo adeguati redditi ai produttori (commercio equo-solidale), il benessere animale o ancora che garantiscono un legame con il territorio d'origine (basti pensare all'olio, ai vini e ai formaggi prodotti in specifiche regioni) (Conforti, 2006; Gorgoni, 2009). Ai mutamenti della domanda e dei consumi corrispondono modificazioni dal lato della produzione e dell'offerta. Nella filiera agroalimentare la fase di trasformazione diventa più standardizzata e comincia a ridursi il suo contributo nella determinazione del valore aggiunto prodotto nella filiera complessiva in favore della fase di distribuzione al dettaglio che essendo più a contatto con il consumatore cerca di interpretare i nuovi bisogni.

Nel tempo i gusti dei consumatori si evolvono ulteriormente e si fanno sempre più sofisticati e attenti agli aspetti immateriali dei prodotti. La fase di produzione agricola ritorna acquisire una maggiore importanza nella produzione del valore all'interno della filiera agroalimentare. Le aree rurali sono oggetto di una maggiore rivalutazione da parte della società industriale e della popolazione che è attratta dalle molteplici funzioni che il settore primario può svolgere e dal livello della qualità della vita che può offrire (Marescotti, 2010).

L'offerta di prodotti agricoli diventa più differenziata in particolare in determinati aspetti quali ad es. la qualità ecologica e sociale, la salubrità dei prodotti, che diventano fattori di competitività. A livello internazionale, infatti, l'accesso a determinati mercati o la permanenza negli stessi è condizionato dalla capacità dell'offerta di offrire determinati standard di qualità e rintracciabilità ai consumatori (Belletti e Marescotti, 2012). Dall'altro lato per i paesi in via di sviluppo che sono nelle prime fasi del processo di sviluppo agricolo (**Figura 2.3**), l'adeguamento agli aspetti legati ad es. alla qualità dei prodotti che vengono esportati si traduce in maggiori oneri nel processo di produzione (dati dalla necessità di rispettare gli standard), commercializzazione e distribuzione che non sempre i paesi in via di sviluppo sono in grado di sostenere (Conforti, 2006; Gorgoni, 2009), è il caso ad es. delle esportazioni di frutta in Europa (Conforti, 2006). La certificazione in questo caso si qualifica

- conta quanto o più del cibo (è stato coniato a riguardo il termine *eatertainment*). Tutto questo si riflette sulla definizione stessa di qualità, nella quale si condensano e riassumono, in forma intangibile e differentemente percepita dai singoli consumatori, emozioni, sensazioni, esperienze, originalità, cultura, novità-scoperta, lusso, paura-diffidenza, aspetti etici ed ambientali e così via. Tanto che in una bottiglia, il vino rappresenta resto è prevalentemente immateriale: l'etichetta, la forma della bottiglia, il marketing, l'immagine e il racconto. E' questo che genera il valore, più che la fisicità del vino stesso. Il vino è il presupposto del valore, ma il valore viene catturato attraverso l'aggiunta di elementi immateriali. Tutta la multidimensionalità della percezione è qui coinvolta. Mentre la soglia della sensibilità si allarga, si estende in tante direzioni. Baldassarre F., 2011. Prodotti agricoli di qualità fuori...mercato <http://www.gazeco.it/component/content/article/77-personal-tech/827-prodotti-agricoli-di-qualita-fuori-mercato>

come uno strumento di “protezionismo mascherato” poiché determina barriere all’entrata nel commercio (Gorgoni, 2009).

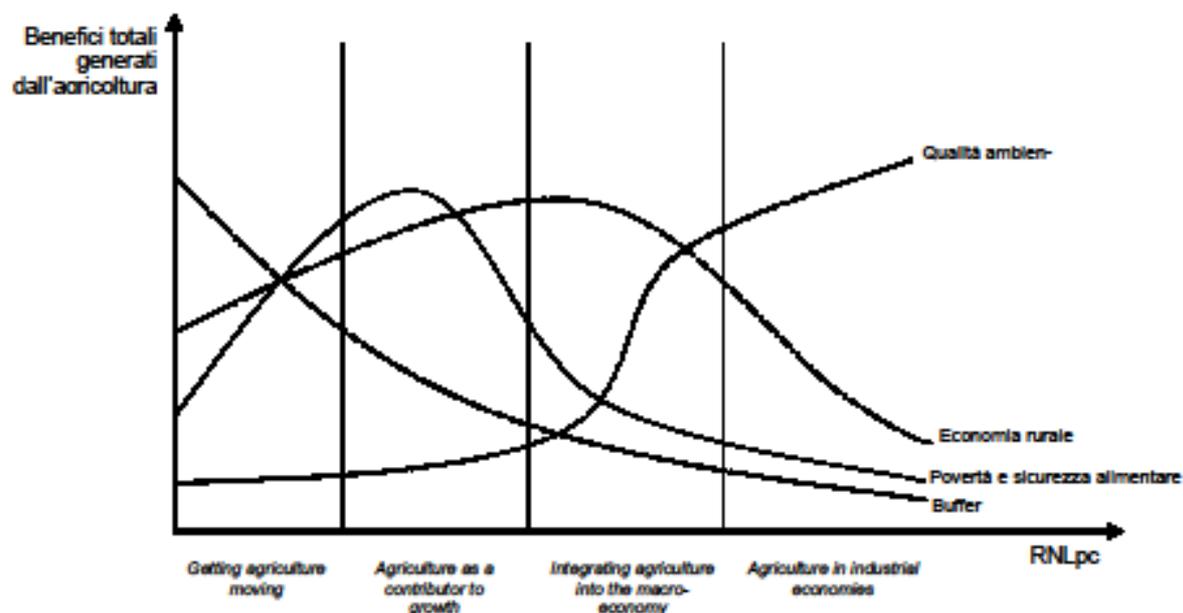


Figura 2.3. Evoluzione dei benefici generati dall’agricoltura nei diversi stadi del processo di sviluppo agricolo. Fonte: Romano, 2010.

2.4 Tendenze passate e future dell’agricoltura globale

La produzione agricola mondiale (e in particolare la produzione di cereali e carni) dal dopoguerra è aumentata in modo costante riuscendo a mantenere il passo con la crescita della popolazione che dai circa 2.5 milioni di persone nel 1950 è cresciuta fino a 6.5 milioni nel 2005. Secondo le previsioni del programma delle Nazioni Unite per lo studio delle dinamiche della popolazione (2007) il numero di abitanti sulla Terra nel 2050 potrebbe essere compreso tra i 7.5 e gli 11 milioni di persone a seconda del tasso di fertilità.

L’elevato aumento della produzione agricola è stato ottenuto in seguito al grande impiego di fertilizzanti, erbicidi, all’introduzione di nuove varietà colturali e animali e all’ampliamento delle superficie irrigate (IAASTD, 2008; World Bank, 2008). L’area coltivata invece è aumentata in misura minore passando da 1.4 milioni di ettari (1950) a 1.5 milioni di ettari (2005) (Wood et al., 2000). E’ tuttavia in corso una grande competizione per l’uso della terra coltivabile tra la produzione di cibo e quella di mangime per l’alimentazione zootecnica e per la produzione delle bioenergie.

Per cercare di capire quali potranno essere le dinamiche future della produzione agricola mondiale (al fine di poter fare previsioni sull’impatto delle risorse naturali) è necessario

analizzare gli andamenti (nelle varie aree geografiche) dei diversi fattori che influenzano la produzione agricola quali la popolazione, il reddito, i consumi alimentari.

Com'è stato indicato in precedenza ci si attende una crescita sostenuta della popolazione al 2050 che sarà concentrata in particolare nei paesi in via di sviluppo. In seguito, fino al 2100, la crescita dovrebbe risultare più modesta, prossima allo zero (Conforti, 2011). Intorno al 2040, ci si attende una riduzione della crescita della popolazione sia nei paesi sviluppati che in Asia orientale, che dal 2060 dovrebbe comprendere anche l'America Latina e l'Asia meridionale e dal 2080 anche il Nord e il Sud Africa. In questo quadro decrescente l'unica regione in controtendenza è quella dell'Africa sub-sahariana nella quale la popolazione potrebbe triplicare al 2100 rispetto ai livelli attuali (FAO, 2009)³⁰.

Per quanto riguarda il reddito atteso, le previsioni della Banca Mondiale indicano che il reddito reale a livello mondiale dovrebbe crescere ad un tasso medio pari al 2.9% dal 2005 al 2050. I ritmi di crescita saranno più elevati nei paesi in via di sviluppo (5.2% annuo) e più modesti nei paesi industrializzati (1.6% annuo). La Banca Mondiale prevede altresì una riduzione rilevante della povertà in termini assoluti dal 2005 al 2050 in particolare nell'Africa Sub-sahariana (dal 51.7% al 2.8%). Queste proiezioni sono considerate tuttavia troppo ottimistiche anche alla luce delle tensioni sui mercati agricoli che si sono verificate dopo il 2005 (Conforti, 2011).

L'andamento dei consumi alimentari, come si può vedere dalla **Figura 2.4**, misurato in termini di consumo energetico medio pro capite (Kilocalorie/persona/giorno) mostra un andamento crescente per tutte le aree geografiche. Si può notare che molto elevati, sono gli incrementi registrati in Asia orientale, a cui ha contribuito particolarmente la performance della Cina, che attualmente è intorno ad un consumo medio di 3000 Kcal/persona/giorno. Le aree dell'Africa sub-sahariana (tranne il caso della Nigeria) e dell'Asia meridionale (di cui fa parte anche l'India) presentano invece consumi medi inferiori alle 2500 Kcal/persona/giorno. Nei prossimi anni a livello mondiale, ci si attende sia un incremento del consumo medio pro capite, che potrà superare le 3000 Kcal/persona/giorno, sia la mancanza di progressi nella riduzione del numero di persone malnutrite.

La performance all'interno delle varie aree potranno essere anche molto diversificate come nel caso della Cina, tra consumatori rurali e urbani, ma nel complesso la Cina insieme all'America Latina dovrebbe raggiungere entro il 2050 i livelli di consumo medio pro capite dei paesi industrializzati.

³⁰ <http://www.fao.org/news/story/it/item/35816/icode/>,

Infine per quanto riguarda i volumi dei beni agricoli alimentari quali i cereali, le carni, le radici e i tuberi, la soia, la frutta e i vegetali ci si attende al 2050 una crescita aggregata pari al 60% rispetto ai livelli dei volumi consumati nel 2005-2007.

Nei prossimi anni, le aree in cui i volumi saranno più in crescita, dovrebbero essere quella dell’Africa Sub-Sahariana a causa degli incrementi della popolazione e dei ridotti consumi pro-capite attuali. In Asia Orientale e al suo interno in Cina, dove i prodotti animali come la carne sono già una quota rilevante della dieta alimentare attuale, saranno più contenuti. Situazione analoga si prevede in America Latina e in Nord e Sud Africa mentre in Asia Meridionale (nella quale una quota rilevante dei consumi di beni agricoli alimentari è detenuta dall’India) il consumo di carne potrebbe aumentare significativamente e ridursi invece quello di cereali (Conforti, 2011).

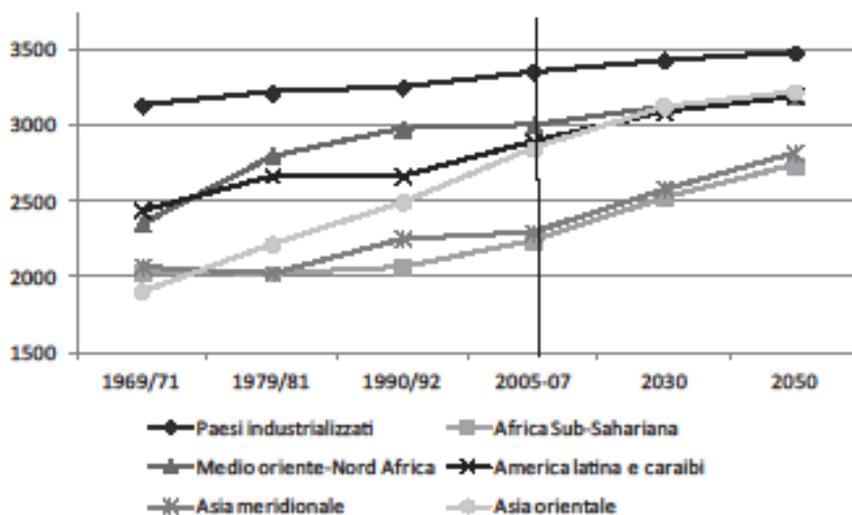


Figura 2.4. Evoluzione dei consumi alimentari in termini di calorie nelle diverse aree mondiali.
Fonte: Conforti, 2011.

Capitolo 3. Energia e agricoltura

3.1 Dipendenza energetica e sicurezza alimentare

Il miglioramento della sicurezza alimentare, negli anni '60 e '70, è stato possibile in seguito ai grandi successi della produttività agricola ottenuti grazie alla disponibilità di risorse fossili a prezzi economici. Questi ultimi, in futuro, difficilmente potranno mantenersi a bassi livelli limitando maggiormente gli incrementi delle rese in agricoltura rispetto al passato.

Come è già stato evidenziato nel capitolo 1, i prezzi dei prodotti agricoli principali (grano, mais, soia) negli ultimi anni (tra il 2007 e il 2008 e poi ancora tra il 2010 e il 2011), dopo essere scesi per decenni dagli inizi della Green Revolution, sono notevolmente aumentati dopo la metà del 2000, a causa anche della relazione tra prezzi del petrolio e prezzi dei prodotti agricoli (**Figura 3.1**). L'aumento del prezzo del petrolio si traduce, infatti, in un incremento dei costi di produzione e di trasporto dei prodotti agricoli determinando a sua volta un incremento dei prezzi di questi ultimi. Tanti fattori contribuiscono tuttavia ad influenzare il prezzo del cibo come si può vedere dalla Figura 3.1, nel mondo globale, infatti: “il prezzo del grano dipende dalle rese di mais negli USA, dal clima nelle steppe della Russia, dagli import cinesi di soia e dal prezzo del petrolio. E così via. La complessità è aumentata tantissimo e con essa l'imprevedibilità. Siamo di fronte a un sistema globale in cui tantissimi fattori s'influenzano l'un con l'altro, a volte annullando i propri effetti ed a volte moltiplicandoli” (Ferrari, 2012). Gli effetti di questi incrementi si riflettono in modo molto negativo sulla capacità di accesso al cibo in particolare di chi è già in una condizione d'insicurezza alimentare e malnutrizione come le popolazioni povere dei paesi in via di sviluppo (Paoletti e Gomiero, 2009; Barilla, 2010; FAO, 2012) e sulla capacità di sviluppo dei settori agricoli di questi paesi.³¹ E' evidente che la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili dell'agricoltura potrebbe riuscire a rendere più stabili i prezzi dei prodotti alimentari e ridurre i rischi finanziari per i produttori e altri attori coinvolti nella filiera agroalimentare (FAO, 2012).

³¹ Il rialzo dei prezzi dei beni agricoli è causato sia da fattori dal lato della domanda (fattori demografici, crescita economica dei Paesi emergenti, stili alimentari, livello delle scorte di prodotto) sia dal lato dell'offerta (produzione agricola, limitatezza delle risorse naturali, effetti riconducibili al cambiamento climatico, produzione di biocarburanti), e da fattori trasversali che incidono direttamente o indirettamente sui prezzi (il livello di speculazione finanziaria, l'andamento dei cambi valutari, il prezzo del petrolio e dell'energia, le politiche commerciali e le dinamiche geopolitiche internazionali). Barilla Centre for Food & Nutrition, 2011. Il costo del cibo e la volatilità dei mercati agricoli: le variabili coinvolte, disponibile: http://www.barillacfn.com/wp-content/uploads/2012/06/PP_PDF_IT_Costo_Cibo.pdf

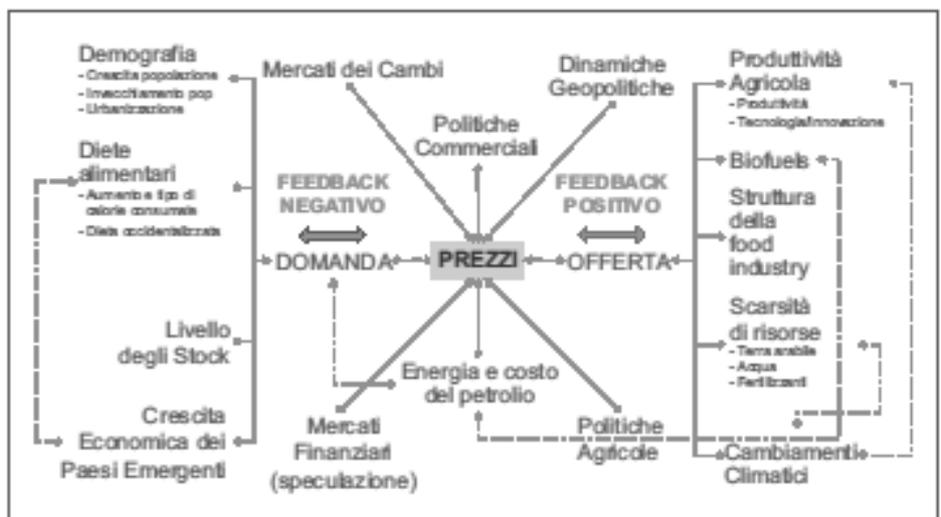


Figura 3.1 Rappresentazione dei principali fattori (dal lato della domanda e offerta) che influenzano le variazioni dei prezzi dei prodotti agricoli. Fonte: Ferrari, 2012, Filiera grano duro news.

La produzione del cibo, a livello globale nell'intera filiera agroalimentare richiede oggi una quantità di energia pari a circa il 30% dell'energia disponibile. L'utilizzo di energia rilascia emissioni di gas serra pari al 20% delle emissioni totali. Quasi la metà dell'energia (38%) che è utilizzata nella filiera è tuttavia sprecata poiché molto cibo che è prodotto non è consumato ma è perso o è gettato nella spazzatura senza essere consumato (FAO, 2012).

La macchina agroalimentare è molto energivora e in particolare nei paesi sviluppati, dove mediamente sono usati ogni anno circa 35 gigajoules per persona. La maggior parte di questa energia è consumata nella trasformazione e distribuzione dei prodotti mentre nei paesi in via di sviluppo la maggior parte dell'energia è consumata nella cottura dei cibi. I paesi in via di sviluppo consumano solo 8 gigajoule di energia per persona (FAO, 2012). In una prospettiva di sostenibilità è evidente la disuguaglianza nella distribuzione di queste risorse che sono fondamentali per lo sviluppo agricolo e economico. La mancanza di accesso all'energia (ed in particolare l'energia elettrica), infatti, pregiudica la possibilità per le popolazioni povere dei paesi in via di sviluppo di migliorare il proprio benessere economico, sociale e ambientale. L'UNDP (2005) calcola che un quinto della popolazione mondiale, non abbia accesso all'elettricità, mentre due quinti utilizzano le tradizionali biomasse per la cottura dei cibi, che sono vettori energetici molto meno efficienti e salutaris rispetto a quelli utilizzati nei paesi industrializzati (FAO, 2012). Dato che la povertà è principalmente rurale, migliorare l'accesso alle risorse energetiche (e la loro qualità) in quelle aree è un fattore chiave per lo sviluppo delle attività agricole (ad es. per l'utilizzo dei sistemi di irrigazione, trasformazione e stoccaggio dei raccolti) e non agricole, per la commercializzazione e il supporto alle aziende agricole. Lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili (quali a es. bioenergie, solare, eolico,

idroelettrico e geotermico) può sostituire l'uso delle fonti fossili nella produzione di elettricità e calore per l'impiego nelle attività agricole. La creazione di surplus energetici da parte degli agricoltori, delle piccole industrie e le comunità rurali può generare ulteriori opportunità di reddito (FAO, 2012).

3.2 L'indipendenza energetica in agricoltura

La comprensione della **Figura 3.2** è di un'importanza cruciale, poichè evidenzia i diversi aspetti utili di *un'arte complessa* (Ulgiati, 2009) quale è la valutazione della sostenibilità energetica, dei processi o prodotti agricoli e non solo. Tutti i processi di trasformazione energetica (come anche la produzione di cibo) richiedono, infatti, l'uso di energia diretta ed indiretta (Ulgiati, 2009). L'energia diretta, che in un certo modo è più visibile all'utente finale, è misurata dall'energia degli input utilizzati nella filiera agroalimentare quali elettricità, combustibili liquidi, solidi e gassosi, fertilizzanti e pesticidi. Questi input appena elencati, per essere prodotti hanno un costo energetico, appunto un'energia indiretta, della quale spesso l'utente finale (sia esso un consumatore o un qualsiasi tipo di organizzazione) non ne è a conoscenza. Ne emerge quindi l'importanza per un uso più sostenibile delle risorse energetiche la corretta contabilizzazione dell'intero costo energetico dell'energia ciclo di vita (energia diretta e indiretta) di un prodotto, processo o attività.

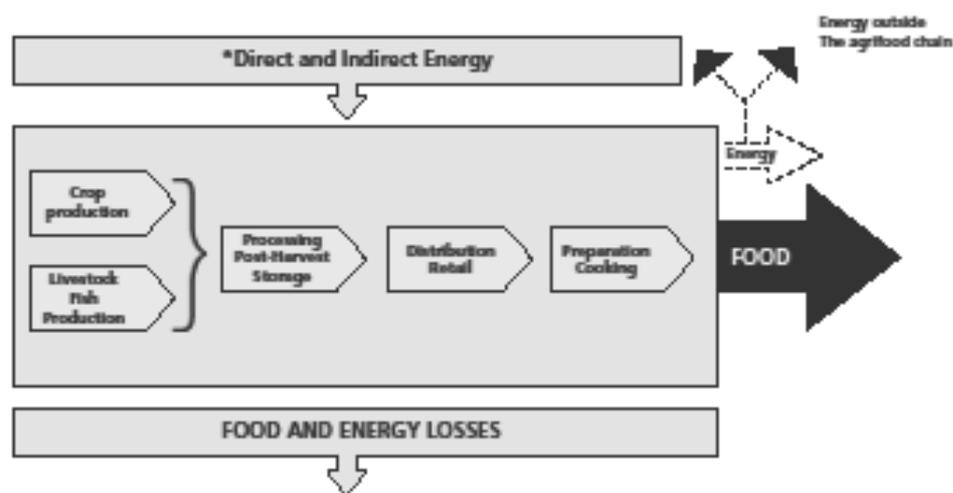


Figura 3.2 Consumi di energia diretta e indiretta nel ciclo di vita dei prodotti agroalimentari. Fonte: FAO, 2012.

Il sistema agroalimentare non solo consuma energia ma, come indicato all'inizio, ne genera attraverso il cibo prodotto, che trasformato in energia chimica nel corpo umano, gli permette di compiere le sue funzioni giornaliere (FAO, 2012).

Tuttavia il bilancio energetico tra l'energia prodotta e consumata non sempre è attivo (Postiglione, 2004) anzi è molto deficitario (Pimentel, 2011). Per produrre ad es. una kilocaloria di cibo consumato negli USA, sono necessarie circa 10 kilocalorie, mentre nel caso della carne ad es. di quella di manzo, servono addirittura 40 kilocalorie per produrre una kilocaloria di proteina animale di manzo (Pimentel, 2011). Dalla parte del consumatore l'adozione di una dieta giornaliera più vegetariana contribuirebbe a ridurre di oltre il 30% il consumo di risorse fossili (Pimentel, 2011).

Dal lato dei processi produttivi, le modalità per migliorare il bilancio energetico sono diverse e sostenibili anche dal punto di vista economico poiché le soluzioni migliorative portano a ridurre i costi di produzione (INEA, 2009). Se è vero che l'agricoltura per dirsi sostenibile deve produrre con il bilancio economico in attivo è necessario tuttavia che siano considerati anche gli aspetti di tutela dell'ambiente e della società (quali ad es. diritti dei lavoratori, diritti delle persone ad avere alimenti salubri) giacché possono compromettere il raggiungimento della sua stessa sostenibilità economica. A causa dell'elevata intensificazione delle pratiche agricole le rese stanno diminuendo in molte parti del mondo (FAO, 2009).

Le azioni di miglioramento possono derivare sia da una riduzione degli input, dall'incremento dell'efficienza nell'uso degli input, dalla sostituzione degli input di origine chimica con input rinnovabili. Per quanto riguarda il primo tipo di azione diversi studi dimostrano che è possibile mantenere gli stessi livelli di produttività dell'agricoltura convenzionale pur riducendo le quantità di input come ad es. i pesticidi di percentuali pari anche al 50% (Pimentel, 2005).

Negli ultimi anni il ruolo dell'agricoltura nella produzione di energia, in particolare dalle biomasse, sta attirando un elevato interesse. Quest'ultimo non nasce solo da considerazioni riguardanti il problema energetico ma anche dalla necessità di superare la crisi agricola e di rilanciare il settore (Pipia e Pantini, 2005). La produzione di agrobioenergie ha tutta una serie implicazioni, come abbiamo evidenziato anche in precedenza, in merito agli effetti sui prezzi di produzione del cibo.³²

La **Figura 3.3** mostra che la produzione di energia da fonti rinnovabili da parte dell'agricoltura può avvenire utilizzando diverse materie prime che a sua volta possono essere convertite in energia e calore utilizzando differenti processi di trasformazione: termochimica (pirolisi, gassificazione, combustione), biologica (fermentazione, digestione) e fisico-chimica

³² Per approfondimenti si veda: Paoletti e Gomiero, 2009.

(estrazione, esterificazione, polimerizzazione) (Frascarelli, 2011), conversione fotovoltaica, eolica, idroelettrica.

L'ENEA in uno studio recente è arrivata a classificare 17 diverse filiere di produzione agricola³³, il cui sfruttamento unito agli interventi di risparmio energetico (miglioramento dell'efficienza energetica) potrebbe complessivamente generare una quantità di energia pari a 11 Milioni di Tonnellate di Petrolio Equivalenti (TEP). Il settore agricolo, in Italia, consuma direttamente e indirettamente 10 Milioni di TEP) che sommati a quelli del settore alimentare ammontano a 19.46 Milioni di TEP (ENEA, 2011).

I prodotti in uscita che, oltre alla produzione di alimenti, possono essere ricavati dai processi di trasformazione delle materie prime agroenergetiche sono principalmente tre ovvero energia elettrica, calore e biocombustibili (bioetanolo, biometano, biodiesel) (Frascarelli, 2011), anche se recentemente è emersa una tendenza ad incrementare l'estrazione di prodotti chimici per una "chimica da biomasse" in sostituzione alla chimica del petrolio (Ulgiati *et al.*, 2012).

L'azienda agricola può scegliere se produrre solo la materia prima e venderla, oppure mettere a disposizione il suolo agricolo o produrre energia e autoconsumarla o venderla sul mercato dell'energia elettrica. E' evidente che ad ogni scelta corrispondono costi e benefici sia per l'azienda agricola che per la società nel suo complesso.

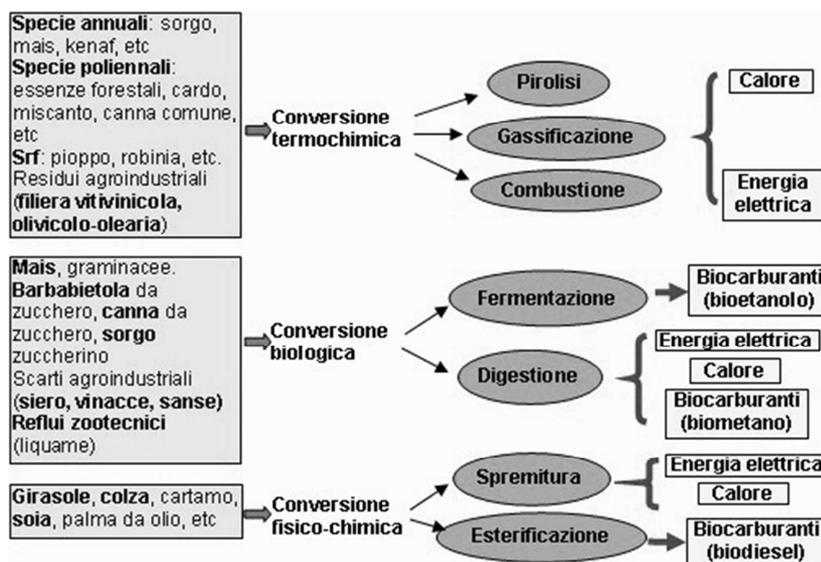


Figura 3.3 Le diverse filiere di produzione dell'energia da biomasse. Fonte: Frascarelli, 2011.

³³ Le diverse filiere sono: filiera coltivazioni ortive, filiera agriturismo, filiera materiali plastici in serra, filiera sistemi serra, filiera agri-fotovoltaico, filiera fitosanitari/fertilizzanti, filiera agricoltura urbana, filiera biomasse forestali, filiera coltivazione essenze erbacee, filiera biomasse residuali, filiera biogas energia termica, filiera biogas energia elettrica, filiera avicola, filiera biodiesel, filiera bioetanolo, filiera short rotation forestry.

Capitolo 4. L'obiettivo della sostenibilità e dell'indipendenza energetica nelle politiche a livello globale

4.1 Gli aspetti principali dello sviluppo sostenibile

Il concetto di sviluppo sostenibile inteso come nuovo approccio alle complesse interrelazioni tra esigenze ambientali da una parte e esigenze economiche-sociali dall'altra nasce con il Rapporto Brundtland verso la metà degli anni '80. Il concetto di Sviluppo sostenibile trova la sua definizione all'interno del rapporto Brundtland è diventata interesse istituzionale delle Nazioni Unite. "Il Rapporto Brundtland definisce lo sviluppo sostenibile come lo sviluppo che soddisfa i bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità, per le generazioni future, di soddisfare a loro volta, i propri bisogni" (Lugaresi, 2008). Nel principio dello sviluppo sostenibile sono evidenziati gli aspetti di gestione delle risorse naturali e di equità tra le generazioni attuali e le generazioni future a livello globale. Il processo di sviluppo economico deve quindi attuarsi garantendo giustizia sociale nella distribuzione del benessere tra le società attuali e future rispettando gli equilibri dell'ambiente naturale (**Figura 4.1**). Il riconoscimento formale, del concetto di sviluppo sostenibile, come norma di principio nel diritto internazionale dell'ambiente, avviene in seguito alla Conferenza di Rio nel 1992. Le convenzioni definite in occasione della conferenza di Rio sono:

- La dichiarazione di Rio sull'ambiente e lo sviluppo che sancisce i 27 principi con i diritti e le responsabilità delle nazioni per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile;
- L'Agenda 21 che definisce il programma di attività, i soggetti da coinvolgere e gli strumenti da utilizzare per muovere verso uno sviluppo più sostenibile a livello globale;
- La Dichiarazione dei principi sulle foreste che sancisce il diritto degli Stati di utilizzo delle risorse forestali secondo i propri bisogni, senza tuttavia compromettere i principi di conservazione e di sviluppo delle foreste stesse;
- La Convenzione Quadro sui cambiamenti climatici che pone obblighi generali diretti a limitare l'aumento e stabilizzare la produzione di gas ad effetto serra
- La Convenzione sulla diversità biologica che ha l'obiettivo di tutelare le specie nei loro habitat naturali e riabilitare quelle in via di estinzione.

Nel 2002 con il vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile a Johannesburg in Sudafrica si ribadisce l'impegno nei confronti della promozione dei principi della sostenibilità nello sviluppo economico sanciti dieci anni prima in occasione della conferenza di Rio e si dà particolare importanza al raggiungimento degli obiettivi del Millennio definiti nella

Dichiarazione del Millennio³⁴ che riguarda gli impegni a favore dei diritti e delle libertà fondamentali degli uomini, solidarietà, tolleranza per le diversità culturali, rispetto per la natura, protezione delle risorse e gestione delle risorse, per una responsabilità condivisa nella gestione dello sviluppo economico mondiale, per l'eliminazione della povertà, per la pace e la sicurezza mondiale.

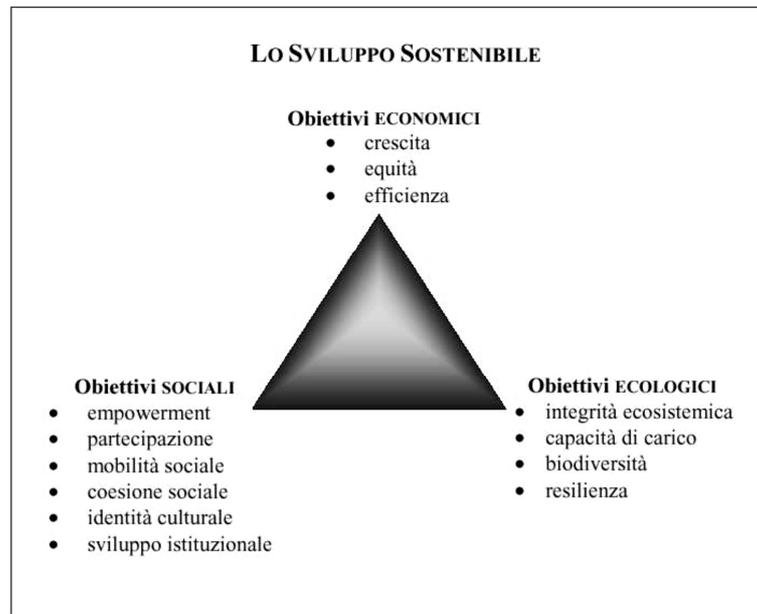


Figura 4.1. I tre pilastri dello sviluppo sostenibile. Fonte: Ciolli, 2013³⁵

4.2 Gli Obiettivi del Millennio, “MILLENIUM DEVELOPMENT GOALS”

La dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite, firmata nel 2000, in occasione del vertice del Millennio, definisce gli otto obiettivi del Millennio che tutti i 191 Paesi appartenenti all'ONU si sono impegnati formalmente a raggiungere. La dichiarazione rappresenta l'epilogo di una serie d'importanti documenti (rilevanti per il diritto internazionale con riflessi poi sulle legislazioni europee e nazionali) e momenti di discussione formati in seguito alle conferenze promosse dalle Nazioni Unite sui temi dello sviluppo sostenibile. La conferenza di Stoccolma del 1972 era stata invece la prima a rendere evidente la rilevanza della sostenibilità ambientale. La dichiarazione sull'ambiente umano sancita a Stoccolma e approvata dai capi delle 110 delegazioni presenti e formulata in 26 principi, “è la prima presa d'atto che si devono condurre le proprie azioni in tutto il mondo con più prudente attenzione per le loro

³⁴ http://www.ea.fvg.it/fileadmin/SVILUPPO_SOSTENIBILE/ONU_DichiarazioneMillennio.pdf

³⁵ <http://www.ing.unitn.it/~ciolli/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf>

conseguenze sull'ambiente poiché la sua difesa e il suo miglioramento sono diventati uno scopo imperativo per tutta l'umanità" insieme alla pace e allo sviluppo sociale ed economico". Il tema della sostenibilità ambientale si è poi intrecciato nel tempo con quello della sostenibilità sociale e con i problemi della fame e della povertà e anche con quello della sostenibilità economica che ancora oggi è il pilastro dello sviluppo sostenibile che occupa la maggior attenzione (Comune di Modena, 2013).

L'analisi degli obiettivi del Millennio evidenzia al primo posto il problema della povertà estrema e della fame a livello globale. Il primo obiettivo è sicuramente il più ambizioso in un Mondo in cui ancora oggi il 20% della popolazione mondiale, consuma l'80% delle risorse del Pianeta. Seguono poi gli obiettivi riguardanti l'istruzione universale, la parità tra i sessi nell'istruzione, la riduzione della mortalità infantile e delle madri, la cura delle gravi malattie quali l'HIV e la malaria, il miglioramento della cooperazione nel commercio internazionale.

Per ridurre i tempi di raggiungimento degli obiettivi del millennio i ministri delle Finanze dei paesi del G8, attraverso l'intervento della Banca Mondiale, del Fondo Monetario Internazionale e la Banca Africana di Sviluppo hanno predisposto nel 2005 la cancellazione di parte del debito dei Paesi poveri molto indebitati in modo da permettere che questi paesi potessero destinare nuovi fondi per migliorare la salute, l'istruzione e ridurre la povertà.

Secondo l'Unione Europea si sono raggiunti importanti progressi verso gli obiettivi fissati.³⁶ Tuttavia i progressi compiuti non hanno interessato in modo uniforme i vari Paesi e la distanza dagli obiettivi richiama un maggiore impegno sia politico che finanziario anche alla luce della grave crisi economica e alimentare a livello globale che può rendere ancora più difficile il raggiungimento degli obiettivi. Secondo il segretario dell'ONU il fallimento verso gli obiettivi potrebbe alimentare in modo esponenziale: l'instabilità, la violenza, le malattie epidemiche, il degrado ambientale e l'esodo delle popolazioni in fuga. Il Segretario generale ha fatto appello alla responsabilità di tutti compresa la società civile "a un rinnovato "patto" per raggiungere gli impegni che scadono nel 2015" (ONU, 2010).³⁷

Nel dettaglio gli obiettivi del Millennio sono i seguenti:

³⁶ Secondo l'UE, 24 milioni di persone hanno beneficiato di trasferimenti sociali per il miglioramento della sicurezza alimentare.

http://ec.europa.eu/europeaid/infopoint/publications/europeaid/documents/188a_mdg_it.pdf

³⁷ UNDP, Per lo stato di avanzamento degli obiettivi del Millennio nelle varie regioni vedere:

<http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/mdg/mdg-reports/> e anche Millennium Development Goals indicators: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Host.aspx?Content=Data/snapshots.htm>



Obiettivo 1: Eliminare la poverta' estrema e la fame

Fra il 1990 e il 2015, si vuole dimezzare sia la percentuale di persone che vivono con meno di un dollaro al giorno sia il numero di coloro che soffrono la fame.



Obiettivo 2: Raggiungere l'istruzione elementare universale

Entro il 2015 si mira ad assicurare il completamento degli studi elementari a tutti i bambini e le bambine.



Obiettivo 3: Promuovere l'uguaglianza fra i sessi e conferire potere e responsabilita' alle donne

Entro il 2005 in particolare si vuole eliminare, a tutti i livelli le disparità fra uomo e donna nell'istruzione elementare e secondaria.



Obiettivo 4: Diminuire la mortalita' infantile

Nel periodo 1990-2015, ridurre di due terzi, il tasso di mortalità fra i bambini al di sotto del quinto anni di età.



Obiettivo 5: Migliorare la salute materna

Nel periodo 1990-2015, Ridurre di tre quarti, il tasso di mortalità materna.



Obiettivo 6: Combattere l'HIV/AIDS, la malaria e altre malattie

Entro il 2015 arrestare e invertire la diffusione dell'HIV/AIDS, della malaria e di altre importanti malattie.



Obiettivo 7: Garantire la sostenibilita' ambientale

Integrare i principi dello sviluppo sostenibile nelle politiche e nei programmi nazionali e ridurre lo sfruttamento delle risorse naturali. Entro il 2015 ridurre della metà la percentuale di persone che non hanno un accesso sostenibile all'acqua potabile e ai servizi fognari. Entro il 2020 migliorare in modo rilevante le condizioni di vita di almeno 100 milioni di abitanti che abitano in quartieri degradati.



Obiettivo 8: Attuare una collaborazione globale per lo sviluppo

Sviluppare un sistema finanziario e commerciale che sia equo e trasparente e basato su regole non discriminatorie che portino a creare a livello globale un processo di sviluppo economico con riduzione della povertà sia negli Stati che a livello globale. E' necessario promuovere il miglioramento dei processi nei paesi in via di sviluppo riducendo le barriere doganali, eliminando le limitazioni alle esportazioni verso i paesi sviluppati, riducendo o annullando il debito per i paesi in via di sviluppo molto indebitati, incrementando gli aiuti per lo sviluppo per le nazioni che devono raggiungere gli obiettivi di riduzione della povertà. Sviluppare strategie con i paesi in via di sviluppo diretti alla creazione di posti di lavoro dignitosi che assicurano un'adeguata qualità della vita ai giovani. Fornire medicinali essenziali a prezzi contenuti. Favorire lo sviluppo delle tecnologie informatiche e della comunicazione (UNICRI, 2013).

4.3 Politiche per l'agricoltura sostenibile nell'Unione Europea

L'istituzione della PAC agli inizi degli anni '60 del secolo scorso si proponeva il raggiungimento di obiettivi economici e sociali quali l'incremento della produttività in agricoltura, un'adeguata qualità della vita alla popolazione agricola, la stabilizzazione dei mercati, la sicurezza negli approvvigionamenti dei beni alimentari, prezzi ragionevoli per l'acquisto dei beni da parte dei consumatori (Ex Art. 39 del Trattato e ora Art. 33 del Trattato CE, Lizzi 2002). Il sistema di strumenti di sostegno ai prezzi dei prodotti agricoli previsto dalla PAC permise di garantire cibo sufficiente per la popolazione degli Stati Membri ma creò un modello di produzione altamente intensivo (basato su un elevato progresso tecnico del settore) che si caratterizzò nel tempo per l'elevata onerosità sia interna (eccedenze produttive, elevati costi sul bilancio comunitario e quindi sui cittadini, squilibri tra settori e paesi membri) sia esterna: elevato protezionismo delle proprie produzioni, le elevate esternalità ambientali negative, la mancanza di capacità imprenditoriale (disincentivo a creare miglioramenti alla qualità dei prodotti, allontanamento dei produttori dal mercato poiché ancorati al prezzo d'intervento (Marescotti, 2012; Setti, 2009). Questi effetti negativi dimostrano che l'introduzione e l'accelerazione del progresso tecnico in agricoltura deve essere attentamente pianificata a livello politico per evitare problemi di insostenibilità.

A rimedio dei problemi d'insostenibilità sia economica che ambientale, a partire dagli anni '80 diversi processi di riforma sono stati attuati. Il primo intervento fu diretto a ridurre le eccedenze nell'offerta dei prodotti attraverso strumenti quali le tasse di corresponsabilità,

limitazioni fisiche (quali ad es. contingentamenti produttivi su beni come latte, pomodoro, tabacco, barbabietola), set-aside.

Nel 1992 fu attuata la Riforma Mac Sherry, molto incoraggiata anche a livello internazionale. Essa prevedeva modifiche: al *sistema dei prezzi*, in modo tale da ridurre le barriere al commercio con i paesi esterni all'Unione, alle *misure interne di sostegno economico*. A questo riguardo il prezzo d'intervento fu ridotto, nel caso dei cereali il prezzo diminuì del 30%, venne inoltre introdotto il sistema degli aiuti compensativi concessi per unità di superficie o bestiame in modo da svincolare il sistema di sostegno, prima in vigore, alle dinamiche dell'offerta; attuando il cosiddetto "disaccoppiamento parziale"³⁸ che poteva creare distorsioni della concorrenza nel mercato mondiale. La Riforma Mac Sherry introdusse i primi provvedimenti di politica agroambientale, le cosiddette *misure di accompagnamento*, dirette a migliorare la sostenibilità ecologica dell'agricoltura europea e in particolare a modificare le relazioni con l'ambiente naturale e l'uso delle sue risorse con l'obiettivo di favorire una loro maggiore tutela e valorizzazione. I provvedimenti denominati "misure agroambientali" consistono in forme di remunerazione (pagamenti) assegnate agli agricoltori in riferimento ai servizi ambientali prestati. Si realizza in questo modo un "accoppiamento" tra sussidio pubblico e attività ecologica³⁹ operando un'estensione delle competenze dell'agricoltura (multifunzionalità). Gli agricoltori, su base volontaria, sottoscrivono un contratto con le amministrazioni pubbliche, e sono pagati per i costi aggiuntivi che

³⁸ "Il meccanismo consiste nell'allineare il prezzo unitario dei prodotti a quello vigente sui mercati internazionali, svincolandolo dal contributo comunitario. I produttori sono liberi di coltivare ciò che vogliono in quanto il premio viene corrisposto per unità di superficie coltivata e viene calcolato sulla base della perdita netta di reddito, derivante dal nuovo sistema di prezzi.

La resa unitaria del grano viene individuata come unità di misura in funzione della quale calcolare le rese degli altri settori regolamentati, attraverso un sistema di equivalenze di rese produttive. Per tener conto delle specificità di ogni singola zona, la resa unitaria non è uguale in tutti gli Stati membri, ma viene *regionalizzata*, ovvero definita a seconda della zona di produzione.

Questo sistema di compensazioni non è tuttavia esente da critiche. In so-stanza, gli aiuti vengono calcolati senza considerare la produzione effettiva dell'azienda e inducono ad una forte variabilità delle compensazioni. Questo meccanismo, inoltre, comporta un complesso lavoro di censimento delle superfici, dei produttori e dei tipi di aziende. L'introduzione di parametri vincolanti di riferimento (*superficie di base regionale* per i seminativi, e la *mandria regionale di riferimento* per le carni bovine) rende altresì più complessa la gestione delle azioni comunitarie. La realizzazione della riforma ha infatti comportato un aggravio dei costi amministrativi per la creazione di anagrafi e la gestione informatizzata delle domande. Infine, le difficoltà di controlli possono favorire comportamenti fraudolenti", tratto da: Burzo A., 2010, Tesi di Dottorato, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

³⁹ Le misure di accompagnamento: misure agroambientali, reg 2078/92; per la forestazione di terre ex-seminativo, Reg 2080/92; per il prepensionamento, Reg 2079/92 della Riforma Mac Sherry definiscono un quadro di interventi con obiettivi ambientali a carattere compensativo e volontario su base contrattuale. Nel contratto sono definite le obbligazioni riguardanti gli interventi agroambientali che l'agricoltore si impegna ad attuare. Gli adempimenti devono in ogni caso andare oltre le ordinarie pratiche agricole (definite a livello regionale) e avere una durata non inferiore a 5 anni, Setti M., 2009. Politica agroambientale, dispensa didattiche del Master in "Sviluppo Sostenibile e Gestione dei Sistemi ambientali".

sostengono nel svolgere i servizi ambientali e per le eventuali perdite economiche o riduzioni di reddito, dovute a minori rese produttive.

Le misure agroambientali comprendono diverse attività ecologiche quali:

- la riconversione dei processi produttivi secondo criteri di minore intensività e riduzione dell'impiego degli input ecologicamente pericolosi;
- l'uso di terreni destinati a fini produttivi ad attività di pascolo del bestiame;
- attività di manutenzione del paesaggio e dei suoi elementi (fossi, filari e siepi, sottobosco, etc.);
- tutela della biodiversità (allevamento di razze in via di estinzione).

L'Agenda 2000 apre un'ulteriore fase di riforme, in linea con quanto attuato in quelle precedenti, riguardanti sia le politiche agricole che quelle agroambientali. Agenda 2000 propone: “una nuova visione di agricoltura: un'agricoltura in grado di confrontarsi sui mercati globali, rispettando le altre agricolture del mondo e salvaguardando le specificità locali; ma che sia in grado di svolgere la sua funzione economica, ambientale e sociale contribuendo in maniera determinante allo sviluppo dei territori rurali. I progetti formatori, il partenariato, la sussidiarietà diventano il modo di agire delle imprese agricole, che pur ricevendo aiuti compensativi, vengono abituate a diventare sistema di servizi o fornitori dei sistemi agroalimentari”.

Con Agenda 2000 vengono conclusi gli accordi a livello internazionale per l'abbattimento delle barriere definite in sede GATT (Uruguay Round), si rafforza il criterio del “disaccoppiamento” negli aiuti diretti al reddito, si prevede l'allargamento della PAC ai nuovi Paesi membri dell'Europa centro-orientale, si riducono gli effetti distorsivi della PAC sulla concorrenza internazionale diminuendo ulteriormente i prezzi minimi garantiti (-20%) e si introducono una serie di misure agroambientali a carattere obbligatorio (condizionalità ambientale o cross compliance, Reg. 1259/99). Lo strumento della condizionalità⁴⁰ è ripreso e ampliato nella successiva riforma Fischler che, entrata in vigore nel 2003, si applica sino al 2015. La riforma costituisce l'epilogo del processo di revisione della PAC iniziato con la

⁴⁰ “La condizionalità assume un ruolo centrale nella definizione della nuova politica comunitaria. La sua importanza non è solo legata all'orientamento delle attività agricole verso obiettivi desiderabili, ma contribuisce ad un rafforzamento delle politiche comunitarie che vengono giudicate in maniera più positiva dai cittadini, non solo europei. Gli obiettivi desiderabili (rispetto dell'ambiente, minor impiego di sostanze nocive ed inquinanti in agricoltura, salvaguardia del benessere degli animali) riscuotono, infatti, un ampio e crescente consenso da parte dei cittadini europei. L'introduzione della condizionalità può contribuire a rafforzare la fiducia dei consumatori e consolidare l'idea che l'agricoltura europea sia un'agricoltura di qualità. Tuttavia la necessità di rispettare vincoli così stringenti può determinare un incremento nei costi per le aziende agricole a cui si accompagna una gestione certamente complessa delle norme e delle procedure di gestione e controllo, con aggravio di costi anche dell'amministrazione pubblica” (Burzo, 2010).

Riforma Mac Sharry nel 1992 e ulteriormente consolidatosi con Agenda 2000. I risultati del processo riformatore si sostanziano per l'agricoltura nella riduzione delle forme di protezione al commercio internazionale e quindi in una sua maggiore esposizione alle dinamiche della concorrenza internazionale e nella transizione verso strumenti di sostegno selettivi che riguardano la protezione e valorizzazione dell'ambiente naturale e che sono in funzione delle attività svolte dai beneficiari (agricoltori) e dei territori in cui essi operano.

La riforma Fischler si focalizza su tre strumenti principali:

- disaccoppiamento degli aiuti diretti al reddito e istituzione del regime di pagamento unico (RPU);
- Modulazione degli aiuti diretti al reddito;
- Condizionalità degli aiuti;

Gli strumenti sono diretti al raggiungimento degli obiettivi di miglioramento della competitività dell'agricoltura europea sul piano internazionale, della sostenibilità ambientale e dello sviluppo delle aree rurali. Con il *disaccoppiamento* gli aiuti diretti al reddito sono assegnati facendo riferimento al reddito mediamente percepito nel periodo 2000/02 e sono riconosciuti in cifra fissa annuale indipendentemente dall'attività agricola svolta. Il disaccoppiamento spezza quindi il legame delle misure di sostegno alla quantità prodotta. Il sostegno è completamente indipendente non solo dalla quantità di produzione raccolta ma anche dalla tipologia di bene agricolo prodotto. In tal modo si mira ad evitare: le sovrapproduzioni (che negli anni precedenti si erano verificate a causa della proporzionalità esistente tra sussidi e produzione), a legare le scelte produttive alle dinamiche dei mercati e a migliorare il controllo della spesa pubblica europea.

La *modulazione* dei sussidi prevede una riduzione degli aiuti diretti al reddito a favore delle grandi imprese (I pilastro della PAC) al fine di liberare risorse e destinarle alle politiche di sviluppo rurale (II pilastro della PAC). La modulazione⁴¹ nata con Agenda 2000, da meccanismo volontario diventa obbligatorio con la Riforma Fischler.

La *condizionalità*, dopo l'introduzione nella precedente riforma, è ulteriormente rafforzata nell'attuale e diventa il principale strumento di politica agroambientale dell'Unione Europea con il duplice obiettivo di migliorare la sostenibilità ambientale dell'agricoltura e l'accettabilità della politica agricola da parte dei contribuenti europei e dell'opinione pubblica mondiale offrendogli un modello di agricoltura più sostenibile e salutare e aderente alle loro aspettative. In questa prospettiva, attraverso lo strumento della condizionalità e quindi

⁴¹ Regolamento orizzontale n. 1259/1999

l'osservanza di determinati standard ambientali, di sicurezza alimentare, di salute e benessere animale e di salute della piante è il presupposto per la corresponsione degli aiuti. In tal modo si parla di aiuto accoppiato alla fornitura di determinati servizi ambientali. Le aziende agricole che ricevono gli aiuti diretti (in applicazione del Regolamento (CE) n. 73/2009) hanno l'obbligo di rispettare la condizionalità per non incorrere in riduzioni o esclusioni dei pagamenti degli aiuti.⁴² Tale obbligo si estende anche alle aziende che decidono di aderire ad alcune Misure del Programma Regionale di Sviluppo rurale 2007-2013 a norma degli articoli 39 e 51 del Regolamento (CE) n. 1698/05 (Ermes Agricoltura, 2013)⁴³.

Dal punto di vista giuridico le regole di applicazione della condizionalità sono definite nel Regolamento (CE) n. 73/2009⁴⁴. Quest'ultimo, al suo interno, nel capitolo I definisce:

- I requisiti principali della condizionalità (art. 4);
- I Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO), elencati nell'Allegato II del Regolamento che consistono in un quadro di norme (denominate Atti) comunitarie, nazionali e regionali, relative alla sanità pubblica, alla salute delle piante e degli animali, all'ambiente e al benessere degli animali (art. 5);
- Le Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali delle terre agricole (BCAA), i cui requisiti devono essere definiti dagli Stati membri a livello nazionale o regionale sulla base degli schemi indicati nell'Allegato III (art.6);

Le norme di condizionalità sono costantemente in evoluzione sulla base degli aggiornamenti dei diversi quadri normativi, tra cui quelli regionali di recepimento, e dei risultati del monitoraggio sull'applicazione di tale strumento (Ermes Agricoltura, 2013).

La riforma Fischler ha interessato anche il II pilastro dedicato alla politica di sviluppo rurale. Gli interventi sono diretti ad aumentare sia le risorse finanziarie disponibili per lo sviluppo rurale sia a regolamentare ulteriormente l'azione politica introducendo nuove norme dirette a migliorare la salubrità degli alimenti, la qualità dell'ambiente e dei prodotti, la qualità della vita dei territori rurali e il benessere degli agricoltori. Il raggiungimento dell'obiettivo di rafforzamento degli aspetti finanziari del II pilastro è ottenuto attraverso lo strumento della modulazione mentre nel secondo caso il miglioramento dell'azione politica è raggiunto attraverso nuove misure, che si integrano alle esistenti misure di accompagnamento. Le

⁴² E' lasciato al Paese Membro la determinazione del livello di sanzione ovvero riduzione del sussidio ed eventuale esclusione del pagamento dell'aiuto in caso di infrazione dolosa.

⁴³<http://www.ermesagricoltura.it/Sportello-dell-agricoltore/Come-fare-per/Produrre-nel-rispetto-dell-ambiente/Rispettare-gli-adempimenti-di-Condizionalita> Per l'applicazione della condizionalità nella Regione Emilia Romagna si veda: <http://www.ermesagricoltura.it/Sportello-dell-agricoltore/Come-fare-per/Produrre-nel-rispetto-dell-ambiente/Rispettare-gli-adempimenti-di-Condizionalita/La-condizionalita-in-Emilia-Romagna>

⁴⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0016:0016:IT:PDF>

quattro misure fanno riferimento ad azioni dirette ad incentivare l'osservanza delle norme, a migliorare il benessere animale, la qualità e salubrità degli alimenti, a sostenere l'adozione di sistemi di audit aziendale per migliorare la gestione delle aziende ed in particolare il loro adeguamento alle normative quali la condizionalità ambientale

Con l'Health Check (2007) le proposte di riforma della PAC sono formulate a seguito di una profonda analisi da parte della Commissione Europea sullo stato di salute della PAC (Terra e Vita, 2008)⁴⁵. Le proposte nel documento dell'Health Check modificano e completano le misure della Riforma Fischler e comprendono: l'aggiornamento del regime di pagamento unico (RPU), la modulazione progressiva, il disaccoppiamento totale degli aiuti, la revisione del sistema delle quote latte, l'eliminazione del set-aside, il consolidamento dello strumento della condizionalità e l'introduzione di nuovi ambiti d'intervento prioritari nelle politiche di sviluppo rurale ovvero mitigazione dei cambiamenti climatici e adeguamento alle prescrizioni del protocollo di Kyoto; sviluppo delle energie rinnovabili; gestione sostenibile delle risorse idriche; interruzione del processo di perdita della biodiversità; promozione della riorganizzazione del settore lattiero-caseario in seguito all'eliminazione delle quote latte (Bonari, 2009; Rete Rurale Nazionale 2007-2013, 2010⁴⁶).

A livello normativo la priorità di questi ultimi ambiti d'intervento appena indicati (tra cui lo sviluppo alle energie rinnovabili) è ribadita nel Regolamento (CE) n. 74/2009 del Consiglio del 19 gennaio 2009 che modifica il Regolamento (CE) n.1698/2005⁴⁷ sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR), che prescrive che gli Stati Membri rivedano i programmi di sviluppo rurale e li presentino alla Commissione entro il 30 giugno 2009, e nella Decisione del Consiglio del 19 gennaio 2009 che modifica gli Orientamenti strategici comunitari per lo Sviluppo Rurale previsti nella precedente Decisione 2006/144/CE.⁴⁸

Gli interventi o operazioni indicati nell'allegato II del Regolamento n.74/2009 che potranno essere inclusi e finanziati nei Programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013 a favore dello sviluppo delle energie rinnovabili sono elencati nella **Tabella 4.1**. Ad es. nell'ambito delle misure dell'Asse 1 (miglioramento della competitività del settore agricolo e forestale) tra cui le misure 121 e 123 gli aiuti possono essere indirizzati a favore degli investimenti per l'ammodernamento delle aziende agricole che prevedono l'acquisto di macchinari e

⁴⁵ Terra e Vita, 2008. Le novità dell'Health Check, disponibile a:

http://www.unisa.it/uploads/1702/le_novita%3%A0_dellhealth_check.pdf

⁴⁶ <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/271>

⁴⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0100:0111:IT:PDF>

⁴⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0112:0115:IT:PDF>

attrezzature per il risparmio energetico e impianti per la produzione di energie rinnovabili ed in particolare le bioenergie, la short rotation forestry, le filiere corte e l'incremento del valore dei prodotti agricoli e forestali (Bonari et al., 2009).

Tabella 4.1 Elenco delle misure utilizzabili nei Programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013 per lo sviluppo delle energie rinnovabili

Tipi di operazioni	Misure	Effetti potenziali
Produzione di biogas da rifiuti organici (produzione aziendale e locale)	Misura 121: ammodernamento delle aziende agricole Misura 311: diversificazione in attività non agricole	Sostituzione dei combustibili fossili, riduzione del metano (CH ₄)
Colture energetiche perenni (bosco ceduo a rotazione rapida e piante erbacee)	Misura 121: ammodernamento delle aziende agricole	Sostituzione dei combustibili fossili, sequestro del carbonio, riduzione del protossido di azoto (N ₂ O)
Produzione di energia rinnovabile da biomasse agricole/forestali	Misura 121: ammodernamento delle aziende agricole Misura 123: accrescimento del valore aggiunto dei prodotti agricoli e forestali Misura 124: cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nei settori agricolo e alimentare e in quello forestale Misura 311: diversificazione in attività non agricole Misura 312: sostegno alla creazione e allo sviluppo delle imprese	Sostituzione dei combustibili Fossili
Impianti/infrastrutture per l'energia rinnovabile da biomassa ed altre fonti di energia rinnovabile (energia solare ed eolica, energia geotermica)	Misura 311: diversificazione in attività non agricole Misura 312: sostegno alla creazione e allo sviluppo delle imprese Misura 321: servizi essenziali per l'economia e la popolazione rurale Misura 125: infrastrutture connesse allo sviluppo e all'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura	Sostituzione dei combustibili Fossili
Informazioni e divulgazione di conoscenze connesse alle energie rinnovabili	Misura 111: azioni nel campo della formazione professionale e dell'informazione Misura 331: formazione e informazione	Sensibilizzazione e diffusione delle conoscenze e in tal modo, indirettamente, aumento dell'efficienza delle altre operazioni connesse alle energie rinnovabili

Fonte: Bonari et al., 2009

4.4 Gli interventi a favore dell'energia e dell'agricoltura sostenibile nei programmi di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna

Il Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia-Romagna per il periodo 2007-2013, è stato approvato nel settembre 2007 dalla Commissione Europea. Tale programma è stato aggiornato, in seguito alle modifiche richieste sia dal processo di riforma della Politica Agricola Comune, PAC, il cosiddetto *Health Check*, sia dal piano di ripresa economica dell'Unione Europea, *Recovery Plan*, e dall'inserimento di alcuni nuovi comuni dell'Alta Val Marecchia nella Regione Emilia Romagna dalla Regione Marche.

Il Programma si suddivide in 4 Assi e 30 diverse misure, molte della quali a loro volta suddivise in azioni (**Tabella 4.2**). La maggior parte degli interventi sono destinati alle aziende agricole, le quali possono usufruire dei finanziamenti disponibili per interventi di modernizzazione delle proprie aziende, per l'accesso agevolato a servizi di consulenza e assistenza tecnica, per lo sviluppo di politiche orientate alla qualità e diversificazione dei prodotti, per l'ottenimento delle indennità come compensazione ai servizi adottati in ambito ambientale e forestale, per l'attuazione di percorsi produttivi integrativi delle attività e del reddito aziendale (multifunzionalità). Oltre alle aziende agricole il quadro della misure di supporto finanziario è diretto anche a beneficiari pubblici e privati per l'attuazione di progetti e impegni in ambito agro-ambientale e forestale che generano ricadute positive per il settore agricolo e l'intera economia locale.⁴⁹

Tabella 4.2 Quadro analitico delle diverse misure del Programma di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna 2007-2013.

Obiettivi degli interventi	Assi e misure di riferimento	Soggetti beneficiari
Migliorare la capacità professionale e favorire il ricambio generazionale	Asse 1 Misura 111 (formazione) Misura 112 (giovani) Misura 113 (prepensionamento) Misura 114 (consulenza)	Imprenditori agricoli e forestali, detentori di aree forestali, coadiuvanti, familiari e dipendenti, Organismi di formazione
Investimenti per l'ammodernamento e l'innovazione nelle imprese e per l'integrazione delle filiere	Asse 1 Misura 121 (investimenti nelle aziende agricole) Misura 122 (investimenti nelle aziende forestali) Misura 123 (investimenti nelle aziende di trasformazione e di commercializzazione) Misura 124 (progetti finalizzati all'innovazione)	Imprese agricole e forestali, detentori forestali, imprese di trasformazione e di commercializzazione, aggregazioni di soggetti della filiera agricola, alimentare e forestale
Investimenti per le infrastrutture fisiche	Asse 1 Misura 125 (razionalizzazione e	Consorzi di scopo costituiti da minimo 20 aziende agricole

⁴⁹ Programma di Sviluppo Rurale della Regione Emilia Romagna, <http://www.ermesagricoltura.it/Programmazione-Regionale-dello-Sviluppo-Rurale/Programma-di-Sviluppo-rurale-2007-2013>

	salvaguardia della risorsa idrica)	
Valorizzazione della qualità delle produzioni agricole	Asse 1 Misura 132 (partecipazione a sistemi di qualità) Misura 133 (Promozione e informazione sui prodotti di qualità)	Imprese agricole, organizzazioni di Produttori
Indennità per aziende in zone montane e in aree Natura 2000	Asse 2 Misura 211 (indennità montagna) Misura 212 (indennità altre aree svantaggiate)	Imprese agricole il cui imprenditore ha meno di 65 anni
Pagamenti agro-ambientali, benessere animale, biodiversità	Asse 2 Misura 214 (pagamenti agro-ambientali) Misura 215 (benessere degli animali) Misura 216 (investimenti non produttivi)	Imprese agricole, enti pubblici, associazioni competenti per la tutela ambientale, consorzi di bonifica
Pagamenti forestali	Asse 2 Misure 221 (imboschimento terreni agricoli) Misure 226, 227 (ricostituzione potenziale forestale, interventi preventivi e investimenti non produttivi)	Imprese agricole, persone fisiche e giuridiche, soggetti privati, organismi pubblici
Diversificazione delle attività e del reddito, servizi turistici, microimprese	Asse 3 Misura 311 (diversificazione delle imprese agricole) Misura 313 (incentivazione alle attività turistiche)	Soggetti agricoli, organismi gestione itinerari, enti locali ed enti parco
Interventi per migliorare l'attrattività dei territori rurali	Asse 3 Misura 321 (servizi per i territori rurali) Misura 322 (sviluppo e rinnovamenti villaggi rurali) Misura 323 (tutela del patrimonio rurale) Misura 331 (formazione per popolazione rurale) Misura 341 (animazione per sviluppo locale)	Enti locali, associazioni pubbliche e private, organismi di formazione
Strategie di sviluppo locale	Asse 4 Approccio Leader, con programmazione e attuazione da parte di partenariati locali (Gal) ed utilizzo delle Misure degli Assi 1, 2 e 3	I beneficiari delle singole Misure attivate tramite il programma definito dal Gal

Fonte: Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia Romagna, I primi risultati emersi dal Rapporto di valutazione, marzo 2011

Le risorse finanziarie nel Programma di sviluppo rurale 2007-2013, sono assegnate seguendo determinati criteri:

- **dell'approccio integrato** nella progettazione e nella realizzazione degli interventi, con operazioni in grado di coinvolgere più soggetti partecipanti, sia a livello territoriale che settoriale. L'approccio integrato territoriale è attuato attraverso il Patto locale per lo sviluppo previsto nell'Asse 3 e gli accordi agro-ambientali contenuti nell'Asse 2. L'approccio settoriale è invece perseguito attraverso i Progetti integrati di filiera dell'Asse 1;

- **delle priorità territoriali** per concentrare le risorse finanziarie nelle aree dove si presentano le maggiori criticità e nelle quali è più urgente la necessità di intervenire con i finanziamenti pubblici. A tale riguardo, il PSR 2007-2013 punta molto verso le zone montane, le aree svantaggiate e i territori caratterizzati da più elevata ruralità;

- **per area tematica di tipo trasversale** verso le quali orientare i finanziamenti. Il PSR privilegia gli interventi a favore dei giovani, dello sviluppo dell'agricoltura biologica, della politica della qualità dei prodotti agricoli e delle energie rinnovabili.

La **Tabella 4.3** elenca la distribuzione delle risorse tra i quattro assi di intervento. Ai primi due Assi, sono stati programmati quasi l'84% delle risorse complessive. Questi due primi Assi finanziano gli interventi diretti a promuovere i processi di competitività, innovazione e di ammodernamento strutturale del settore agricolo (Asse 1) e interventi diretti a migliorare le prestazioni ambientali dell'agricoltura, anche in riferimento agli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra per la lotta ai cambiamenti climatici (Asse 2).

La rimanente parte delle risorse finanziarie programmate nel PSR è ripartita tra l'Asse 3 (10.61% delle risorse finanziarie), che promuove la multifunzionalità delle aziende agricole, lo sviluppo del territorio rurale e la valorizzazione del capitale umano e della sua formazione verso la creazione di progetti di sviluppo locale integrato, l'Asse 4 per l'attuazione di interventi secondo l'approccio Leader che prevede che alle politiche la partecipazione dei soggetti pubblici e privati nella progettazione delle politiche territoriali. L'Asse 4 prevede la possibilità di attuare gli interventi secondo il cosiddetto approccio Leader, che si fonda sulla costituzione di forme di partenariato territoriale tra soggetti pubblici e privati, per la definizione ed attuazione di progetti molto specifici e che sono diretti a risolvere determinati problemi locali.⁵⁰

Tabella 4.3 Ripartizione percentuale delle risorse del Programma di Sviluppo Rurale della Regione Emilia Romagna 2007-2013.

Assi	Spesa pubblica	% Totale
Asse 1	449,046,225	42.42%
Asse 2	435,282,046	41.17%
Asse 3	112,219,944	10.61%
Asse 4	51,533,000	4.87%
Assistenza tecnica	10,555,800	0.99%
Totale	1,058,637,015	

⁵⁰ Commissione Europea, Agricoltura e Sviluppo Rurale, Politica di Sviluppo Rurale 2007-2013, disponibile a: http://ec.europa.eu/agriculture/rurdev/index_it.htm

Fonte: Rapporto di Valutazione PSR Emilia Romagna 2007-2013, marzo 2011.

I risultati dell'analisi sullo stato di avanzamento del programma di sviluppo Rurale 2007-2013, alla data del 31 dicembre 2010 (Tabella 4.4) evidenziano che i pagamenti sostenuti (oltre 276 milioni di euro, colonna 3) rappresentano il 26.1% delle risorse pubbliche programmate nel PSR (colonna 6) e il 47.3% degli impegni (capacità di spesa, colonna 5).

Le dinamiche di spesa dei diversi Assi evidenziano che: nell'Asse 1 sono state pagate risorse finanziarie pari al 31.1% delle risorse impegnate che a sua volta rappresentano il 65.9% delle risorse pubbliche programmate nel PSR per l'Asse1. La quota delle risorse pagate in questo Asse è ancora bassa a causa dei tempi lunghi di realizzazione degli investimenti sostenuti dalle varie misure. Nell'Asse 2 maggiore è la quota di risorse pagate ai beneficiari è stata maggiore e pari al 73% delle risorse impegnate (molto rilevante in questo asse è il peso della quota di risorse pagate all'interno della misura 214 come Pagamenti agroambientali”).

Nell'Asse 3 le risorse impegnate sono circa il 43% delle risorse programmate nel PSR. Nell'ambito delle risorse impegnate la quota maggiore riguarda le misure 311 (34% delle risorse impegnate) e la misura 321 (36% delle risorse impegnate). Nell'Asse 4 le risorse impegnate rappresentano il 16% delle risorse programmate.

Tabella 4.4 Stato di avanzamento della spesa del Programma di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna 2007-2013.

Assi	a	b	c	b/a	c/b	c/a
	PSR Risorse pubbliche	Impegni	Pagamenti	Capacità impegno	Capacità spesa	Indice avanzamento
	(euro)	(euro)	(euro)	%	%	%
1 Competitività	449.046.225	295.909.983	92.029.405	65,9%	31,1%	20,5%
2 Ambiente	435.282.046	226.688.042	165.441.974	52,1%	73,0%	38,0%
3 Diversificazione qualità vita	112.219.944	48.539.028	15.125.701	43,3%	31,2%	13,5%
4 Leader	51.533.000	8.189.526	2.763.287	15,9%	33,7%	5,4%
Assistenza tecnica	10.555.800	4.675.997	993.188	44,3%	21,2%	1,9%
Totale	1.058.637.015	584.002.575	276.353.555	55,2%	47,3%	26,1%

Fonte: Regione Emilia Romagna, marzo 2009, primi risultati emersi dal rapporto di valutazione.

La **Tabella 4.5** elenca le misure dedicate agli interventi in campo energetico che fanno parte dei diversi Assi. La promozione delle fonti rinnovabili è una delle priorità tematiche del PSR ed è importante per la riduzione della dipendenza energetica dalle fonti fossili e per il perseguimento degli obiettivi in termini di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra antropogeniche.

Nell'ambito dell'Asse 1, la misura 121 sostiene gli investimenti per la produzione di energie da fonti rinnovabili ed il risparmio energetico mentre la misura 123 quelli relativi al recupero

e lo smaltimento dei rifiuti delle industrie agroalimentari, anche con finalità energetiche. L'Asse 2, nell'ambito della misura 214 promuove azioni specifiche che riducono l'uso degli input di fonte fossile in agricoltura incentivando le tecniche di produzione integrata e biologica. L'Asse 3 sostiene la costruzione di nuovi impianti con potenze inferiori ad 1 megawatt, finalizzati sia alla diversificazione delle attività economiche delle imprese agricole, sia alla produzione di energia per le comunità rurali. In questo asse possono incentivate la produzione di energia che utilizzano tecnologie quali l'eolico, il geotermico e l'energia solare, le biomasse.

I benefici ambientali stimati derivanti dagli interventi finanziati nel PSR 2007-2013 in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ equivalenti ammontavano a più di 141.000 tonnellate di emissioni evitate (**Tabelle 4.6 e 4.7**). Alla riduzione avevano contribuito maggiormente le misure comprese nell'Asse 2 (misura 214 e con le misure forestali). Il contributo delle misure del PSR rappresenta circa il 2,3% dell'obiettivo fissato nel 2007 dal Piano Energetico Regionale di 300 MW di potenza generata da impianti alimentati con fonti rinnovabili.⁵¹

Tabella 4.5 Descrizione della misure a favore dello sviluppo delle fonti rinnovabili e per la lotta ai cambiamenti climatici, del Piano di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna, 2007-2013.

Misure	Tipologia di interventi realizzati	Tipologia di effetto	Misurazione dell'effetto
Misura 121	La misura promuove, in particolare: le energie alternative (energie rinnovabili in generale e bioenergie in particolare); il risparmio energetico; le filiere corte; la short rotation forestry	Effetti in termini di emissioni di gas ad effetto serra evitate grazie alla produzione di energia da fonti rinnovabili e al minor consumo di energia fossile	36,1 tonnellate di CO ₂ equivalente per anno
Misura 214	La misura promuove, in particolare: la conservazione e/o l'incremento e/o il ripristino della sostanza organica nel terreno; l'agricoltura biologica; l'agricoltura integrata; la conversione dei seminativi in prati e pascoli e/o il mantenimento di prati e pascoli; la conservazione di siepi naturali arbustive e/o alberature e/o piantate e/o boschetti, il mantenimento della copertura vegetale (fasce inerbite anche a funzione tampone)	Effetti in termini di assorbimento di CO ₂ dall'atmosfera grazie allo stoccaggio del carbonio organico nei suoli agricoli. Effetti legati alla riduzione dei fertilizzanti azotati (e quindi alle minori emissioni in termini di protossido di azoto dai suoli agricoli) non ancora determinato in sede di valutazione	100,650 tonnellate di CO ₂ equivalente per anno
Misura 221	Contributi al primo imboscimento dei terreni agricoli	Effetti in termini di assorbimento di CO ₂ dall'atmosfera e stoccaggio di carbonio organico nella biomassa legnosa	38,021 tonnellate di CO ₂ equivalente per anno corrispondenti a 2,199,444 tonnellate di stoccaggio di carbonio totale a fine turno
Misura 311	Tramite l'azione 3 finanzia interventi per la realizzazione di impianti per la produzione, utilizzazione e vendita di energia e/o calore di potenza massima di 1 megawatt	Effetti in termini di emissioni di gas ad effetto serra evitate grazie alla produzione di energia da fonti rinnovabili e al minor consumo di energia fossile	725 tonnellate di CO ₂ equivalente per anno
Misura 321	Tramite l'azione 3 finanzia interventi per	Effetti in termini di	1,971 tonnellate di CO ₂

⁵¹ Secondo Piano di attuazione del Piano Energetico Regionale 2011-2013, disponibile a: <http://energia.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/programmazione-regionale/piano-energetico-regionale>

	la realizzazione di impianti per la produzione e l'utilizzazione di energia termica ed elettrica	emissioni di gas ad effetto serra evitate grazie alla produzione di energia da fonti rinnovabili e al minor consumo di energia fossile	equivalente per anno
--	--	--	----------------------

Fonte: Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia Romagna, I primi risultati emersi dal Rapporto di valutazione, marzo 2011

Tabella 4.6 Descrizione delle tipologie di impianti e investimenti regionali attuati a favore dello sviluppo delle energie rinnovabili finanziati nell'ambito della misura 311 del Programma di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna, 2007-2013.

1° bando 2008		Prodotto/Intervento					Totale complessivo
Sigla Provincia	Dati	microimpianti a energia solare	microimpianti a energia eolica	microimpianti a energia idrica	Centrali termiche a pellet-cippato	Reti per la distribuzione energia a servizio di centrali e microimpianti	
n. interventi		70	6	3	6	3	88
n. domande							83
potenza impianti (kw o m)		1,339	93	55	760	739	
Costo Investimento totale		7,866,819	653,300	461,541	711,931	97,421	9,791,012
Importo Concesso totale		1,807,149	339,480	251,317	426,458	236,944	3,061,349
Importo Pagato totale							2,268,876

Fonte: Regione Emilia Romagna, Servizio territorio rurale e attività faunistico venatorie.

Tabella 4.7. Descrizione delle tipologie di impianti e investimenti regionali attuati a favore dello sviluppo delle energie rinnovabili finanziati nell'ambito della misura 311 del Programma di sviluppo rurale della Regione Emilia Romagna, 2007-2013.

2° bando 2011		Prodotto/Intervento					Totale complessivo	
Sigla Provincia	Dati	microimpianti a energia solare	microimpianti a biogas	microimpianti a energia eolica	Centrali termiche a pellet-cippato	Impianti combinati per la produzione di energia da fonti rinnovabili		Reti per la distribuzione energia a servizio di centrali e microimpianti
n. interventi		177	13	3	2	22	1	218
n. domande								218
potenza impianti (kw o m)		4,560	7,671	131	290	640	480	
Costo Investimento totale		15,335,867	21,573,591	453,818	422,248	2,453,396	37,761	40,276,680
Importo tot. Contr. ammesso		4,722,364	2,430,373	179,027	219,765	843,314	42,653	8,437,498

Fonte: Regione Emilia Romagna, Servizio territorio rurale e attività faunistico venatorie.

4.5 Principali aspetti, obiettivi e strumenti della politica energetica europea

L'inserimento dell'energia come area di intervento comune a livello comunitario è avvenuta solo nel 2009 con l'entrata in vigore del Trattato di Lisbona.⁵² L'assenza di una politica comune non ne ha pregiudicato tuttavia l'intervento comunitario sui temi dell'energia anche prima del Trattato. Il processo di inserimento è stato lento ma costante nel tempo e collegato a fattori interni ed esterni. Questi ultimi sono legati alle prime crisi energetiche degli anni '60 e '70' e alla consapevolezza che i temi energetici dopo questi eventi richiedono una gestione a livelli elevati di governance (Lombardo *et al.*, 2012). I fattori interni sono collegati al funzionamento del Mercato interno. Proprio a garanzia di quest'ultimo si spiega fin dall'inizio l'azione comunitaria nei temi dell'energia. La rilevanza era tale, infatti, da richiedere l'intervento comunitario. Può essere utile pensare a questo riguardo al possibile conflitto tra l'esistenza dei monopoli statali per la produzione dell'energia elettrica e il principio di libera circolazione delle merci⁵³ o ancora ai problemi legati all'applicazione delle regole di concorrenza alle aziende energetiche (Lombardo *et al.*, 2012).

La base giuridica per la politica energetica comune risale al Trattato di Lisbona sul Funzionamento dell'Unione Europea, TFUE,⁵⁴ entrato in vigore l'1 dicembre 2009. Nell'art.194⁵⁵ introdotto dal trattato sono definite le norme che legittimano l'azione europea nel settore dell'energia, gli obiettivi e gli ambiti d'intervento della UE nella politica energetica comune, nei quali l'UE può adottare le misure necessarie per il perseguimento degli obiettivi. Sono definite inoltre anche le aree di azione degli Stati Membri. Questi ultimi mantengono il diritto di decidere in merito all'utilizzo delle proprie fonti energetiche, al mix energetico e il tipo di struttura per l'approvvigionamento di energia. L'UE può intervenire in questi ambiti, in base al principio della sussidiarietà, solo nei casi in cui possa agire in modo più efficace rispetto agli Stati Membri (Lombardo *et al.*, 2012; Europa, 2010)⁵⁶. Nei rapporti tra gli Stati invece la politica energetica comune, come si cita al primo comma dell'articolo 194, deve essere intesa secondo uno *spirito di solidarietà*. Nel caso in cui uno o più Stati

⁵² Due delle Tre Comunità ovvero quella del Carbone e l'EURATOM riguardavano l'energia.

⁵³ I prodotti energetici rientrano nell'ambito di applicazione del Trattato della Comunità Europea e del Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea poiché considerate merci e quindi suscettibili di un prezzo.

⁵⁴ Europa, sintesi della legislazione dell'UE, Politica europea per l'energia, disponibile a:
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/index_it.htm

⁵⁵ Art.194. Trattato di Lisbona, disponibile a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:083:0047:0200:IT:PDF>

⁵⁶ http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/lisbon_treaty/ai0024_it.htm

Membri si trovino in una situazione di difficoltà nell'approvvigionamento energetico, questi ultimi possono fare affidamento sulle disponibilità energetiche da parte di altri Stati Membri (Europa, 2010).

Una politica energetica comune è indispensabile affinché l'Europa possa perseguire i suoi obiettivi di sostenibilità ambientale nell'ambito del protocollo di Kyoto (e del controllo delle emissioni di gas serra), di sicurezza energetica negli approvvigionamenti di energia, di riduzione della dipendenza energetica e di realizzazione di un mercato interno dell'energia.⁵⁷

La dipendenza energetica è molto variabile tra gli Stati Membri, come si può vedere dalla **Figura 4.2**, lo Stato di Malta è totalmente dipendente per la sua disponibilità di energia primaria dalle importazioni mentre la Danimarca è esportatore netto di energia primaria, il suo tasso di dipendenza energetica (dato dal rapporto tra energia consumata ed energia importata) è negativo (-18.8%) (Monteleone, 2012).

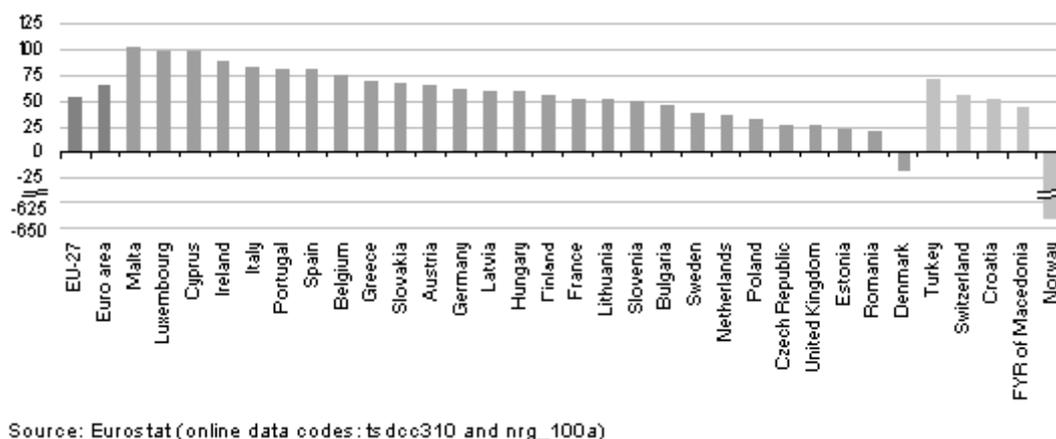


Figura 4.2 Dipendenza energetica nei Paesi dell'Unione Europea. Fonte: Eurostat. 2011.

Attraverso la politica energetica comune, l'UE vuole quindi adottare tutti gli strumenti necessari per il raggiungimento degli obiettivi appena citati. Lo sviluppo delle tecnologie energetiche (rinnovabili e ad alta efficienza energetica) ricopre un ruolo di primo piano poiché consente di garantire una migliore competitività e sostenibilità ambientale al sistema economico europeo, maggiore sicurezza energetica e minore dipendenza energetica in particolare dal petrolio⁵⁸ e dal gas naturale⁵⁹ che nel 2011 era rispettivamente pari all'83.5% e

⁵⁷ Nonostante siano stati attuati processi di liberalizzazione dei mercati dell'energia e del gas al fine di garantire una maggiore concorrenza e migliori possibilità di scelta e prezzi ai consumatori rimangono ancora diversi ostacoli da rimuovere.

⁵⁸ Nell'UE solo la Danimarca è esportatore netto di petrolio, mentre la Gran Bretagna ha la più bassa dipendenza energetica dal petrolio tra i Paesi Membri dell'Unione pari all'8.6% (Eurostat, 2011).

al 64.2% (Eurostat, 2011). La fornitura di queste fonti è attuata da pochi Paesi, è pertanto una priorità cercare di diversificare le rotte e le fonti poiché questi aspetti possono rappresentare criticità nei rapporti geopolitici a livello internazionale. Le relazioni con i paesi produttori⁶⁰, consumatori⁶¹ e di transito per le infrastrutture energetiche⁶² sono uno strumento altrettanto rilevante all'interno di quelli appena sopra citati. La politica comune è tuttavia essa stessa uno strumento affinché a livello internazionale le istanze europee possano trovare un più adeguato ascolto e riconoscimento.⁶³ E' evidente che il peso che può assumere la politica energetica europea è molto più elevato rispetto al peso che potrebbe avere la politica energetica a livello internazionale di ogni singolo Stato Membro.

Gli obiettivi appena commentati sono enunciati nel Libro Verde dell'8 marzo del 2006⁶⁴ e successivamente nel 2007 la Commissione Europea presenta un pacchetto integrato di interventi, il cosiddetto *pacchetto energia* che istituisce la politica energetica europea. Il Consiglio Europeo del 2007 adotta la cosiddetta strategia 20-20-20 che prevede gli obblighi in termini di produzione di energia da fonti rinnovabili (+20%), riduzione delle emissioni di gas serra (-20%), miglioramento dell'efficienza energetica in modo da ridurre i consumi di energia (-20%).⁶⁵

La Commissione Europea ha presentato numerose proposte per dare attuazione agli obiettivi della strategia 20-20-20, molte delle quali sono contenute nel pacchetto energetico climatico del 23 gennaio 2008 presentato successivamente per la discussione al Consiglio e il Parlamento Europeo che in materia hanno il potere di co-decisione. Il pacchetto conteneva importanti proposte riguardanti la modifica della direttiva sul sistema comunitario di scambio dei diritti di emissione, alla distribuzione degli adempimenti in merito alle emissioni di carbonio per quei settori (tra cui anche l'agricoltura) che non partecipano al mercato europeo dei diritti di emissione, allo sviluppo delle fonti rinnovabili per conseguire gli obiettivi in termini di riduzione della quantità di gas serra (Bonari *et al.*, 2009). Il pacchetto clima-energia è stato approvato il 17 dicembre 2008 dal Parlamento Europeo mentre dal Consiglio il 6 aprile 2009⁶⁶. Il pacchetto approvato prevede: nuove regole per lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la revisione del sistema comunitario di scambio dei diritti di emissione (European Trading

⁵⁹ Nell'UE i Paesi Bassi e la Danimarca sono gli unici paesi esportatori netti di gas (Eurostat, 2011).

⁶⁰ Quali ad es. la Russia, la Norvegia, i paesi dell'OPEC, l'Algeria

⁶¹ Quali ad es. Stati Uniti, India, Brasile o Cina.

⁶² Ad es. l'Ucraina, dalla quale transita circa il 20% del gas che è utilizzato nell'Unione Europea. http://ec.europa.eu/energy/international/bilateral_cooperation/ukraine_en.htm

⁶³ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/127067_it.htm

⁶⁴ Libro Verde <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:IT:PDF>

⁶⁵ http://europa.eu/rapid/press-release_DOC-07-1_en.htm

⁶⁶ http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/misc/107136.pdf

System, ETS), riduzione delle emissioni di carbonio in settori (trasporti, agricoltura e edilizia) non inclusi nel sistema di scambio ETS, nuove regole per la riduzione delle emissioni delle automobili, nuovi standard di qualità per i combustibili e biocombustibili, il quadro legislativo per la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle fonti rinnovabili e il rafforzamento del sistema comunitario per lo scambio dei diritti di emissione le direttive in vigore sono rispettivamente le direttive 2009/28/CE⁶⁷ e 2009/29/CE⁶⁸. La direttiva 2009/28/CE, in particolare, prevede che i consumi finali di energia (nelle diverse forme in cui è usata; elettricità, riscaldamento e raffrescamento per uso industriale e civile, combustibili usati nei trasporti) nell'Unione Europea, al 2020, dovranno essere soddisfatti per almeno il 20% dalle fonti rinnovabili. All'Italia è stato attribuito un obiettivo pari al 17% da distribuire a sua volta fra le diverse Regioni italiane (FIRE, 2013)⁶⁹.

⁶⁷ Direttiva 2009/28/CE:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:it:PDF>

⁶⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:IT:PDF>

⁶⁹ FIRE, Federazione Italiana per l'uso razionale dell'energia, Obiettivi del 20-20-20. http://www.fire-italia.it/caricapagine.asp?target=20_20_20/20_20_20.asp

Capitolo 5. Valutazione della sostenibilità: Stato dell'arte della letteratura

5.1 Analisi della letteratura esistente

L'analisi del ciclo di vita (LCA) è applicata ormai da vent'anni anche all'analisi degli impatti ambientali di prodotti e processi agricoli (Fedele, 2010). Secondo diversi studi, nel ciclo di vita dei prodotti agroalimentari, la fase di produzione agricola è quella che potenzialmente genera i maggiori impatti ambientali (Roy et al., 2009; Masoni 2011; ISMEA, 2012) in termini ad es. di contributo al cambiamento climatico (Global Warming Potential, GWP). La **Tabella 5.1** elenca le emissioni di gas serra rilasciate dal settore agroalimentare in Italia nel 2007, in ogni singola fase e a livello complessivo. La categoria d'impatto "Global Warming Potential", è meglio conosciuta negli ultimi anni (anche in seguito all'interesse dei canali di comunicazione) attraverso l'indicatore "carbon footprint" la cui unità di misura è la tonnellata, il kilogrammo o il grammo di anidride carbonica equivalente. I diversi tipi di gas a effetto serra riconosciuti dal protocollo di Kyoto sono confrontati in rapporto ad un'unità di CO₂. La "carbon footprint" ovvero la CO₂ complessiva associata al ciclo di vita di un prodotto, processo o servizio si ricava moltiplicando le emissioni di ognuno dei gas a effetto serra per il suo potenziale di riscaldamento (GWP) (Ulgiati, 2009). Nella **Tabella 5.2** sono invece indicate le emissioni di gas serra fino ai cancelli della fabbrica (in inglese: from cradle to gate) per ogni singola coltura. Dalla Tabella 2 si nota che le colture con le maggiori emissioni di gas serra sono il mais e il girasole e il pomodoro coltivato in serra. Le emissioni di quest'ultimo tipo di coltivazione sono di circa 60 volte superiori rispetto a quelle emesse dalla coltivazione del pomodoro in pieno campo (Rete Rurale, 2012). L'utilizzo dell'analisi di ciclo di vita si rivela utile sia per individuare gli aspetti più critici della filiera agroalimentare che emette attualmente il 18% delle emissioni totali in Italia sia per individuare e ottimizzare le opportunità per migliorarla.

Tabella 5.1 Emissioni di gas serra nel ciclo di vita dei prodotti agroalimentari

Fase produttiva	Milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti (anno 2007)
Produzione agricola	47.1
Fermentazione enterica	11.6
Letame e reflui	6.86
Trasporti	19.84
Trasformazione industriale	5.487
Packaging	13.1
Totale	103.987

Fonte: Elaborazione su dati ISMEA, Rete Rurale nazionale 2012

L'analisi della sostenibilità dei sistemi agricoli deve essere tuttavia la più possibile esaustiva, l'indicatore della carbon footprint rivela solo uno degli aspetti ambientali ai quali si deve rivolgere l'attenzione. Pertanto tale indicatore deve essere integrato da altri indicatori che informino degli impatti del settore verso le altre matrici ambientali ma anche degli impatti sul sistema economico e quello sociale. L'attenzione verso lo stato della letteratura esistente, in questo lavoro di Tesi, è stata quindi diretta a cercare di comprendere dalla letteratura, come sono analizzati i tre diversi pilastri della sostenibilità nei processi di produzione agricola.

Tabella 5.2 Emissioni di gas serra emesse nella fase agricola

	GWP (kg di CO ₂ eq. per kg di prodotto)	GWP totale del prodotto in Mil. di ton. di CO ₂ eq.		GWP (kg di CO ₂ eq. per kg di prodotto)	GWP totale del prodotto in Mil. di ton. di CO ₂ eq.
Cereali			Agrumi		
Grano duro	0,88	4,5	Arancio	0,36	0,79
Riso	0,47	0,68	Mandarino	0,36	0,05
Mais	1,95	18,27	Clementina	0,36	0,16
Frutta			Limone	0,36	0,18
Mela	0,23	0,51	Ortaggi		
Pera	0,23	0,18	Carote	0,06	0,04
Albicocca	0,23	0,05	Pomodoro ind.	0,05	0,27
Ciliegia	0,23	0,03	Pomodoro in serra	3,14	1,58
Pesca	0,23	0,23	Patata	0,12	0,14
Nettarina	0,23	0,13	Lattuga	0,66	0,25
Susina	0,23	0,04	Zucchina	0,26	0,09
Oleaginose			Fava	1,09	0,12
Olive	0,13	0,46			
girasole	1,26	0,33	Uva	0,89	6,94

Fonte: ISMEA, 2012

Sono stati selezionati oltre 100 articoli nella letteratura internazionale adottando i seguenti criteri: data di pubblicazione entro gli ultimi 6 anni⁷⁰ e metodologia utilizzata (LCA) con presentazione dei risultati in termini di impatti energetici, ambientali, economici (Life Cycle Costing, LCC), studi di analisi energetica⁷¹, energetica ed economica. La selezione ha compreso anche riviste riguardanti le produzioni animali, anche se tale settore è integrato nel settore agricolo solo da alcuni autori e solo in alcuni database internazionali, il che ha reso a volte complessa l'elaborazione dei dati. Articoli anteriori all'anno 2006 oppure che utilizzino metodiche con finalità differenti dall'analisi energetica, socio-economica, ambientale (ad esempio, articoli puramente tecnici) non sono stati inclusi.

⁷⁰ Sono stati inclusi tuttavia anche due articoli pubblicati nel 2003 e 2004 e alcuni nel 1998 poiché non esistevano studi pubblicati in seguito.

⁷¹ L'analisi energetica è un elemento metodologico essenziale dell'analisi del ciclo di vita. Storicamente ha aperto la strada alla nascita della metodologia stessa. Il manuale di Boustead and Hancock di analisi energetica (1979) è considerato il riferimento metodologico della LCA e anticipatore del suo approccio integrato delle varie fasi del ciclo di vita di un prodotto, processo o attività (Baldo et al., 2005).

Com'è possibile vedere anche dalle **Tabelle 5.3 e 5.5**, dalla revisione della letteratura più recente, emerge che la maggior parte degli studi utilizza l'analisi energetica ed economica. Un numero limitato di studi applica l'analisi energetica, energetica ed economica (Lu *et al.*, 2010) o l'analisi economica ed energetica (Ortega *et al.*, 1998). Non sono stati individuati studi che integrino al tempo stesso gli aspetti energetico-ambientali, economici e sociali in una prospettiva di LCA.

Il campo d'indagine privilegiato dagli studi selezionati è l'analisi di singole colture prodotte a livello aziendale. In alcuni di essi tuttavia si analizzano intere produzioni nazionali e l'evoluzione nel tempo dei loro impatti ambientali ed energetici (Ferreira, 1998; Lan *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2006; Khosruzzaman *et al.*, 2010; Viglia *et al.*, 2010; Gasparatos, 2011; Zucaro *et al.*, 2013).

I risultati degli studi sono stati raggruppati attraverso gli indicatori calcolati di energy footprint, rapporto benefici/costi, carbon footprint (**Tabella 5.4**) indicatori d'intensità energetica: Energy Yield Ratio; EYR, Energy Investment Ratio; EIR, Environmental Loading Ratio; ELR, Transformity seJ/J, Empower Density, seJ/ha, commentati nel paragrafo 6.3.3 e approfonditi nei diversi casi di studio (**Tabella 5.5**). Dalla **Tabella 5.4** si può notare che le coltivazioni arboree e orticole tendono ad avere costi energetici maggiori rispetto ad es. ai cereali. Gli impatti energetici per le stesse colture sono inoltre caratterizzati da variazioni anche molto ampie in funzione dell'area geografica, dove sono prodotte. E' il caso ad es. del riso il cui costo energetico per ettaro varia da 34.8 GJ/ha (India) a 147 GJ/ha (Cina) oppure delle mele coltivate in Iran (42.8 GJ/ha) e in U.S.A (696.5 GJ/ha). Inoltre come evidenziato nello studio di Lu *et al.*, (2010) il rapporto benefici/costi può essere più alto e quindi indicativo di una maggiore profittabilità per colture con impatti energetico-ambientali più elevati (vegetables B/C: 3.48; energy footprint : 506 GJ/ha rispetto al riso B/C: 2.34 ed energy footprint: 147 GJ/ha). Ne deriva l'importanza e la necessità di svolgere analisi di sostenibilità con metodologie (anche complementari tra loro come l'analisi energetica, energetica e l'analisi economica) in grado di valutare i diversi aspetti della sostenibilità.

Tabella 5.3 Elenco degli studi selezionati nella letteratura internazionale indicati nella Tabella 4.

Reference	Year	Location of the study	Scale investigated	Methodology
Tabataie et al.,	2013	Iran	Prune (farm scale)	Energy and economic analysis
Tabataie et al.,	2013	Iran	Pears (farm scale)	Energy and economic analysis
Royan et al.,	2012	Iran	Peaches (farm scale)	Energy and econometric analysis
Cellura et al.,	2012	Italy	Different crops (farm scale)	Life Cycle Assessment
Mohammadshirazi et al.,	2012	Iran	Tangerines (farm scale)	Energy and economic analysis
Jekayinfa et al.,	2012	Nigeria	Plantain (farm scale)	Energy and economic analysis
Rafiee et al.,	2012	Iran	Apples (farm scale)	Energy and sensivity analysis
Zucaro A.,	2011	Italy	Different crops (farm scale)	Life Cycle Assessment "SUMMA"
Alluvione et al.,	2011	Italy	Wheat, maize, soybean, rapeseed, rye rotation	Energy Analysis
Chen et al.,	2011	China	Rapeseed production	Energy analysis
Casparatos	2011	Japan	Crops production (national scale)	Energy analysis
Ramedani et al.,	2011	Iran	Soybean (farm scale)	Energy analysis
Ozkan et al.,	2011	Turkey	Winter tomatoes (farm scale)	Energy analysis
Mobtaker et al.,	2010	Iran	Barley (farm scale)	Energy analysis
Khosruzzaman et al.,	2010	Bangladesh	Crops production (national scale)	Energy analysis
Mohammandi and Omid	2010	Iran	Greenhouse Cucumber (farm scale)	Energy and economic analysis
Mohanmandi et al.,	2010	Iran	Kiwifruit (farm scale)	Energy and economic analysis
Lu et al.,	2010	China	Different crops (farm scale)	Energy, energy and economic analysis
Iriarte et al.,	2010	Chile	Sunflower and Rapeseed	Life Cycle Assessment
Franscscatto et al.,	2010	Brazil	Apples (regional scale)	Energy analysis
Blengini and Busto	2009	Italy	Rice (average farm scale)	Life Cycle Assessment
Kavargiris et al.,	2009	Greece	Wineyard (conv. and organic) (farm scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Com	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	India and Indonesia	Com	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	Kenya	Wheat	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Wheat	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	India	Rice	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Rice	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Soybean (national scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Potatoes (national scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	Nigeria	Cassava (national scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Tomatoes (national scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Oranges (national scale)	Energy analysis
Pimentel D.,	2009	USA	Apples (national scale)	Energy analysis
La Rosa et al.,	2008	Italy	Oranges (farm scale)	Energy analysis
çetin and Vardar	2008	Turkey	Tomatoes (farm scale)	Energy and economic analysis
Erdal et al.,	2007	Turkey	Sugar beet (farm scale)	Energy and economic analysis
Ozkan et al.,	2007	Turkey	Greenhouse and openfield grape	Energy and economic analysis
Chen et al.,	2006	China	Agriculture production (national scale)	Energy analysis
Hatirli et al.,	2006	Turkey	Greenhouse tomatoes (farm scale)	Energy analysis
Esengun et al.,	2006	Turkey	Stake tomatoes (farm scale)	Energy and economic analysis
Canakci and Akinci	2006	Turkey	Greenhouse vegetables (farm scale)	Energy analysis
Demircan et al.,	2006	Turkey	Sweet cherry (farm scale)	Energy and economic analysis
Ozkan et al.,	2004	Turkey	Different crops (farm scale)	Energy and economic analysis
Gezer et al.,	2003	Turkey	Apricot (farm scale)	Energy analysis

Tabella 5.4 Riassunto degli indicatori di energy footprint, rapporto Benefici/costi e carbon footprint tratti dalla revisione della letteratura selezionata indicata nella Tabella 3.

Energy footprint	GJ/ha	Profitability	B/C	Carbon footprint	kg CO2 equiv./ha
Apples USA	696.5	Rice-Vegetable China	3.50	Rice Italy	15982
Vegetables China	506.0	Vegetables China	3.48	Rapeseed Chile	3282
Rice-Vegetables China	286.0	Rice China	2.34	Sunflower Chile	2323
Eggplant greenhouse Turkey	280.4	Peaches Iran	2.75		
Cucumber greenhouse Turkey	269.0	Greenhouse Cucumber Iran	2.58		
Tomatoes greenhouse Turkey	249.7	Sweet cherries Turkey	2.53		
Prune Turkey	176.0	Oranges Turkey	2.37		
Pears Turkey	172.6	Grape greenhouse Turkey	2.21		
Greenhouse cucumber Iran	148.8	Lemon Turkey	1.89		
Rice China	147.0	Mandarines Turkey	1.88		
Greenhouse tomato Turkey	106.7	Grape openfield Turkey	1.83		
Stake tomato Turkey	97.0	Kiwi Iran	1.94		
White milled rice Italy	90.5	Plantains Nigeria	1.69		
Tomatoes USA	86.2	Tangerines Iran	1.62		
Oranges USA	83.9	Sugar beet Turkey	1.17		
Rice USA	80.1	Stake tomatoes Turkey	1.03		
Soybean Iran	71.3	Tomatoes Turkey	0.85		
Lemon Turkey	63.0				
Tangerines Iran	62.3				
Potatoes USA	62.0				
Winter tomatoes Turkey	61.4				
Oranges Turkey	61.0				
Lemon Italy	50.5				
Mandarines Turkey	48.8				
Tomatoes Turkey	45.5				
Wineyard conv. Greece	43.9				
Apples Iran	42.8				
Cassava Kenya	39.7				
Sugar beet Turkey	39.7				
Peaches Iran	37.5				
Rice India	34.8				
Corn USA	34.5				
Wineyard organ. Greece	32.3				
Wineyard Italy	31.3				
Kiwi Iran	30.3				
Olives Italy	27.2				
Barley Iran	25.0				
Grape greenhouse Turkey	24.5				
Maize Italy	23.9				
Grape openfield Turkey	23.6				
Sweet cherries	23.8				
Apricot Turkey	22.3				
Corn India and Indonesia	21.3				
Rapeseed Chile	19.6				
Sunflower Chile	18.3				
Rapeseed China	17.9				
Wheat USA	17.5				
Wheat Italy	12.9				
Soybean Italy	12.0				
Plantain Nigeria	7.6				
Rapeseed Italy	1.6				
Rye Italy	2.6				

Tabella 5.5 Elenco degli studi selezionati dalla letteratura esistente (analisi emergetica) e risultati in termini dei diversi indicatori emergetici intensivi.

Product investigated	Country	Year of publication	Reference	EYR	EIR	ELR	ESI	Transformity seJ/J	Empower density seJ/ha
Spring barley	Scotland	2011	Burgess	1.37		2.82	0.48		
Winter Wheat	Scotland	2011	Burgess	1.26		4.1	0.31		
Spring Oat	Scotland	2011	Burgess	1.37		2.75	0.5		
National Agricultural sector	Japan	2010	Gasparatos		11.3	13.8		9.56E+05;	
National Beef production	Japan	2010	Gasparatos		28.7	31.5		5.97E+05;	
National Pork production	Japan	2010	Gasparatos		570			6.39E+06;	
Integrated Crop and Milking System with L&S	Argentina	2011	Rotolo et al.,	1.58	1.72	2.37	0.67	2.53E+06	
Integrated Crop subsystem with L&S	Argentina	2011	Rotolo et al.,	1.6	1.65	2.5	0.64	1.64E+06;	
Milk subsystem with L&S	Argentina	2011	Rotolo et al.,	1.31	3.24	4.87	0.27	8.98E+05	
National Agricultural sector with L&S (2007)	Scotland	2011	Viglia et al.,	1.42		3.75	0.38		4.20E+15
Agricultural sector (Cairngorms national park) with L&S (2007)	Scotland	2011	Viglia et al.,	2.52		1.77	1.43		1.50E+15
Lemon with L&S (2006)	Italy	2011	Zucaro et al.,	1.02	54.49	62.11	0.02	2.83E+06	3.90E+16
Olives with L&S (2006)	Italy	2011	Zucaro et al.,	1.02	47.01	56.02	0.02	4.34E+05	2.47E+16
Grapes with L&S (2006)	Italy	2011	Zucaro et al.,	1.02	44.09	50.69	0.02	7.73E+05	3.41E+15
National Agricultural Sector with L& S (2006)	Italy	2011	Zucaro et al.,	1.08	12.19	14.39	0.08	6.90E+04	7.83E+15
Rice	Greece	2007	Beerman	3.08				1.63E+04	
Corn	Greece	2007	Beerman	1.77				1.38E+06	
Cotton	Greece	2007	Beerman	1.53				1.60E+05	
Beet	Greece	2007	Beerman	1.96				2.63E+04	
Asparagus	Greece	2007	Beerman	4.29				6.51E+05	
Kiwi	Greece	2007	Beerman	3.94				8.97E+04	
Melons	Greece	2007	Beerman	3.23				4.15E+04	

Beans	Greece	2007	Beerman	7.59				4.16E+05
Alfalfa	Greece	2007	Beerman	2.03				1.66E+05
Tomatoes	Greece	2007	Beerman	2.30				5.80E+04
Complete steers cycle	Argentina	2007	Rotolo et al.,	3.73	0.4	0.55	6.8	4.43E+05
Coffee cherries	Nicaragua	2006	Cuadra and Rydberg			3.8-7.6		3.35E+05
Green coffee	Nicaragua	2006	Cuadra and Rydberg			4.1-8.5		1.77E+06
Integrated grain-fish-pig	Brazil	2006	Cavalet et al.,	1.44	2.28	3.13	0.46	9.48E+05
Grain subsystem	Brazil	2006	Cavalet et al.,	1.37	2.68	3.41	0.4	2.77E+05
Lupin wheat rotation with L&S	Australia	2003	Lefroy and Rydberg			5.5		1.17E+04
Tagasaste plantation with L&S	Australia	2003	Lefroy and Rydberg			0.7		1.28E+04
Alley cropping with L&S	Australia	2003	Lefroy and Rydberg			2.3		
Milking conventional organic	Sweden	2005	Brandt-Williams and Lagerberg	1.03	37.24	46.08	0.02	
Milking organic	Sweden	2005	Brandt-Williams and Lagerberg	1.1	9.66	10.73	0.1	
Greenhouse tomato	Sweden	1999	Lagerberg and Brown	1.0	480.00	9910	0.0001	7.01E+06 seJ/J
Greenhouse tomato	Sweden	1999	Lagerberg and Brown	1.07	13.50	14.1	0.08	5.36E+06 seJ/J
Field tomatoes	Florida	1999	Lagerberg and Brown	1.06	16.2	16.4	0.06	3.70E+05 seJ/J
National Crops, livestock and fishing	Cina	1998	Lan et al.,	0.75	4.93	2.8		
Soybean (Ecological)	Brazil	2003	Ortega et al.,	1.92	1.09	1.19		
Soybean (Organic)	Brazil	2003	Ortega et al.,	1.78	1.27	1.40		
Soybean (Chemical)	Brazil	2003	Ortega et al.,	1.74	1.35	3.4		
Soybean (Herbicide)	Brazil	2003	Ortega et al.,	1.31	3.25	3.7		
Agricultural Sector in Pampas (1900-1940)	Argentina	2006	Ferreyra	2.95		0.7	4.19	
Agricultural Sector in Pampas (1990-2000) Rainfed intensification	Argentina	2006	Ferreyra	2.99		2.27	1.32	
Agricultural Sector in Pampas (1990-2000) Irrigated intensification	Argentina	2006	Ferreyra	2.23		2.95	0.76	
Agricultural Sector in Pampas (1990-2000) No-tillage intensification	Argentina	2006	Ferreyra	2.78		1.48	1.87	

Capitolo 6. Strumenti per la valutazione della sostenibilità in agricoltura

6.1 L'analisi del ciclo di vita, LCA

L'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment)⁷² è una metodologia che permette di valutare gli impatti ambientali legati al ciclo di vita di un prodotto, processo o attività, tramite l'individuazione e la misurazione dei prelievi di materia ed energia nonché emissioni rilasciate nell'ambiente durante tutto il ciclo di vita del prodotto, dall'estrazione delle materie prime, alla produzione, distribuzione, uso, fine vita, eventuale riuso e riciclaggio, considerando e valutando anche le opportunità per diminuire gli impatti (SETAC, 1993) (Figura 6.1).

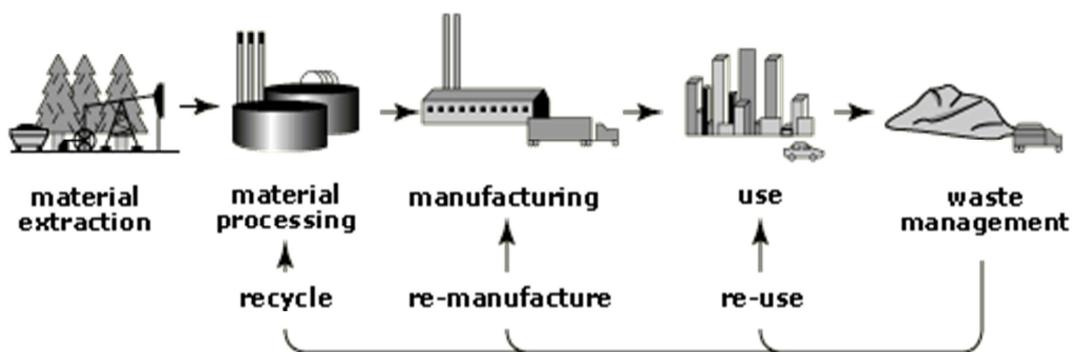


Figura 6.1 Descrizione delle diverse fasi del ciclo di vita di un prodotto.

L'analisi del ciclo di vita, nata intorno agli anni '60 del secolo scorso, ha visto nel corso del tempo espandere notevolmente il suo campo di applicazione originario, che riguardava l'analisi degli impatti ambientali dei sistemi di produzione industriale. Oggi l'analisi del ciclo di vita è applicata anche all'analisi degli impatti ambientali dei sistemi di produzione agricola (Fedele, 2010), l'analisi della gestione dei servizi pubblici (ad es. per definizione soluzioni più efficaci ed efficienti per il trattamento dei rifiuti) (Falconi, 2009) e nella programmazione delle politiche ambientali (EC, Joint Research Centre, 2012).

6.1.1 Fasi dell'analisi del ciclo di vita

La metodologia si applica⁷³ in quattro diverse fasi (Figura 6.2) i cui elementi essenziali e regole di procedimento sono definiti dalle norme UNI EN ISO 14040 (2006) e UNI EN ISO 14044 (2006).

⁷² <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcaifohub/introduction.vm#>

⁷³ <http://www.businessinternational.it/aree/videoDettaglio!detail.action?videoCode=24518&area=3>

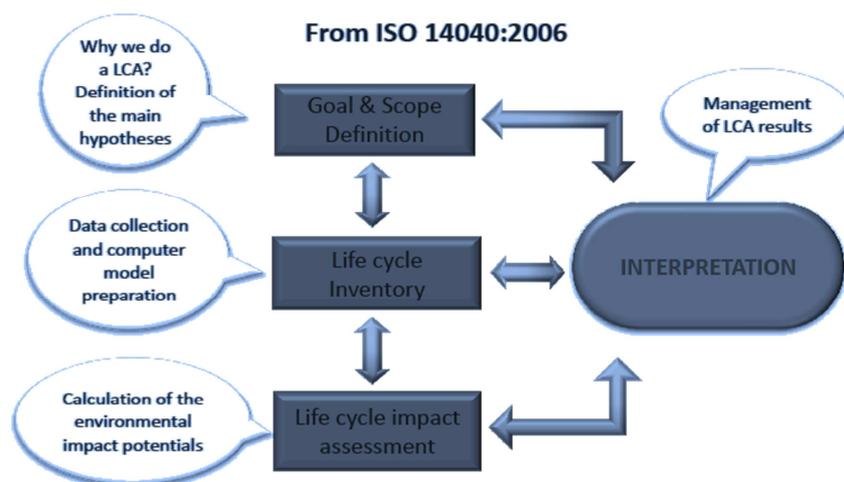


Figura 6.2. Rappresentazione delle diverse fasi in cui si svolge uno studio di analisi del ciclo di vita.

Fonte: Marino, 2010

1. **Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione:** In questa prima fase sono definiti:

- gli obiettivi e lo scopo dello studio⁷⁴;
- l'unità funzionale: è l'elemento, nell'analisi del ciclo di vita, cui sono riferiti i flussi di input e output. E' un'unità fondamentale poiché riflette le prestazioni funzionali del sistema analizzato e consente di confrontare i risultati da studi differenti e su sistemi differenti.
- i confini del sistema che si intende studiare: essi sono rappresentati dalle fasi del ciclo di vita, operazioni, processi che si sceglie di analizzare (confini fisici), dalle aree geografiche che si intende includere (confini geografici) e dalla periodo di tempo da utilizzare come riferimento per lo studio (confini temporali)
- i dati necessari e la loro qualità ai fini dell'affidabilità dello studio;
- eventuali assunzioni: queste ad es. possono riguardare la fonte da cui reperire i dati, i confini del sistema, i criteri di allocazione o elaborazione dei dati.

2. **Analisi dell'inventario:** E' la seconda fase ed anche la più complessa che riguarda la raccolta dei dati input (consumi di materiali ed energia, acqua, etc.) e output (emissioni in aria, acqua e suolo) che alimentano il sistema studiato. I dati sono l'aspetto centrale di questa fase che costituiranno a sua volta la base fondamentale per la valutazione degli impatti ambientali del ciclo di vita del prodotto o servizio. In funzione della tipologia di

⁷⁴ La norma 14040 indica che: gli obiettivi e gli scopi dello studio di una LCA devono essere definiti con chiarezza ed essere coerenti con l'applicazione prevista, nonché le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio

fonte, i dati dell'inventario si possono classificare in: *dati primari* se reperiti "sul campo" attraverso ad es. interviste dirette agli operatori delle varie unità produttive, *dati secondari* se ottenuti dalla letteratura esistente o da specifiche banche dati, *dati terziari* se ricavati attraverso stime o valori medi. Sono inoltre attuati in questa fase:

- il perfezionamento dei confini del sistema;
- l'esecuzione di calcoli;
- la validazione dei dati e la loro successiva messa in relazione al sistema specifico;
- l'attuazione delle operazioni di ripartizione degli input ed output nel caso questi ultimi siano parte di uno o più processi produttivi (allocazione);

3. **Valutazione degli impatti:** E' la terza fase che consente di determinare il contributo potenziale sull'ambiente e sulla salute generato dal prodotto o servizio nel suo ciclo di vita. Gli input e gli output rilevati nella fase di inventario vengono, assegnati a specifiche categorie d'impatto che riguardano effetti ambientali riconosciuti a livello internazionale come significativi (classificazione), così da poter quantificare, attraverso specifici metodi di caratterizzazione il contributo totale che il prodotto o servizio genera a ciascuno degli effetti ambientali considerati (**Tabella 6.1 e Figura 6.3**);

Tabella 6.1 Elenco delle principali categorie d'impatto (e rispettivi indicatori di riferimento per ogni categoria) analizzate negli studi di analisi del ciclo di vita.

Categorie di impatto	Indicatore
Uso di risorse non rinnovabili	Kg/anno
Uso di risorse rinnovabili	Kg/anno
Cambiamenti climatici (GWP100)	Kg CO ₂ equiv.
Acidificazione (AP)	Kg SO ₂ equiv.
Riduzione dello strato di ozono (ODP)	Kg CFC ₁₁ equiv.
Formazione di ossidanti fotochimici (POCP)	Kg C ₂ H ₄ equiv.
Eutrofizzazione (NP)	Kg PO ₄ equiv.
Ecotossicità (ECA)	m ³ /kg equiv.
Tossicità per l'uomo - aria (HCA)	Kg equiv.
Tossicità per l'uomo - acqua (HCW)	Kg equiv.
Rifiuti pericolosi	Kg _{rit. per.}
Rifiuti	kg _{rit.}
Uso di suolo	m ²
Rumore	Db



Figura 6.3 Rappresentazione concettuale della determinazione del profilo ambientale del prodotto analizzato in uno studio di analisi del ciclo di vita.

4. **Interpretazione:** E' la fase conclusiva, che attraverso l'osservazione dei risultati della precedente fase, ha lo scopo di suggerire i cambiamenti necessari, diretti a ridurre l'impatto ambientale complessivo del prodotto o servizio in esame.

6.1.2 Potenzialità e limiti dell'analisi del ciclo di vita

Diversi sono i benefici (di natura ambientale, economica, sociale) per l'organizzazione privata o pubblica che decide di utilizzare la LCA:

Miglioramento della competitività: svolgendo la LCA si ha una base scientifica attraverso la quale poter rivendicare la migliore qualità ambientale dei propri prodotti rispetto a quelli delle imprese concorrenti. I risultati della LCA possono essere, infatti, utilizzati per confrontare tra loro prodotti differenti aventi la stessa funzione;

Sviluppo e miglioramento dei prodotti: la LCA può essere di supporto alla progettazione sostenibile dei prodotti. Nella fase di progettazione e costruzione si determinano la maggior parte degli impatti ambientali futuri dei prodotti e attraverso la LCA è possibile intervenire per scegliere quelle opzioni progettuali più rispettose dell'ambiente e anche della salute umana. Materiali più pericolosi possono ad es. essere sostituiti da materiali meno nocivi.

Ottimizzazione dei processi: E' possibile attraverso la LCA individuare le aree aziendali in cui sono maggiori le possibilità di riduzione dei propri impatti. I vantaggi ambientali si traducono in una riduzione dell'uso delle risorse e quindi anche in una riduzione dei costi di produzione.⁷⁵

Strumento di marketing attraverso i sistemi di etichettatura ecologica: la LCA permette di accedere ai sistemi di etichettatura (quali ad es. l'Eco-label europeo⁷⁶, EPD⁷⁷, strumenti di

⁷⁵ Ulgiati S., *LCA, Basic concepts*, Slide delle lezioni del Corso di LCA.

⁷⁶ Vedere: <http://www.eco-label.com/italian/>

⁷⁷ Vedere: <http://www.environdec.com/pageId.asp>

marketing importanti sia nei rapporti con i consumatori (è ridotta l'asimmetria informativa che caratterizza il rapporto produttore-consumatore) e in genere in tutta la filiera (fornitori, produttori, distribuzione, associazioni, amministrazioni etc.).

Strumento di supporto ai processi decisionali o strategie di politica ambientale: a livello di pubblica amministrazione ne sono esempi lo sviluppo e l'ottimizzazione di sistemi di servizi (es. mobilità, turismo) e il supporto alle strategie di politica ambientale (es. rifiuti).

Strumento di accesso a progetti di ricerca: organizzazioni quali la UE richiedono a fianco di analisi di fattibilità tecnico-economica anche valutazioni della sostenibilità ambientale dei progetti attraverso un'analisi del ciclo di vita;⁷⁸

Supporto nei processi legislativi: fornisce una base informativa che integra la stesura delle proposte per le future leggi in materia ambientale;⁷⁹

Problemi ambientali: crea maggiore consapevolezza riguardante gli impatti delle attività antropiche nei confronti dell'ambiente naturale;

Nuovi scenari produttivi: orienta l'azione per meglio definire la sostenibilità delle attività umane: ad es. il concetto di rifiuto si sta evolvendo, essi possono essere anche una risorsa⁸⁰ e la LCA aiuta le aziende ad attivarsi rispetto al recupero di materiali, ipotizzando per questi nuovi scenari di utilizzo o valorizzazione.⁸¹

L'applicazione della LCA può presentare tuttavia dei limiti:

Sottovalutazione di alcuni impatti: applicare la LCA ai fini della comparabilità degli impatti ambientali tra prodotti o processi potrebbe trascurare determinati tipi di impatto in quanto il confronto ad es. tra due alternative presuppone comunque la scelta di una di esse. Quando si parla, tuttavia, d'impatti ambientali sarebbe necessario che tutti fossero ridotti e non solo l'alternativa scelta (ad. es. cosa potrebbe essere peggio: un prodotto che inquina l'aria consumando energia generata da un impianto a carbone oppure uno che distrugge gli ecosistemi consumando energia da un grande impianto idroelettrico? E' ovvio che entrambi i tipi di inquinamento andrebbero minimizzati⁸²);

Incremento dei costi e del margine di rischio: Lo svolgimento di una LCA comporta in certi casi costi elevati come nel caso di LCA di dettaglio che richiedono l'acquisizione di

⁷⁸ Falconi F., 2009, *Life Cycle Assessment*, Slide delle lezioni, Master in "Sviluppo Sostenibile e gestione dei sistemi ambientali", Università di Bologna.

⁷⁹ Op. cit.

⁸⁰ Per una panoramica sullo sviluppo dei distretti eco-industriali e le esperienze in Italia vedere: Tarantini M., et al., 2007, *Linee Guida per l'insediamento e la gestione di aree produttive sostenibili*, ENEA.

⁸¹ Federici M., *Le Metodologie di Analisi Termodinamica Applicata nell'Environmental Accounting*, Università di Siena, disponibile a: <http://www.chim.unisi.it/basosi/didattica/08.pdf>

⁸² Ulgiati S., *LCA, Basic concepts*, Slide delle lezioni del Corso di LCA.

notevoli quantità di dati di ogni fase del ciclo di vita, la conoscenza approfondita della metodologia LCA, gli strumenti informatici di supporto al suo svolgimento e le banche dati. Si stanno però diffondendo – e non sempre ciò va visto in maniera positiva - LCA semplificate che permettono una analisi semplificata del ciclo di vita dei prodotti più adeguata alle esigenze di coloro che non possiedono tutte le competenze e le risorse necessarie per realizzare uno studio dettagliato.⁸³

Remunerabilità nel lungo periodo: i benefici associati alla LCA possono prodursi lontano nel tempo;

Scarsa sensibilità verso i temi ambientali: Non sempre tali temi sono percepiti come benefici per l'azienda ma come costi aggiuntivi. La decisione di utilizzare la LCA presuppone anche una maturazione etica all'interno dell'organizzazione, tesa a ridefinire secondo i canoni dello sviluppo sostenibile il rapporto con l'ambiente naturale e più in generale con il proprio ambiente di riferimento (consumatori, lavoratori, fornitori etc.);

Disponibilità e qualità di dati primari e da banche dati commerciali: sono presenti incertezze associate ai dati e risultati. La ragione di questo fatto risiede nelle politiche di segretezza dei dati sensibili da parte delle industrie. A volte i dati non vengono resi disponibili per tutelare la competitività del prodotto, altre volte si teme di danneggiare l'immagine del prodotto stesso rivelandone aspetti ambientali che potrebbero suscitare reazioni negative nell'opinione pubblica, altre volte semplicemente i dati vengono resi disponibili solo a pagamento. Non sempre la qualità di questi dati è soddisfacente: a volte si tratta di dati incompleti, a volte sono dati basati su un solo caso sperimentale, altre volte, infine, si tratta di dati poco aggiornati.

Staticità della modellizzazione del sistema analizzato: ossia non sempre è prevista l'evoluzione temporale del sistema, e l'eventuale cambiamento delle sue prestazioni. Ciò vale soprattutto nel caso dei settori industriali, dove l'evoluzione tecnologica è molto veloce e rende i dati obsoleti nel giro di pochi anni.

Mancanza del requisito di univocità dei dati: Capita frequentemente che i dati non siano confrontabili a causa delle diverse procedure con cui sono stati ottenuti (database primario e metodi di calcolo), della diversa qualità che li caratterizza, del diverso arco temporale cui si riferiscono e della diversa metodica di valutazione adottata (ad esempio: valutazione

⁸³ [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Mercato_verde/Life_Cycle_Assessment_\(LCA\)/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Mercato_verde/Life_Cycle_Assessment_(LCA)/)

Inoltre poiché di fondamentale importanza per la buona riuscita di uno studio di LCA è la disponibilità di dati attendibili, in campo internazionale ed europeo si sta cercando di favorire l'accessibilità, la disponibilità e lo scambio gratuito e libero di dati LCA attraverso lo sviluppo di Banche Dati pubbliche, protette, compatibili, trasparenti ed accreditate.

dell'efficienza energetica mediante analisi energetica e analisi exergetica; oppure, valutazione degli impatti mediante CML2000 oppure Eco-Indicator 99). Spesso tali metodiche rispondono a diverse filosofie di interpretazione e pertanto non consentono un confronto tra due casi studio simili, ma analizzati con metodi diversi.

Scarsa integrazione dei tre aspetti ambientali, economici e sociali: le analisi del ciclo di vita ambientale pubblicate in letteratura scientifica quasi mai includono aspetti economici e sociali, a causa della mancanza di competenze interdisciplinari nel team che ha svolto lo studio. Ci si trova spesso di fronte a pubblicazioni che trattano solo gli aspetti ambientali oppure solo gli aspetti socio-economici, ignorandosi reciprocamente (Ghisellini, 2011).

6.2 L'approccio "SUMMA" per l'analisi della sostenibilità

SUMMA è l'acronimo di Sustainability Multimethod Multiscale Assessment (Ulgiati *et al.*, 2006), che tradotto in italiano significa valutazione della sostenibilità con diversi metodi e scale d'indagine. E' stata introdotta, come procedura di integrazione e non come un nuovo metodo indipendente, nel panorama delle metodologie per la valutazione della sostenibilità ambientale ed energetica. La metodologia SUMMA si differenzia dall'analisi del ciclo di vita tradizionale per alcuni aspetti, pur mantenendo la sua conformità alle norme ISO 14040/14044⁸⁴ e ILCD⁸⁵ che regolamentano l'analisi del ciclo di vita. Quest'ultima nonostante sia una metodologia standardizzata⁸⁶ è ancora terreno di ricerca nella fase di analisi degli impatti. C'è, infatti, la necessità di ampliare tale fase ad ulteriori tipologie di impatto (economiche e sociali), nonché a scale spaziali maggiori (non più solo sistema di prodotto) e che tengano conto anche del fattore temporale⁸⁷ (LCA dinamica) (Guinee, 2012). Il decennio attuale (2010-2020) di ricerca in ambito LCA è dedicato al raggiungimento di un'analisi completa di sostenibilità, la cosiddetta Life Cycle Sustainability (concetto

⁸⁴ ISO 14040/14044, International Standard. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006. www.iso.org.

⁸⁵ Joint Research Centre, European Commission, "ILCD Handbook: General Guidance for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance". <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>

⁸⁶ Le norme ISO non hanno mai mirato a raggiungere un elevato grado di standardizzazione della LCA. Sono presenti infatti dubbi interpretativi relativi alle norme ISO e diversi approcci sono stati sviluppati nell'ambito del quadro generale definito dalle norme ISO (Guinee *et al.*, 2011).

⁸⁷ Nella LCA attuale non sempre è prevista l'evoluzione temporale del sistema, e l'eventuale cambiamento delle sue prestazioni. Ciò vale soprattutto nel caso dei settori industriali, dove l'evoluzione tecnologica è molto veloce e rende i dati obsoleti nel giro di pochi anni.

primariamente adottato da Kloffer and Renner, 2008). Quest'ultima è un punto di arrivo obbligato se si vuole fornire uno strumento di ausilio a livello decisionale sia per le politiche pubbliche sia per quelle aziendali in accordo al concetto di sviluppo sostenibile.

L'obiettivo di sviluppare un'analisi di sostenibilità del ciclo di vita di tipo integrato, tuttavia, non è certo facile e attualmente ai benefici dello sviluppo di vari tentativi, sono associati anche problemi di incoerenza con l'analisi del ciclo di vita ambientale, per quanto riguarda ad es. i confini del sistema, le scale temporali, le procedure di calcolo, etc. (Guinee *et al.*, 2011, 2012).

L'approccio SUMMA cerca di contribuire al miglioramento della ricerca in quest'ambito espandendo:

- La scala dell'analisi (Fase 1 della LCA) che può essere un sistema di prodotto, processo, ma anche ad es. la produzione di un intero sistema agricolo regionale, nazionale e internazionale;
- La tipologia di flussi input nell'inventario (Fase 2 della LCA) che prevede l'inclusione anche dei flussi di input rinnovabili oltre agli input non rinnovabili generalmente considerati nell'inventario della LCA tradizionale;

L'analisi degli impatti (Multicriteria Assessment) che include ed integra un insieme di categorie di impatto *downstream* (selezione di impatti ambientali: Global Warming Potential, Human Toxicity, Photochemical Oxidation, Acidification, Eutrophication) ed *upstream* (esaurimento delle risorse energetiche e materiali, e impronta ambientale/emergia); quest'ultima (analisi emergetica) calcola l'impatto in termini di domanda di supporto ambientale insita nella formazione delle risorse e la fornitura dei servizi ambientali al sistema analizzato, attraverso il lavoro svolto dall'ecosistema. Ogni flusso di risorse materiali ed energetiche che supportano il sistema analizzato, è stato, infatti, generato (e trasformato) in un periodo più o meno lungo, in parte dalla natura e in parte dagli uomini. Questa scala temporale si riflette in una maggiore o minore quantità di servizi ambientali diretti o indiretti necessari e quindi in un maggiore o minore valore per una data risorsa o servizio. Non sempre questo valore viene incluso interamente nelle valutazioni economiche (esternalità) pregiudicando la corretta valutazione delle diverse tipologie di risorse e servizi. A questo riguardo, anche la Commissione Europea ha evidenziato l'importanza dell'analisi emergetica per una panoramica più completa degli impatti rispetto alla sola analisi del ciclo di vita o altre forme di analisi (European

Commission, 2011)⁸⁸. Le categorie d'impatto *upstream* and *downstream* sono l'oggetto di valutazione di diverse metodologie: Analisi energetica (Franzese et al., 2009), Analisi dei flussi materiali, (Bargigli, 2004), Analisi energetica (Odum, 1996), Contabilità delle emissioni (CML 2001) sviluppate nel corso del tempo in seguito all'emergere dei problemi ambientali di sfruttamento delle risorse materiali ed energetiche e inquinamento delle diverse matrici aria, acqua e suolo. E' evidente che raggruppandole in un unico quadro concettuale come quello dell'analisi del ciclo di vita la finestra d'indagine di quest'ultima può essere ampliata notevolmente e può rispondere alle esigenze della pianificazione sostenibile. Di seguito sono descritte le caratteristiche principali dei diversi metodi di analisi integrati nel quadro applicativo dell'approccio "SUMMA".

6.2.1 L'analisi energetica

L'analisi energetica valuta l'energia di fonte fossile complessivamente richiesta (espressa in unità di petrolio equivalente) da parte di un determinato processo o sistema. Essa misura sia i flussi di energia diretta sia quelli di energia indiretta indispensabili affinché i flussi di energia diretta possano essere usufruiti dall'utente finale. L'analisi energetica ha come principale obiettivo la valutazione dell'efficienza energetica del sistema analizzato in accordo con la prima legge della termodinamica. Nell'analisi energetica tutti i materiali e l'energia in ingresso nel sistema analizzato sono moltiplicati per appropriati fattori di petrolio equivalente (g/unità). Il fabbisogno di energia complessiva di un sistema è quindi calcolato come somma dei fabbisogni individuali equivalenti di petrolio dei materiali ed energia in ingresso al sistema. L'indicatore che misura il flusso complessivo di energia (diretta e indiretta) richiesta dal sistema è il cosiddetto "Gross Energy Requirement", (nello nostro studio indicato con Cumulative energy demand or cumulative energy, **Tabella 6.2**) che esprime il fabbisogno di energia commerciale del sistema analizzato in termini di Joule di petrolio equivalenti.

La quantificazione dell'energia complessiva richiesta dal processo permette di stimare la quantità totale di energia primaria investita e, quindi, l'entità dello sfruttamento delle risorse energetiche non rinnovabili causate dal processo o dal sistema. Se la valutazione ha per oggetto la conversione di energia in un processo (ad es. conversione di petrolio in elettricità oppure conversione dell'energia eolica in elettricità), il confronto tra l'energia generata (Output) e l'energia investita (Input) fornisce una misura di efficienza del processo o sistema.

⁸⁸ European Commission, Environment, Ricorso all'analisi energetica per misurare la sostenibilità di un eco-villaggio, disponibile a: http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/eu/243_it.htm

Più elevato è il valore del rapporto tanto più elevato è il beneficio ottenuto dall'energia investita nel processo.⁸⁹ Altri indicatori che misurano l'efficienza energetica di un processo o sistema che possono essere ottenuti con l'analisi energetica e che sono stati calcolati nel nostro studio sono riportati nella **Tabella 6.2**.

Tabella 6.2. Indicatori calcolati con l'analisi energetica nei nostri casi studio. I fattori d'intensità energetica sono riportati nell'Appendice 6.

Indicatori	Unità di misura	Definizione
Cumulative energy demand or Cumulative energy	J/year	Energia diretta ed indiretta consumata in un anno nel sistema agricolo
Energy Intensity per € of economic value	J/\$ or J/€	Energia diretta ed indiretta per unità di valore monetario del Valore lordo della produzione agricola, GPV (Gross Production Value)
Energy Intensity per g of dry matter	J/g d.m.	Energia diretta ed indiretta per unità di massa in peso secco delle produzioni agricole
Energy Intensity per Joule of product	J/J	Energia diretta ed indiretta per unità di contenuto energetico delle produzioni agricole
Energy intensity per hectare E.R.	J/ha	Energia diretta ed indiretta per ettaro di superficie agricola dedicata all'alimentazione umana o animale
Energy supply to consumer (crops and livestock)		Energia diretta ed indiretta per unità di contenuto energetico di produzioni agricole o animali fornita al consumatore

6.2.2 L'analisi dei flussi di materiali

La quantificazione degli input e output in base al loro valore di massa è il concetto chiave di questo tipo di contabilità. Devono essere valutati i flussi di input materiali in ingresso, nel processo produttivo (ovvero solo gli input diretti, utilizzati nella scala locale del processo produttivo) ma anche i flussi in uscita, cercando di espandere il più possibile l'analisi in modo da includere prodotti, co-prodotti ed emissioni.⁹⁰ Man mano che si amplia la scala d'indagine dello studio (dalla scala locale del processo alla scala globale ovvero a monte della scala locale) per valutare gli impatti associati alla produzione degli input materiali diretti, ci si

⁸⁹ Ulgiati S., Ascione M., Bargigli S., Cherubini F., Federici M., Franzese P. P., Raugeri M., Viglia S., Zucaro A., Multi-2009, *Method and multi-scale analysis of energy and resource conversion and use*,

⁹⁰ La MFA considera gli input in ingresso (tutti) e non quelli in uscita. In uscita, considera solo i prodotti. Più flussi servono in ingresso, maggiore è il sospetto di inquinamento (principio di precauzione: più minerali, più miniere, più inquinamento): il compito di considerare i flussi in uscita nel loro effettivo valore di impatto spetta alla LCA, che è una costola della MFA, cresciuta più della metodica di origine.

rende conto che ogni flusso di input materiale ha alle spalle un processo di estrazione e trasformazione eseguito in altre aree geografiche. In alcuni casi grandissime quantità di roccia devono essere estratte per unità di metallo o di prodotto (ad es. per l'oro, i diamanti, l'uranio per la generazione di elettricità nucleare, etc.). E' evidente che questi prelievi di materia generano modificazioni rilevanti negli ambienti naturali dove sono estratti e di un'entità tale da rendere impossibile un eventuale ripristino alla situazione originaria. La stabilità di questi ambienti, una volta interrotta dalle estrazioni di materiali, è, infatti, perduta e i diversi composti chimici diventano solubili con l'acqua piovana e possono influenzare l'ambiente in modi imprevedibili.

La contabilità dei flussi materiali totali: diretti ed indiretti coinvolti nel processo analizzato, è stata pertanto suggerita, come un indicatore, che misura il danno ambientale arrecato dal processo stesso al depauperamento dell' ambiente naturale e delle sue risorse. All'interno degli Indicatori che misurano l'entità di questo danno rientrano gli indicatori di Intensità Materiale: MIPP (Material Intensity Per unit of Product, che misura la quantità di materiali diretti e indiretti per unità di prodotto) e MIPS (Material Intensity Per unit of Service, che misura la quantità di materiali diretti ed indiretti per unità di servizio). Questi due indicatori, misurano gli impatti materiali diretti ed indiretti generati a diverse categorie di risorse naturali: materiali abiotici⁹¹, biotici⁹², acqua⁹³, aria⁹⁴ ed erosione del suolo⁹⁵. Altri indicatori sono MAIA (Material Intensity Analysis) che valuta il danno ambientale associato al prelievo o al trasferimento di flussi materiali dal loro naturale ecosistema.

Gli indicatori d'intensità materiale per unità di prodotto o servizio, MIPP e MIPS sono utilizzati per calcolare il cosiddetto *zaino ecologico* di un prodotto (**Figura 6.4**). Lo zaino ecologico è calcolato considerando l'intero ciclo di vita del prodotto e si ottiene sommando tutti gli input di materiali che è stato necessario movimentare, estrarre, utilizzare e trasformare per la produzione di una unità di prodotto o per fornire un servizio. Nel caso della bottiglia di plastica ad es. lo zaino ecologico della bottiglia si riduce se per la sua fabbricazione si usano

⁹¹ Sono inclusi all'interno del materiale abiotico i minerali estratti, la terra di scavo, i materiali e i combustibili usati.

⁹² Sono inclusi prodotti agricoli e da selvicoltura, biomasse spostate anche se non usate ad es. in previsione di operazioni minerarie.

⁹³ Sono comprese ogni alterazione dell'ecosistema dovuta alla deviazione di acqua dal suo naturale bacino di scorrimento ad es. acqua di raffreddamento delle centrali elettriche, acqua prelevata per le irrigazioni, falde acquifere danneggiate da uno scavo, etc.

⁹⁴ E' inclusa tutta l'aria che ha subito una trasformazione di stato fisico (condensazione...) o chimico (reazione chimica) ad es. a seguito di una combustione di ossigeno e formazione di biossido di carbonio, frazioni di azoto atmosferico che reagiscono danno vita a ossidi di azoto.

⁹⁵ Si fa riferimento alla perdita di suolo fertile ad opera di attività umane di ogni tipo: agricoltura, estrazione di minerali, edilizia, etc..

materiali di plastica riciclata. Gli indicatori relativi ai flussi materiali complessivi (diretti ed indiretti), di materia abiotica e risorse idriche, che alimentano il sistema agricolo e le intensità materiali dirette ed indirette per unità di prodotto (MIPP) calcolati nei casi studio dei capitoli 7 e 8 sono riportati nella **Tabella 6.3**. Nei capitoli 7 e 8 tuttavia, nell'analisi dei risultati, sono analizzati solo gli indicatori relativi ai flussi complessivi.



Figura 6.4 Zaino ecologico della confezione di una bottiglia di plastica. Fonte: Gestione corretta dei rifiuti.⁹⁶

Tabella 6.3. Indicatori calcolati con l'analisi dei flussi materiali nei nostri casi studio. I fattori d'intensità materiale usati sono riportati nell'Appendice 6.

Indicatori	Unità di misura	Definizione
Cumulative abiotic resource depletion	g/year	Materiali diretti ed indiretti impiegate in un anno nel sistema agricolo
Cumulative water demand	g/year	Risorse idriche dirette ed indirette impiegate in un anno nel sistema agricolo
Abiotic Intensity per economic value	J/\$ or J/€	Materiali abiotici diretti ed indiretti per unità di valore monetario del Valore lordo della produzione agricola, GPV (Gross Production Value)
Abiotic Intensity per g of dry matter	J/g d.m.	Materiali abiotici diretti ed indiretti per unità di massa in peso secco delle produzioni agricole
Abiotic Intensity per Joule	J/J	Materiali abiotici diretti ed indiretti per unità di contenuto energetico delle produzioni agricole
Abiotic intensity per hectare	J/ha	Materiali abiotici diretti ed indiretti per ettaro di superficie agricola dedicata all'alimentazione umana o animale
Water Intensity per economic value	J/\$ or J/€	Risorse idriche dirette ed indirette per unità di valore monetario del Valore lordo della produzione agricola, GPV (Gross Production Value)
Water Intensity per g of dry matter	J/g d.m.	Risorse idriche dirette ed indirette per unità di massa in peso secco delle produzioni agricole
Water Intensity per Joule	J/J	Risorse idriche dirette ed indirette per unità di contenuto energetico delle produzioni agricole

⁹⁶ <http://gestionecorrettarifiuti.blogspot.it/2011/04/lo-zaino-ecologico-quanto-pesa-la.html>

Water intensity per hectare	J/ha	Risorse idriche dirette ed indirette per ettaro di superficie agricola dedicata all'alimentazione umana o animale
-----------------------------	------	---

6.2.3 L'analisi emergetica

L'*emergia*. è definita come “la quantità totale di energia libera (exergia⁹⁷) espressa attraverso una sola tipologia (di solito solare) che direttamente e indirettamente è richiesta per produrre un dato bene oppure per alimentare un dato flusso produttivo”. Il concetto fondamentale dell'analisi emergetica è che il valore di un prodotto dipende da ciò che è stato speso per produrlo e quindi da tutta le serie di input e servizi richiesti a monte della fase di produzione. Il tutto avviene nell'ambito della selezione naturale ed economica: se qualcosa richiede troppe risorse rispetto al beneficio che genera per l'intero network, la sua produzione viene eliminata (in tempi lunghi dalla natura, in tempi più brevi dall'economia).

La contabilità dell'emergia si concentra sulla prestazione ambientale di un processo o sistema adottando una dimensione geografica globale di analisi. Essa tiene conto di tutti gli input liberi come la radiazione solare, il vento, la pioggia e del supporto ambientale indirettamente incluso nel lavoro umano e nei servizi, che di solito non sono considerati nelle analisi energetiche. La contabilità energetica, in sintesi, compie un percorso valutativo all'indietro, cercando di includere i servizi ambientali necessari per la formazione delle risorse. La quantità di input di emergia utilizzata per unità di exergia in output è chiamata *solar trasformity*. Quest'ultima può essere considerata un fattore di qualità che misura l'intensità di supporto della biosfera al prodotto oggetto di analisi. L'emergia solare totale di un dato prodotto può essere calcolata come: (emergia solare) = (exergia del prodotto) * (solar trasformity). L'emergia solare è di solito misurata in solar equivalent joules (seJ), mentre l'unità per la solar trasformity è solar equivalent joules per joule di prodotto (seJ/J).

Nell'analisi emergetica sono utilizzati anche altri indicatori per descrivere l'impatto ambientale generato da un prodotto o processo (ovvero la sua impronta ambientale) quali ad es.: l'emergia per unità di massa di un prodotto oppure l'emergia per unità di prodotto economico (seJ/g, seJ/\$, etc.). In questo modo tutti i tipi di flussi che alimentano il prodotto o

⁹⁷ L'energia è tanto più pregiata quanto maggiore è la sua capacità di essere convertita in lavoro. L'energia elettrica è infatti molto preziosa perché può essere utilizzata per svolgere molte delle azioni della vita quotidiana. L'energia è costituita da due elementi: 1. exergia che è la frazione dell'energia totale che è possibile convertire in lavoro elettrico o meccanico, 2. Anergia che è la frazione dell'energia totale che si disperde nel processo di trasformazione di un tipo di energia ad un altro e non può essere convertita in lavoro elettrico o meccanico ma solo in calore mediante processi di combustione.
<http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/spinosa130199/spinosa130199.htm>

processo analizzato sono espressi nella stessa unità (seJ di energia solare) e hanno un fattore di qualità che considera la conversione dei flussi di input all'interno della gerarchia della biosfera. L'energia specifica per unità funzionale (ad es. seJ/g, seJ/\$, etc.) oppure la *transformity* (seJ/Joule) di un sistema di prodotto è calcolata come somma dell'energia totale incorporata negli input del sistema, divisa per la massa oppure per l'exergia dell'output. Essa esprime il fabbisogno unitario di energia totale per unità funzionale e offre un'indicazione del consumo unitario di servizi ambientali da parte del prodotto o processo analizzato. I valori delle transformities (ad es. per l'elettricità, il gasolio agricolo, le macchine agricole, i fertilizzanti, etc.) sono disponibili nella letteratura scientifica e permettono la valutazione di altri processi naturali ed economici a partire dal calcolo delle stesse tipologie di flussi di input, dei flussi intermedi e dei prodotti finali, in unità di energia. Sono stati calcolati inoltre un insieme d'indicatori che possono essere utilizzati nell'ambito della pianificazione delle politiche e nella gestione delle risorse, per valutare più a fondo le prestazioni del sistema e delle sue dinamiche (Ulgiati et al., 1995; Ulgiati and Brown, 1998; Brown and Ulgiati, 1999). Tali indicatori ampliano il processo di valutazione del sistema alla scala spazio/temporale della biosfera (**Figura 6.5**). Gli indicatori energetici calcolati nei casi studio del capitolo 7 e 8 sono riportati nella **Tabella 6.4**. L'approccio dell'analisi energetica, valutando i processi produttivi e di consumo di un sistema secondo le dinamiche globali della biosfera, si rivela uno strumento di particolare utilità per cercare di adattare i processi umani alle oscillazioni e ai tassi di variazione dei processi naturali, ossia per orientare le politiche verso uno sviluppo più sostenibile. I risultati di questa metodologia sono destinati principalmente a livello di pubbliche amministrazioni poiché entrano in gioco anche aspetti legati alle esternalità e ai beni pubblici. Poiché le politiche e programmi europei incoraggiano un ruolo sempre più attivo dei vari attori economici nel ciclo di vita dei prodotti, risulta importante la conoscenza e la diffusione di questa metodologia. E' necessario realizzare un ponte tra ricerca in ambito energetico e i vari attori economici affinché i benefici di questa metodologia possano essere meglio compresi e apprezzati. Le procedure dei software commerciali di LCA non includono il metodo dell'energia fra gli strumenti disponibili; invece tale metodologia è inclusa nell'approccio "SUMMA" di cui si è parlato all'inizio di questo paragrafo 6.3. L'energia (intesa come misura della domanda di supporto ambientale di un processo) dovrebbe invece essere sempre più inclusa fra gli strumenti classici di valutazione (come ad es. la LCA) così da ampliare il focus di valutazione delle categorie d'impatto, e quindi fornire una misura globale dei costi ambientali nella dimensione della biosfera. Esiste una serie di gruppi in diversi centri di ricerca nel mondo che stanno lavorando per l'inclusione dell'analisi

emergetica nel software LCA (Università di Napoli, Università della Florida-Gainesville, Centro di Ricerca Tudor-Lussemburgo, Università Normale di Pechino, Università Paulista-San Paolo, Brasile, EPA-Environmental Protection Agency-USA) (Rugani e Benetto, 2011).

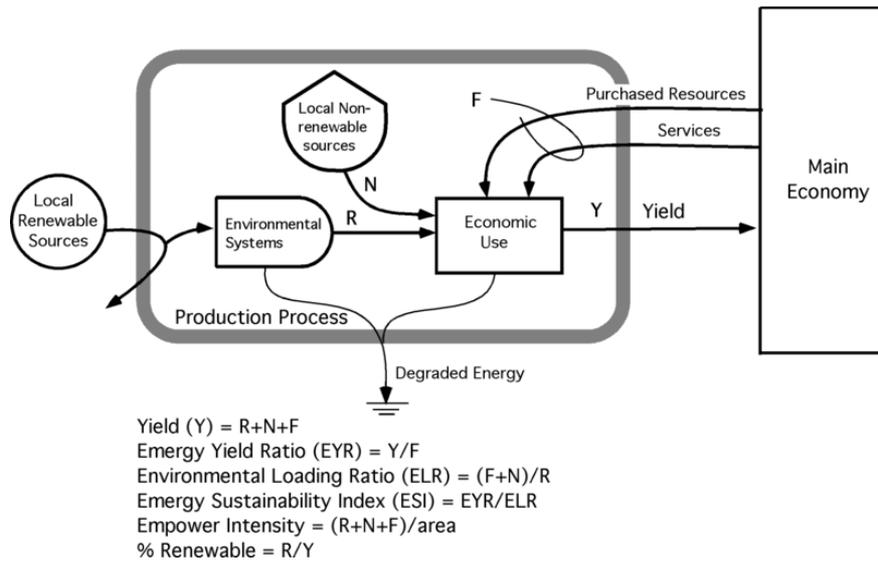


Figura 6.5. Descrizione delle principali relazioni tra un generico sistema analizzato, il sistema economico e l'ambiente naturale. Sono descritti i principali flussi di risorse rinnovabili (R) e non rinnovabili (N) locali e risorse acquistate dall'esterno (sistema economico) (F) del sistema analizzato che permettono di produrre i beni finali (Yield) in uscita dal sistema e diretti verso il sistema economico. Sono descritti inoltre i principali indicatori dell'analisi emergetica che esprimono il supporto ambientale richiesto dal sistema analizzato.

Generic resource flow (money flow, dotted line)	Primary production process (photosynthesis)
Flow-limited matter or energy input	Interaction among flows with different quality
Generic process box	Storage of resources or assets
Generic consumer	Economic transaction (resources versus money)

Figura 6.6. Elenco dei simboli utilizzati nell'elaborazione dei diagrammi dell'analisi emergetica (Odum, 1996).

Tabella 6.4. Indicatori calcolati con l'analisi energetica nei nostri casi studio. I fattori d'intensità energetica sono riportati nell'Appendice 6.

Indicatori	Unità di misura	Definizione
Renewable inputs, R (without double counting)	seJ/yr	Flussi di energia rinnovabili locali impiegati nel sistema agricolo senza l'energia di lavoro e servizi
Renewable inputs, R (without double counting, including Ren. Fraction of L.&S.)	seJ/yr	Flussi di energia rinnovabili locali impiegati nel sistema agricolo con la frazione di energia rinnovabile di lavoro e i servizi
Locally nonrenewable inputs, N	seJ/yr	Flussi di energia non rinnovabili locali impiegati nel sistema agricolo
Purchased inputs to agricultural system, F (without L&S)	seJ/yr	Flussi di energia di risorse prodotte all'esterno del sistema agricolo
Direct Labor, L, non- renewable fraction	seJ/yr	Flussi di energia non rinnovabile associati al lavoro
Services, S, non-renewable fraction	seJ/yr	Flussi di energia rinnovabile associati ai servizi
Total energy inputs to agricultural system, U= (R+N+F+L+S)	seJ/yr	Flussi complessivi di energia annuale a supporto del sistema agricolo con i flussi di energia del lavoro e servizi
Total energy inputs to agricultural system, U*=(R+N+F)	seJ/yr	Flussi complessivi di energia annuale a supporto del sistema agricolo senza i flussi di energia del lavoro e servizi
Specific Energy per economic value	seJ/\$	Intensità energetica per unità di valore economico, GPV
Specific Energy per unit of dry matter	seJ/g dry matter	Intensità energetica per unità di massa in peso secco di produzioni agricole
Specific Energy per Joule	seJ/J	Intensità energetica per unità di contenuto energetico di produzioni agricole
Specific Energy per ha	seJ/ha	Intensità energetica per unità di superficie coltivata dedicata all'alimentazione animale o umana
$EYR = U/(F+L+S)$		Rapporto di rendimento energetico
$EIR = 1/(EYR-1)$		Rapporto di investimento energetico
$ELR = (N+F+L+S)/(R)$		Rapporto di impatto ambientale
$\%REN = 1/(1+ELR)$		Frazione di energia rinnovabile rispetto all'energia totale (U o U*)
$ESI = EYR/ELR$		Indice di sostenibilità energetica

Nota: Il Lavoro (L) (Direct Labor) indica il lavoro diretto in termini di ore di lavoro convertite in unità energetiche, applicate nei processi di produzione del sistema agricolo.

I Servizi (S) rappresentano nell'analisi energetica il lavoro indiretto applicato nei processi a monte del sistema agricolo o altro sistema analizzato, per produrre i beni all'esterno del sistema agricolo e acquistati da quest'ultimo. In genere i servizi sono quantificati in termini di costi economici di lavoro indiretto e convertiti in unità energetiche così da ottenere i flussi complessivi (es. annuali) di energia associata ai servizi richiesti dal sistema agricolo o altro sistema.

6.2.4 Contabilità delle emissioni

Le emissioni in aria e acqua e suolo sono un aspetto importante nella valutazione degli impatti di un processo. Le emissioni possono essere misurate direttamente oppure stimate indirettamente facendo riferimento ai database esistenti oppure ai parametri stechiometrici.

Il contributo potenziale del sistema analizzato a ogni categoria d'impatto (riscaldamento globale potenziale, acidificazione potenziale, eutrofizzazione potenziale, ecotossicità in acqua, assottigliamento della fascia di ozono stratosferico, formazione di smog fotochimico, etc.) è calcolato in termini quantitativi (utilizzando i metodi di analisi degli impatti) moltiplicando i flussi delle diverse sostanze emesse dal sistema analizzato per i rispettivi fattori d'impatto equivalente o fattori di caratterizzazione associati alle diverse sostanze emesse. I fattori di caratterizzazione⁹⁸ sono disponibili in database di Agenzie nazionali e internazionali preposte alla tutela dell'ambiente come ad es. l'IPPC (Intergovernmental Panel of Climate Change),⁹⁹ l'Agenzia di Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti. A livello europeo è stato creato il database sulle emissioni, CORINAIR, che contiene i fattori di emissione che si riferiscono a determinate sostanze emesse nell'atmosfera da diverse tipologie di processi produttivi e di conversione energetica a livello industriale e domestica. In "SUMMA" e quindi nei nostri caso studio è utilizzato il metodo di analisi degli impatti sviluppato dall'Istituto di Scienze Ambientali dell'Università di Leiden (CML, 2001 Baseline).

⁹⁸ Nel fattore di caratterizzazione si concentrano le informazioni che consentono di passare direttamente dalla quantità di sostanze emesse al danno ambientale da esse prodotto. Falconi, 2009.

⁹⁹ <http://www.ipcc.ch/>

Appendice 6

Tabella 1. Fattori d'intensità materiali (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole vegetali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8.

Material Intensity factors per unit of product					
Item	abiotic	water	air	unit	Reference
Nonrenewable Input (locally available)					
Top soil (erosion, wheathering)	0.76	0.20		g/g	[Odum 1996, Enviromental accounting]
Imported Input					
Agricultural Gasoline	1.36	9.70	3.22	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
Agricultural Diesel	1.36	9.70	3.22	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
Electricity	4.78E-04	9.04E-03	1.22E-04	g/J	[Wuppertal Institut, 2009]
Water for irrigation		1.00			[by definition.]
Fertilizers					
Nitrogen (N)	24.98	124.28	7.73	g/g	[Average, wuppertal Institut, 2009]
Phosphate (P2O5)	8.56	59.52	3.94	g/g	[Average, wuppertal Institut, 2009]
Potassium (K2O)	18.87	17.67	0.12	g/g	[Average, wuppertal Institut, 2009]
Fungicides	2.34		12.69		[Our calculation from energy intensity data]
Insecticides and Acaricides	2.27		12.01		[Our calculation from energy intensity data]
Herbicides	3.17		20.62		[Our calculation from energy intensity data]
Agricultural machinery					
<i>steel and iron</i>	6.02	11.41	1.88	g/g	[Bargigli, 2002]
<i>aluminium</i>	10.27	30.39	58.47	g/g	[Bargigli, 2002]
<i>rubber and plastic material</i>	5.70	146.00	1.65	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
<i>copper</i>	179.07	236.39	1.16	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
					[Wuppertal Institut, 2009]
Seeds	0.76	3.25	0.3	g/g	[Fahd, 2011]

I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 6 sono riportati nella bibliografia.

Tabella 2. Fattori d'intensità materiali (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole animali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8.

Material Intensity factors per unit of product					
Item	abiotic	water	air	unit	Reference
Nonrenewable Input (locally available)					
Top soil (erosion, wheathering)	0.76	0.20		g/g	[Odum 1996, Enviromental accounting]
Imported Input					
Agricultural Gasoline	1.36	9.70	3.22	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
Agricultural Diesel	1.36	9.70	3.22	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
Electricity	4.78E-04	9.04E-03	1.22E-04	g/J	[Wuppertal Institut, 2009]
Water		1.00			[by definition.]
Agricultural machinery					
<i>steel and iron</i>	6.02	11.41	1.88	g/g	[Bargigli, 2002]
<i>aluminium</i>	10.27	30.39	58.47	g/g	[Bargigli, 2002]
<i>rubber and plastic material</i>	5.70	146.00	1.65	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
<i>copper</i>	179.07	236.39	1.16	g/g	[Wuppertal Institut, 2009]
Animal bedding	0.15	46.95	0.06	g/g	[File Crops, This study, 2013]
Animal feed non ren fraction	0.30	91.93	0.13	g/g	[File Crops, This study 2013]

Note: I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 6 sono riportati nella bibliografia.

Tabella 3. Fattori d'intensità energetica (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole vegetali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8

Energy intensities measured as Oil equivalents			
Item	Value	unit	Reference
Imported Input			
Agricultural Gasoline	1.32	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Agricultural Diesel	1.23	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Electricity	9.95E-05	g _{oil} /J	[Our calculation from file: "Energy cost of fuel"]
Water for irrigation	1.31E-04	g _{oil} /g	[Our calculation from energy costs of common materials]
Fertilizers			
Nitrogen (N)	1.75	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Phosphate (P2O5)	0.32	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Potassium (K2O)	0.22	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Fungicides	1.34	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Insecticides and Acaricides	1.27	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Herbicides	2.17	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Agricultural machinery			
<i>steel and iron</i>	0.91	g _{oil} /g	[Bargigli, 2002]
<i>aluminium</i>	5.36	g _{oil} /g	[Bargigli, 2002]
<i>rubber and plastic material</i>	3.00	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
<i>fraction of copper</i>	2.21	g _{oil} /g	[Our calculation from energy intensity data]
Seeds	0.07	g _{oil} /g	[Fahd, 2011]

Note: I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 4 sono riportati nella bibliografia.

Tabella 4. Fattori d'intensità energetica (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole animali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8.

Energy intensities measured as Oil equivalents			
Item	Value	unit	Reference
Imported Input			
Agricultural Gasoline	1.32	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Agricultural Diesel	1.23	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
Electricity	9.95E-05	g _{oil} /J	[Our calculation from file: "energy cost of fuel"]
Water	1.31E-04	g _{oil} /g	[Our calculation from energy costs of common materials]
Agricultural machinery			
<i>steel and iron</i>	0.91	g _{oil} /g	[Bargigli, 2002]
<i>aluminium</i>	5.36	g _{oil} /g	[Bargigli, 2002]
<i>rubber and plastic material</i>	3.00	g _{oil} /g	[Biondi et al., 1989]
<i>fraction of copper</i>	2.21	g _{oil} /g	[Our calculation from energy intensity data]
Animal bedding	0.03	g _{oil} /g	[File Crops, This study 2013]
Animal feed non ren fraction	0.05	g _{oil} /g	[File Crops, This study 2013]

Note: I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 4 sono riportati nella bibliografia.

Tabella 5. Fattori d'intensità energetica (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole vegetali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8.

Transformities and other energy intensities			
Item	Value	Unit	Reference
Renewable Input (locally available)			
Sun	1.00E+00	seJ/J	[By definition]
Wind (Kinetic Energy of Wind Used at the Surface)	2.51E+03	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Rainfall (Chemical Potential)	3.05E+04	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Deep Heat (Geothermal Heat)	1.20E+04	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Air			
<i>Oxygen</i>	n.a.		
<i>Nitrogen</i>	n.a.		
<i>Argon</i>	n.a.		
Photosynthesis Related inputs (CO2 and H2O)			
<i>CO2 used in photosynthesis</i>	n.a.		
<i>H2O used in photosynthesis</i>	n.a.		
Nonrenewable Input (locally available)			
Top soil (erosion, weathering)	1.24E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Imported Input			
Agricultural Gasoline	1.11E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Agricultural Diesel	1.11E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Electricity	2.81E+05	seJ/J	[Brown & Ulgiati, 2004]
Water for irrigation	7.61E+05	seJ/g	[After Buenfill, A. A., 2000]
Fertilizers			
Nitrogen (N)	6.37E+09	seJ/g	[After Odum et al., 2000]
Phosphate (P2O5)	6.54E+09	seJ/g	[After Odum et al., 2000]
Potassium (K2O)	1.84E+09	seJ/g	[After Odum et al., 2000]
Fungicides	5.08E+09	seJ/g	[Estimated from Biondi et. al, 1989]
Insecticides and Acaricides	4.81E+09	seJ/g	[Estimated from Biondi et. al, 1989]
Herbicides	8.25E+09	seJ/g	[Estimated from Biondi et. al, 1989]
Agricultural machinery			
<i>steel and iron</i>	5.31E+09	seJ/g	[Bargigli & Ulgiati, 2003]
<i>aluminium</i>	3.25E+10	seJ/g	[After Odum et al., 2000]
<i>rubber and plastic material</i>	3.69E+09	seJ/g	[Our calculation After (Odum and Odum 1983, Brown et Al., 1992)]
<i>copper</i>	3.36E+09	seJ/g	[Brown & Ulgiati, 2004]
Seeds	1.67E+09	seJ/g	[Fahd, 2011]
Human Labor	6.03E+16	seJ/yr	[After Ulgiati-Russi, 1999]
Annual Services in Agricultural Production	2.75E+12	seJ/€	[After Cialani et al., 2005]

Note: I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 4 sono riportati nella bibliografia.

Tabella 6. Fattori d'intensità emergetica (per i diversi input utilizzati per le produzioni agricole animali) per il calcolo degli indicatori estensivi ed intensivi presentati nei risultati dei casi studio nel capitolo 7 e 8.

Transformities and other emergy intensities			
Item	Value	Unit	Reference
Renewable Input (locally available)			
Sun	1.00E+00	seJ/J	[By definition]
Wind (Kinetic Energy of Wind Used at the Surf)	2.51E+03	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Rainfall (Chemical Potential)	3.05E+04	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Deep Heat (Geothermal Heat)	1.20E+04	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Air			
<i>Oxygen</i>	n.a.		
<i>Nitrogen</i>	n.a.		
<i>Argon</i>	n.a.		
Photosynthesis Related inputs (CO ₂ and H ₂ O)			
<i>CO₂ used in photosynthesis</i>	n.a.		
<i>H₂O used in photosynthesis</i>	n.a.		
Nonrenewable Input (locally available)			
Top soil (erosion, wheathering)	1.24E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Imported Input			
Agricultural Gasoline	1.11E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Agricultural Diesel	1.11E+05	seJ/J	[After Odum et al., 2000]
Electricity	2.81E+05	seJ/J	[Brown & Ulgiati, 2004]
Water	7.61E+05	seJ/g	[After Buenfill, A. A., 2000]
Agricultural machinery			
<i>steel and iron</i>	5.31E+09	seJ/g	[Bargigli & Ulgiati, 2003]
<i>aluminium</i>	3.25E+10	seJ/g	[After Odum et al., 2000]
<i>rubber and plastic material</i>	3.69E+09	seJ/g	[Our calculation After (Odum and Odum 1983, Brown et Al., 1992)]
<i>copper</i>	3.36E+09	seJ/g	[Brown & Ulgiati, 2004]
Animal feed	3.38E+08	seJ/g	[File Crops, This study 2013]
Human Labor	6.03E+16	seJ/yr	[After Ulgiati-Russi, 1999]
Annual Services in Livestock Production	2.75E+12	seJ/€	[After Cialani et al, 2005]

Note: I riferimenti completi per gli studi citati nella colonna 4 sono riportati nella bibliografia. Per i flussi unitari di emergia associati ai flussi di servizi (Annual services in Livestock production) per i diversi sistemi agricoli del caso studio internazionale si è fatto riferimento alle intensità emergetiche disponibili nel Database del National Environmental Accounting. http://sahel.ees.ufl.edu/frame_database_resources_test.php?search_type=basic

Capitolo 7. Analisi della sostenibilità di sistemi agricoli internazionali

7.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo del presente lavoro è di calcolare e confrontare gli impatti sul consumo di risorse fossili e rinnovabili, sull'ambiente, uso del suolo e sicurezza alimentare delle produzioni agricole vegetali e animali annuali prodotte nei sistemi agricoli nazionali di alcuni Paesi a livello internazionale mediante l'utilizzo della metodologia "SUMMA" il cui quadro applicativo è conforme alle norme ISO 14040-44:2006 che regolano l'analisi del ciclo di vita, LCA.

7.2 Campo di applicazione

7.2.1 L'unità funzionale

Le unità dichiarate dei sistemi agricoli in esame sono le produzioni annuali (vegetali e animali) espresse in valore economico (dollari USA, \$) a prezzi costanti: Gross Production Value, GPV, (espresso in dollari), in massa di peso secco e in Joule di contenuto energetico. I risultati sono presentati per diverse unità funzionali: \$ di valore economico, g dry matter, J di valore energetico, ha di terreno coltivato. Quest'ultima unità funzionale misura l'impatto e quindi l'eco-efficienza dei sistemi di produzione agricola in relazione alla superficie coltivata mentre le altre unità permettono di misurare le prestazioni del sistema con riferimento ai prodotti forniti e al loro valore (Goglio et al., 2012).

7.2.2 I sistemi agricoli studiati

L'oggetto di analisi, nel presente studio, sono i sistemi agricoli dei seguenti Paesi: Albania, Argentina, Bangladesh, Brasile, Cina, Francia, India, Italia, Polonia, Spagna, Stati Uniti.

Per sistema agricolo si intende l'insieme di operazioni e procedure la cui funzione principale è produrre beni destinati all'alimentazione umana e animale (Falconi, 2009). Il sistema agricolo è separato dal sistema ambiente¹⁰⁰ e dal sistema economico¹⁰¹ attraverso determinati confini. E' tuttavia collegato a entrambi i sistemi attraverso flussi d'input (fattori produttivi), output

¹⁰⁰ Si intende la fonte dalla quale provengono l'energia e i materiali che costituiscono gli input del sistema oggetto di studio e il ricevitore delle diverse tipologie di emissioni e rifiuti, Falconi, 2009.

¹⁰¹ Si intende l'insieme degli "operatori che con l'impiego di *fattori produttivi* (terra, capitale, lavoro, capacità imprenditoriali) *producono* beni e servizi che in parte *scambiano* con altri operatori, in parte *consumano*, in parte *accantonano* per impieghi futuri". Montini, 2013, disponibile a:

http://www2.dse.unibo.it/montini/montini/doc/course_material/StatEcon/SE2II%20sistema%20economico.pdf

(emissioni e rifiuti) e prodotti finali (**Figura 7.1**). La durata delle operazioni agricole e delle attività di allevamento è stata ipotizzata pari a un anno.

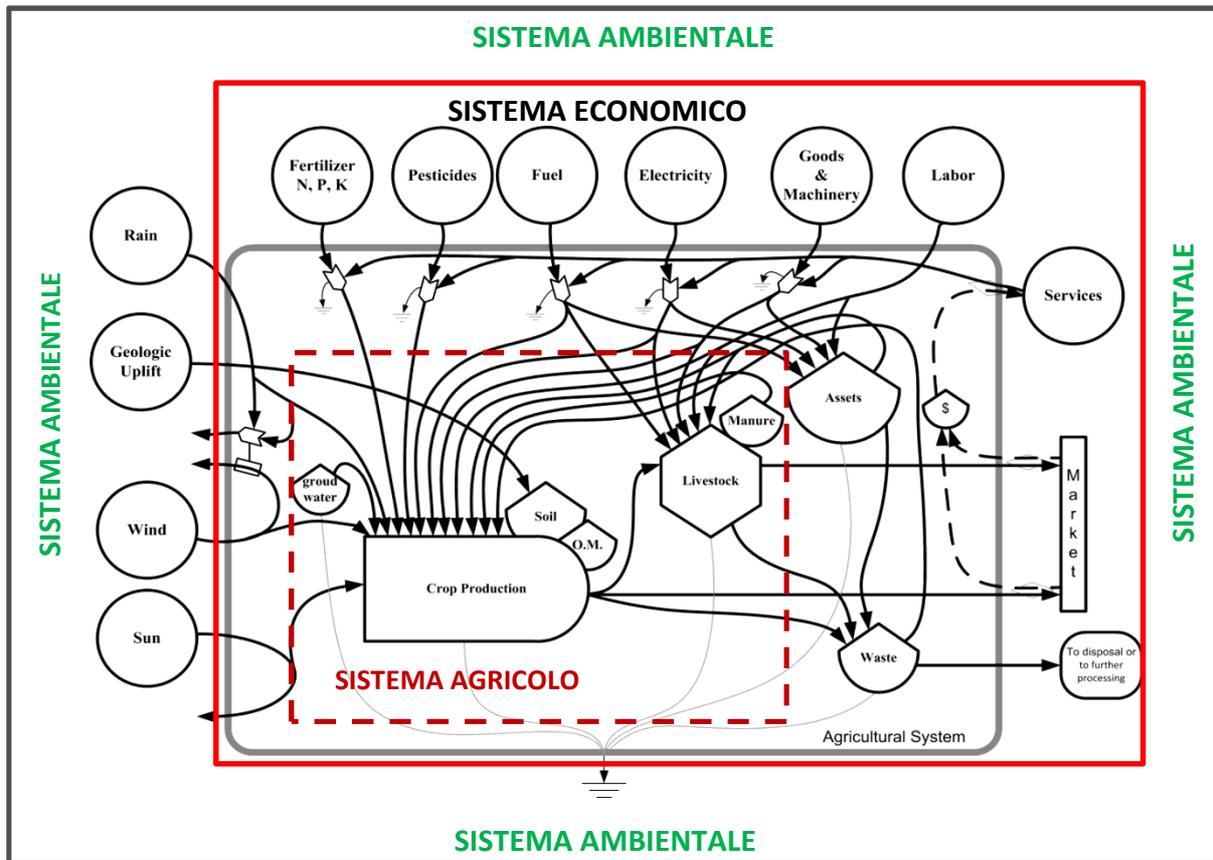


Figura 7.1. Rappresentazione delle relazioni tra sistema agricolo studiato, sistema economico e sistema ambientale. Modificato da Zucaro, 2011.

7.2.3 Criteri di selezione dei sistemi agricoli analizzati

Per l'analisi sono stati selezionati Paesi in via di sviluppo e sviluppati tra i più rappresentativi nel panorama dell'economia mondiale. Il sistema agricolo di ogni Paese è caratterizzato da determinati modelli produttivi più o meno intensivi e contribuiti al sistema economico: peso della forza lavoro rispetto a quella totale, peso del PIL agricolo rispetto a quello totale. In base ai valori di questi indicatori, i diversi Paesi, possono essere quindi raggruppati in riferimento allo stadio del processo di sviluppo agricolo raggiunto, più o meno avanzato (Figura 7.2). Inoltre un ulteriore fattore di omogeneità è rappresentato dai consumi di energia. Poiché l'industrializzazione dell'agricoltura porta a sostituire progressivamente quote elevate di forza lavoro con forza motrice (Rossi, 2011), ci si attende che i paesi con uno stadio di sviluppo agricolo avanzato (stadio 4) siano caratterizzati da elevati consumi energetici, in particolare per unità di prodotto finale. Alcuni fattori (politici, domanda dei consumatori per

una maggiore qualità ambientale dell'agricoltura e dell'ambiente rurale, etc.) possono anche influenzare un diverso andamento dei consumi di energia (ad es. un andamento decrescente).

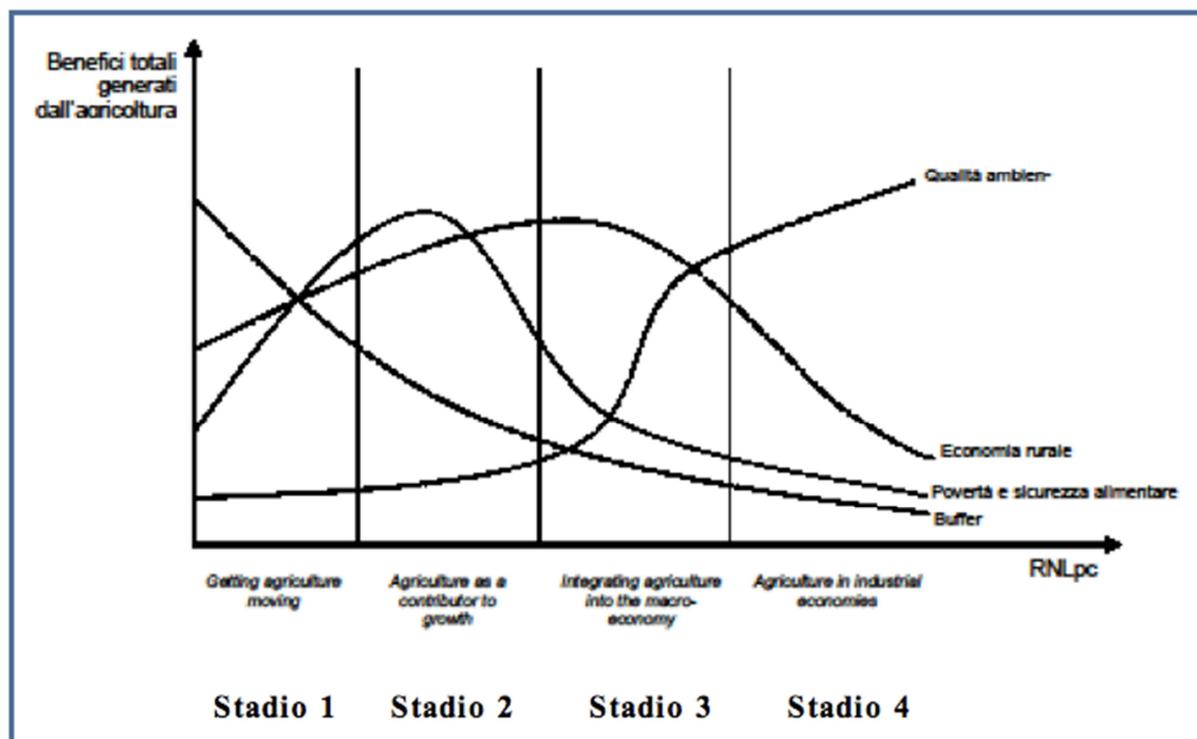


Figura 7.2 I diversi stadi del processo di sviluppo agricolo e benefici generati al sistema economico. Modificata da Romano, 2010.

7.2.4 Descrizione dei sistemi agricoli

7.2.4.1 Principali dinamiche economiche e sociali dei paesi analizzati

Com'è possibile notare dalla **Tabella 7.1** tra il 1990 e il 2010, il PIL procapite è cresciuto in tutti i paesi analizzati con tassi di crescita più elevati per i paesi in via di sviluppo quali ad es. la Cina (+1312%), l'India (+268%) e il Brasile (+256%). Tuttavia, i valori del PIL procapite, in special modo per il Bangladesh (675 \$) e l'India (1375 \$) si mantengono ancora a livelli molto bassi rispetto agli altri Paesi in via di sviluppo e sviluppati. Confrontando Cina e India si nota che nel 1990 i valori di PIL pro capite, nei due Paesi, erano rispettivamente pari a 314 \$ e 374 \$ mentre nel 2010 erano pari a: 4,433 \$ e 1,375 \$.

Nell'area europea il PIL procapite dell'Albania e della Polonia cresce ai tassi più elevati e rispettivamente + 479% e +611%. L'Albania nel 2010 tuttavia aveva un PIL procapite pari a 3,701 \$ contro i 639 \$ del 1990.

I tassi di crescita della popolazione si mantengono sostenuti in particolare nei paesi in via di sviluppo. La popolazione è cresciuta in particolare in Bangladesh (+40.7%) India (+39.22%),

Brasile (29.6%), Argentina (+24.2%). La popolazione è rimasta invece costante in Albania e Polonia.

Nonostante la crescita del PIL procapite, alcuni dei Paesi in via di sviluppo analizzati, sono purtroppo caratterizzati ancora da gravi problemi di malnutrizione. Dai dati della FAO emerge che nel 2010 in Bangladesh, Brasile, India e Cina dal 1990, un elevato numero di persone soffriva la fame. Dal 1990 si registrano miglioramenti, non uniformi in tutti i Paesi, poiché la proporzione di persone malnutrite si riduce molto in Brasile (-43%), in Cina (-38%) e in Bangladesh (-32%) mentre in India solo del 10% (217 Milioni di persone nel 2010 contro i 240 milioni del 1990).¹⁰²

Per quanto riguarda gli altri indicatori collegati al settore agricolo: la quota di valore aggiunto agricolo alla produzione del PIL nazionale (% Agric. V.A. to Total GDP) e la quota di occupazione agricola rispetto a quella totale (% Agric. Labor to Total Labor), si nota dalla **Tabella 7.1**, che il primo indicatore è diminuito ovunque con riduzioni consistenti, in particolare in Cina dove nel 1990 l'agricoltura contribuiva a generare circa il 27% della ricchezza nazionale mentre nel 2010 il peso del settore si è ridotto al 10%. Nell'area europea in Albania il PIL agricolo rappresentava il 36% della ricchezza nazionale nel 1990. Nel 2010 il ruolo dell'agricoltura si è ridotto al 19% del PIL totale. L'andamento decrescente si è mantenuto anche per l'occupazione agricola rispetto a quella totale. Nel 2010 i paesi con la maggior quota di forza lavoro agricola rispetto a quella totale erano l'India (51%), Bangladesh (48%), la Cina (40%) e l'Albania (44%).

Il valore dei flussi commerciali dei beni agricoli (importazioni ed esportazioni) nei paesi selezionati è cresciuto in tutti i paesi. Il bilancio tra le due voci è negativo in tutti i tre anni analizzati per l'Albania, il Bangladesh e l'Italia mentre per la Cina lo diventa dal 2002 in poi. Il saldo tra esportazioni e importazioni di beni agricoli per quest'ultimo Paese era positivo nel 1990 (417 Milioni di dollari, US\$), è diventato negativo nel 2002 (1,643 Milioni di dollari, US\$) ed è ulteriormente peggiorato nel 2010 (45,251 Milioni di dollari, US\$).

L'analisi degli indicatori dei flussi di importazioni di cereali evidenzia che la dipendenza dall'estero è aumentata nel tempo in particolare per i paesi sviluppati quali Spagna, Italia e Albania. Questi ultimi Paesi dipendevano per il loro approvvigionamento di cereali, nel 2010, dall'estero in percentuali comprese tra il 40% (Spagna e Italia) e il 45% (Albania). Mentre la

¹⁰² Per una sintesi dei progressi svolti dall'India in relazione agli obiettivi del Millennio si veda: FAO: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2012/Snapshots/IND.pdf>

dipendenza è aumentata nel tempo per questi ultimi Paesi per la Cina si è invece progressivamente ridotta.

Nel nostro studio è stata calcolata l'efficienza dei sistemi agricoli dei diversi Paesi nel soddisfare il fabbisogno alimentare della popolazione sia per le produzioni agricole che animali (Indicatore energy supply to consumer: crops e livestock). Per le coltivazioni agricole vegetali l'efficienza è peggiorata tra il 1990 e il 2010 soprattutto in Polonia (-43%), USA (-34%), Spagna (-21%), Bangladesh (-13%) e Brasile (-7%). Per le coltivazioni animali peggiora l'efficienza in India (-54%), Italia (-52%), Francia (-42%), Polonia (25%) e Bangladesh (-6%).

Tabella 7.1. Indicatori economici, sociali ed energetici dei Paesi analizzati.

1990	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
GDP per capita (\$) (*)	\$	639	286	1,694	4,330	13,410	20,065	21,350	3,087	374	23,038	314
% Agric. V. A.to Total GDP (*)	%	36.0	30.0	8.0	8.0	6.0	3.0	4.0	8.0	29.0	2.0	27.0
% Agric. Labor to Total Labor (*)	%	67.0	66.0	25.0	1.0	12.0	9.0	6.0	23.0	62.0	3.0	60.0
Import Agriculture (**)	\$/yr	1.15E+08	7.68E+08	9.86E+08	2.27E+08	8.04E+09	2.37E+10	2.26E+10	2.27E+09	1.08E+09	2.71E+10	9.79E+09
Export Agriculture (**)	\$/yr	9.83E+07	1.60E+08	1.63E+09	6.88E+09	7.83E+09	1.11E+10	3.34E+10	8.76E+09	3.07E+09	4.52E+10	1.02E+10
Export-Import Agriculture (**)	\$/yr	-1.71E+07	-6.08E+08	6.42E+08	6.65E+09	-2.13E+08	-1.25E+10	1.08E+10	6.49E+09	1.99E+09	1.81E+10	4.17E+08
Cereal import. depen. Ratio (°°)	%	35.20	7.50	3.90	0.20	19.60	36.20	6.40	14.30	0.40	1.60	5.90
Energy supply (crops) consumer (^)	J	3.05	8.69	4.70	3.97	2.31	2.07	4.23	1.12	6.14	4.37	3.11
Energy supply (livest) consumer (^)	J	0.52	1.06	0.68	0.60	0.44	1.12	0.52	0.65	0.99	0.46	0.40
Number of undernourished (°°)	Number		3.70E+07		1.00E+06				2.30E+07	2.40E+08		2.54E+08
% Land to livestock (°)	%	57.0	4.0	45.0	88.0	55.0	42.0	56.0	84.0	6.0	82.0	76.0
Total population (°°)	Number	3.00E+06	1.08E+08	3.80E+07	3.30E+07	3.90E+07	5.70E+07	5.70E+07	1.52E+08	8.92E+08	2.56E+08	1.19E+09
2002	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
GDP per capita (\$) (*)	\$	1,440	354	5,184	2,710	16,612	21,435	23,494	2,812	480	36,819	1,135
% Agric. V. A.to Total GDP (*)	%	26.0	23.0	5.0	11.0	4.0	3.0	3.0	7.0	20.0	1.0	14.0
% Agric. Labor to Total Labor (*)	%	58.0	62.0	19.0	1.0	6.0	5.0	4.0	21.0	60.0	3.0	50.0
Import Agriculture (**)	\$/yr	2.97E+08	1.41E+09	3.47E+09	5.02E+08	1.30E+10	2.22E+10	2.53E+10	3.26E+09	4.03E+09	4.50E+10	1.61E+10
Export Agriculture (**)	\$/yr	2.55E+07	1.00E+08	3.00E+09	1.10E+10	1.65E+10	1.75E+10	3.48E+10	1.67E+10	5.52E+09	5.56E+10	1.45E+10
Export-Import Agriculture (**)	\$/yr	-2.72E+08	-1.31E+09	-4.71E+08	1.05E+10	3.50E+09	-4.74E+09	9.58E+09	1.35E+10	1.50E+09	1.06E+10	-1.64E+09
Cereal import. depen. Ratio (°°)	%	46.8	9.4	5.9	0.5	32.7	38.3	8.1	18.2	0.0	3.0	3.2
Energy supply (crops) consumer (^)	J	2.53	5.70	3.40	5.30	2.24	2.38	5.69	1.15	8.14	3.19	4.17
Energy supply (livest) consumer (^)	J	0.62	0.83	0.63	0.68	0.64	0.57	0.36	0.75	0.77	0.62	0.41
Number of undernourished (°°)	Number		2.20E+07		1.00E+06				2.00E+07	2.31E+08		1.87E+08
% Land to livestock (°)	%	68.0	4.0	32.0	88.0	57.0	42.0	53.0	86.0	12.0	82.0	75.0
Total population (°°)	Number	3.00E+06	1.32E+08	3.80E+07	3.70E+07	4.10E+07	5.70E+07	5.90E+07	1.77E+08	1.07E+09	2.86E+06	1.31E+09
2010	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
GDP per capita (\$) (*)	\$	3,701	675	12,303	9,124	29,956	33,787	39,170	10,993	1,375	46,612	4,433

% Agric. V. A.to Total GDP (*)	%	19.0	19.0	4.0	10.0	3.0	2.0	2.0	5.0	18.0	1.0	10.0
% Agric. Labor to Total Labor (*)	%	44.0	48.0	13.0	1.0	4.0	4.0	3.0	17.0	51.0	2.0	40.0
Import Agriculture (**)	\$/yr	8.08E+08	5.40E+09	1.31E+10	1.67E+09	2.78E+10	4.26E+10	4.87E+10	9.23E+09	1.04E+10	8.93E+10	8.14E+10
Export Agriculture (**)	\$/yr	6.10E+07	3.65E+08	1.64E+10	3.28E+10	3.52E+10	3.60E+10	6.17E+10	6.21E+10	1.99E+10	1.19E+11	3.62E+10
Export-Import Agriculture (“)	\$/yr	-7.47E+08	-5.03E+09	3.30E+09	3.11E+10	7.40E+09	-6.57E+09	1.30E+10	5.29E+10	9.53E+09	2.95E+10	-4.53E+10
Cereal import. depen. Ratio (°)	%	45.40	8.40	9.50	0.40	40.80	40.60	9.10	14.20	0.50	2.90	2.20
Energy supply (crops) consumer (^)	J	4.03	7.52	2.68	5.03	1.82	2.16	5.57	1.05	10.50	2.87	5.25
Energy supply (livest) consumer (^)	J	1.04	0.99	0.51	0.70	0.59	0.54	0.30	0.69	0.45	0.70	0.45
Number of undernourished (°°)	Number		2.50E+07		2.00E+06				1.30E+07	2.17E+08		1.58E+08
% Land to livestock (°)	%	66.0	4.0	45.0	89.0	46.0	45.0	50.0	84.0	13.0	82.0	74.0
Total population (°°)	Number	3.00E+06	1.52E+08	3.80E+07	4.10E+07	4.60E+07	6.10E+07	6.30E+07	1.97E+08	1.24E+09	3.13E+08	1.38E+09
Variations		Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
GDP per capita 2010/1990		479%	136%	626%	111%	123%	68%	83%	256%	268%	102%	1312%
Labor 2010/1990		-34%	-27%	-48%	0%	-67%	-56%	-50%	-26%	-18%	-33%	-33%
Import 2010/1990		600%	603%	1224%	637%	246%	80%	115%	307%	859%	230%	732%
Export 2010/1990		-38%	128%	904%	377%	350%	224%	84%	609%	548%	163%	254%
Cereal import. depen. Ratio		29%	12%	144%	100%	108%	12%	42%	-1%	25%	81%	-63%
Energy supply (crops) consumer		32%	-13%	-43%	26%	-21%	4%	32%	-7%	71%	-34%	69%
Energy supply (livest) consumer		102%	-6%	-25%	17%	33%	-52%	-42%	5%	-54%	52%	11%
Number of undernourished			-32%		100%				-43%	-10%		-38%
% Land to livestock		15.8%	0.0%	0.0%	1.1%	-16.4%	7.1%	-10.7%	0.0%	116.7%	0.0%	-2.6%
Total population		0.0%	40.7%	0.0%	24.2%	17.9%	7.0%	10.5%	29.6%	39.2%	22.3%	16.1%

Sources: (*) The World Bank Indicators: GDP per capita at current values US\$, Agricultural Value Added (% of total GDP), Employment share in Agriculture: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS>

(**) FAO Database, Trade, crops and livestock products, Value of agricultural products in US\$: <http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor>

(“) Difference between Export and Import values US\$ (**),

(^) Our calculation from Energy Intensity (J/J) data in Table 2 (1/(J/J)).

(°) Our calculation from FAO database, resources, land, agricultural area which include the cropped area + permanent cropped area+permanent meadows and pastures area.

(°°) FAO, Food security Indicators, <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/ess-fadata/en/>

7.2.4.2 Analisi dei singoli Paesi

Albania

Circa il 70% del territorio albanese è montagnoso e collinare. Le pianure sono presenti lungo la fascia costiera. Il suolo tuttavia di queste pianure non di buona qualità ed è alternato da condizioni di siccità e allagamento a causa della scarsa capacità di drenaggio. I suoli migliori sono rintracciabili nei bacini dei fiumi intermontani, nella regione dei laghi lungo il confine e ad est e in poche altre aree. Nonostante la modesta superficie del territorio, nel Paese il clima è molto variabile tra le diverse regioni. Nelle pianure sulla regione costiera il clima è di tipo mediterraneo con inverni miti e piovosi, mentre verso l'interno del Paese, più montuoso, il clima è di tipo continentale con temperature più fredde durante l'estate.

L'agricoltura è praticata prevalentemente a livello familiare, da aziende di piccole dimensioni, (la superficie media aziendale è meno di 1 ettaro) ed è orientata all'autoconsumo. Il livello di meccanizzazione è basso (FAO, 2005). Il settore si sta tuttavia orientando verso una semplificazione dei processi agricoli così da favorire una maggiore specializzazione delle colture e un ampliamento delle relazioni con il mercato.¹⁰³

Nel 2010 l'agricoltura come settore economico contribuiva alla produzione del 19% del PIL totale del Paese e occupava il 44% della forza lavoro. Le coltivazioni principali sono il frumento, il mais, i foraggi, le olive, l'uva, i pomodori e le patate. L'allevamento è praticato in modo estensivo nei pascoli durante la stagione estiva. Le specie più allevate sono i bovini, i suini (circa 2-5 capi ogni famiglia) e i caprini (FAO, 2005).

Argentina

Il territorio argentino è dominato sia da grandi pianure sia da rilevanti aree montuose tra cui il versante orientale delle Ande. Il clima è molto diverso all'interno del Paese a causa dell'ampiezza della latitudine e delle catene montuose. Nel nord è di tipo subtropicale mentre al sud è di tipo subpolare, nella parte centrale invece il clima è più temperato. Nel Paese sono presenti inoltre giacimenti di petrolio (circa il 20% del greggio è esportato) e gas.

L'agricoltura è un settore ancora molto importante per l'economia, grazie all'elevata estensione delle terre agricole e della fertilità del suolo (in particolare nella zona Pampeana) e

¹⁰³ http://www.agrireregionieuropa.univpm.it/pdf.php?id_articolo=483
<http://www.cooperazioneallosviluppo.esteri.it/pdgcs/italiano/Millennium/Millennium.html>

tecniche moderne. La produttività è tuttavia molto diversa nelle varie regioni. Nel 2010 il settore primario contribuiva alla formazione del 10% del PIL totale del Paese. La percentuale di occupati in agricoltura è invece circa l'1% della forza lavoro totale. La politica di sostegno all'agricoltura ha determinato un aumento e diversificazione delle produzioni agricole a favore delle frutticole e delle colture oleaginose. Circa la metà della produzione cerealicola è orientata all'esportazione. Sono rilevanti le produzioni di soia, mais, grano, sorgo e orzo. Il settore degli allevamenti riveste un ruolo fondamentale per l'agricoltura ed è praticato in forma estensiva in particolar modo nella Pampa.¹⁰⁴

Bangladesh

Il suo territorio si estende su una superficie di 147, 570 km². E' per lo più pianeggiante, anche se sono presenti settori collinari nelle regioni a sud-est e nord-est. Il paese si trova nella regione del delta del Gange che è formato dalla confluenza del fiume Gange con i fiumi Brahmaputra-Jamuna, il Meghna e la Tista. La maggior parte del territorio è spesso interessata dalle inondazioni con effetti negativi sulla produttività dell'agricoltura.

La presenza dei fiumi, attraverso il loro lavoro di deposito, rende il terreno alluvionale delle pianure del Bangladesh molto fertile. Le principali risorse naturali sono proprio il terreno fertile, il gas naturale e le risorse idriche. La maggior parte dell'area agricola è dedicata alla produzione del riso che può essere coltivato fino a tre cicli annuali grazie alla fertilità del suolo e all'abbondanza di acqua. Altri prodotti agricoli importanti sono la canna da zucchero, le patate, le orticole, le banane e il latte.

L'agricoltura ha un ruolo rilevante nell'economia del Bangladesh, sia in termini di contributo al GDP totale che nel 2010 era pari al 18% sia per i collegamenti con gli altri settori non agricoli ¹⁰⁵ e in termini occupazionali (48% del totale degli occupati). La povertà è diffusa in particolare nelle aree rurali e il raggiungimento degli obiettivi del Millennio di riduzione della povertà rurale del 26.5% al 2015, è un traguardo molto difficile. La crescita della popolazione all'1.6% annuo e la crescente urbanizzazione rappresentano una minaccia per il mantenimento delle terre agricole e anche per la loro capacità produttiva che non riesce a garantire l'autosufficienza alimentare in particolare per il grano. Quest'ultimo deve essere importato

¹⁰⁴ [http://www.sapere.it/enciclopedia/Argentina+\(Stato\).html](http://www.sapere.it/enciclopedia/Argentina+(Stato).html)

¹⁰⁵ <http://hdr.undp.org/en/statistics/indices/> <http://www.fao.org/docrep/013/i1779e/i1779e00.pdf>

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/SOUTHASIAEXT/EXTSAREGTOPAGRI/0,,contentMDK:20273763~menuPK:548213~pagePK:34004173~piPK:34003707~theSitePK:452766,00.html>

dall'estero insieme con altri prodotti quali l'olio di palma, il riso, la soia e lo zucchero. Nel decennio tra il 1997-2007 le importazioni di questi prodotti sono cresciute a un tasso dell'8.9% annuo. Nello stesso periodo le esportazioni (juta, prodotti orticoli freschi, foglie di tabacco, noci) sono cresciute annualmente a un ritmo sostenuto (7.9%) (FAO, 2010/12; World Bank, 2011).

Brasile

E' il più vasto Paese dell'America Latina. Il suo territorio può essere suddiviso in due grandi regioni naturali: il bassopiano amazzonico al nord e l'altopiano del Brasile nella parte centro-orientale del Paese. Il clima è differenziato tra le varie regioni a causa della vastità del Paese, da subtropicale al nord diventa più temperato al sud. Il Paese è ricco di risorse naturali quali: bauxite, manganese, minerali di ferro, nichel, fosfati, uranio, petrolio, energia idroelettrica e legnami pregiati (il cedro, il palissandro e il pino di paranà).

La superficie agricola è destinata principalmente alla coltivazione della canna da zucchero, (della quale è uno dei maggiori produttori mondiali e dalla quale si ricavano zucchero raffinato e alcol per combustibili) della soia, del mais, dell'orzo, e del caffè. L'attività di allevamento è altrettanto importante e ampiamente praticata nel Paese e in particolare negli Stati del Sud. Sono allevati principalmente bovini e in misura minore le altre specie: equini, suini e avicoli.

Nel 2010 l'agricoltura contribuiva alla formazione del PIL per una quota pari al 5% mentre gli occupati nel settore rappresentano il 17% della forza lavoro totale.¹⁰⁶

Cina

E' uno dei paesi più vasti a livello mondiale. Il suo territorio è prevalentemente montagnoso con settori desertici a ovest e pianure e colline a est. Il Paese è ricco di diverse risorse naturali quali il carbone, minerali di ferro, petrolio, gas naturale, mercurio, stagno, tungsteno, antimonio, manganese, molibdeno, vanadio, magnetite, alluminio, piombo e uranio. Dalla fine degli anni 70' il Paese sta transitando lentamente da un modello di economia pianificata a uno di economia di mercato. Nel 2010 a livello mondiale era il secondo Paese con il maggiore PIL

¹⁰⁶ Agricoltura e pesca in Brasile: http://www.voyagesphotosmanu.com/economia_brasiliana.html

prodotto dopo gli Stati Uniti e sembra che ci possa essere il sorpasso del PIL di quest'ultimo entro il 2025.¹⁰⁷

Nell'economia del Paese il settore agricolo fornisce ancora un importante contributo alla produzione del PIL (la quota del settore agricolo è pari al 10% del PIL totale) e il 40% della popolazione è occupato in agricoltura (The World Bank Indicators 2010; 2008). I principali beni agricoli coltivati sono il riso, il grano, il mais, le orticole, la canna da zucchero. Sono importanti anche gli allevamenti di suini e il pesce. I principali prodotti importati sono la soia, l'olio di palma, la gomma naturale e l'olio di soia. Nel periodo dal 1997-2007 le importazioni sono cresciute ad un tasso annuo del 13.9% mentre le esportazioni sono cresciute dell'8.1%. La frutta, le orticole, succhi di frutta, il mais, l'aglio e la carne di pollo sono i prodotti più esportati (FAO, 2009).

Francia

E' il paese dell'Unione Europea con la maggior superficie territoriale. Si estende dal Mare del Nord fino a sud collegandosi al Mar Mediterraneo. Il suo paesaggio cambia nelle varie regioni: vi sono rilievi montagnosi nella parte orientale e meridionale, tra cui il picco del Monte Bianco (4 810 m), la vetta più alta dell'Europa occidentale mentre a nord e a ovest dominano i settori più pianeggianti. In questa parte vi sono quattro importanti bacini fluviali: la Senna a nord, la Loira e la Garonna in direzione ovest e il Rodano, che scorre dal lago di Ginevra fino al Mediterraneo.¹⁰⁸

L'agricoltura svolge un ruolo limitato alla produzione del PIL (2% nel 2010). In termini occupazionali solo il 3% degli occupati lavora nel settore. La produzione agricola di cereali è la più elevata nell'Unione Europea. Molto rilevante è anche la produzione di barbabietole per le quali nel 2011 era il secondo produttore mondiale dopo la Federazione Russa (FAOSTAT, 2011). Il settore degli allevamenti (bovini, suini e avicoli in particolare) è anch'esso molto sviluppato per la produzione di latte e carni.¹⁰⁹

India

Il territorio indiano alterna aree montagnose ad aree più pianeggianti. La grande catena dell'Himalaya circonda il Paese a nord e nord-est e dà origine ai due importanti fiumi che la

¹⁰⁷ <http://www.telegraph.co.uk/finance/china-business/9655058/China-to-be-worlds-biggest-economy-by-2025.html>

¹⁰⁸ http://europa.eu/about-eu/countries/member-countries/france/index_it.htm

¹⁰⁹ http://www.france.it/agricoltura_francia.html

percorrono a nord: il Gange e il Brahmaputra. Verso sud della catena dell'Himalaya si trova la pianura indo-gangetica e a ovest il deserto del Thar. Quest'ultimo insieme alla catena dell'Himalaya influisce in modo rilevante sul clima del Paese. Il deserto del Thar contribuisce ad attirare i venti del monzone estivo, ricchi di umidità e portatori della maggior parte delle precipitazioni annuali, tra giugno e ottobre. Le catene dell'Himalaya, creano una barriera contro le correnti fredde dell'Asia centrale rendendo la temperatura del Paese più mite.

Il territorio indiano è ricco di risorse naturali come il carbone, il minerale di ferro, manganese, mica, bauxite, cromite, torio, calcare, barite, minerali di titanio, diamanti e petrolio.

Il settore agricolo fornisce un contributo rilevante all'economia indiana. Nel 2011 il 17% della ricchezza era fornito dall'agricoltura la quale occupa la metà della forza lavoro (The World Bank, 2011). Tuttavia la maggior parte delle popolazioni rurali si trovano al di sotto della soglia della povertà. Gli indicatori di sviluppo umano nelle aree rurali sono tra i più bassi nella classifica mondiale. A questi indicatori si contrappongono l'elevato numero di professionisti molto qualificati e diversi gruppi industriali di rilevanza internazionale. I principali beni agricoli prodotti sono il riso, il grano, il miglio, il mais, la canna da zucchero, e il latte di bufala e di mucca come prodotti dell'allevamento. Secondo la FAO (2010/12) con le innovazioni della Rivoluzione Verde l'India dalla metà degli anni '70 ha raggiunto l'autosufficienza alimentare mentre secondo altri autori l'India non ha l'autosufficienza alimentare. Le importazioni di beni agricoli sono cresciute a un tasso annuo del 9.8% nel decennio 1997-2007 mentre le esportazioni nello stesso periodo sono cresciute del 10.9% l'anno. Il riso macinato, il filo di cotone, i pannelli di soia, il mais, la carne di bufala e lo zucchero sono i principali prodotti esportati.

Polonia

Il territorio polacco è dotato di una vasta pianura che si estende nella parte centrale del Paese mentre nella parte meridionale sono presenti aree più montuose. A sud-est e sud-ovest si trovano le catene montuose dei Carpazi occidentali e del massiccio Boemo. Il clima di tipo intermedio tra quello continentale più freddo e quello atlantico più mite è caratterizzato da elevata instabilità con variazioni di temperatura tra le stagioni che condizionano la capacità produttiva dell'agricoltura del Paese.¹¹⁰

¹¹⁰ http://ec.europa.eu/agriculture/publi/peco/poland/summary/sum_it.htm

Il territorio polacco è ricco di risorse minerali quali il carbone, lo zolfo, il rame e l'argento dei quali è uno dei maggiori produttori ed esportatori a livello mondiale. Sono presenti anche giacimenti di zinco, piombo, metano e salgemma.¹¹¹

L'agricoltura contribuiva nel 2011 alla produzione del PIL per una quota pari al 4% contro l'8% dei primi anni '90. Circa il 13% della forza lavoro nel 2010 era occupato in agricoltura. La transizione economica negli anni '90 verso un'economia di mercato ha penalizzato maggiormente il settore degli allevamenti rispetto a quello delle coltivazioni vegetali. Gli allevamenti di suini e di avicoli nel periodo 1990- 2010 sono quelli che hanno reagito meglio ai processi di trasformazione economia e hanno registrato gli incrementi maggiori (FAOSTAT, 2010).

I beni agricoli più coltivati sono i cereali (segale, frumento, orzo, avena), le coltivazioni industriali (barbabietola da zucchero), le patate, il tabacco, le mele e gli ortaggi freschi.¹¹²

Spagna

Il territorio è dominato dalla presenza di altopiani e rilievi montagnosi. Le pianure si trovano nelle valli fluviali e sulle coste mediterranee e atlantiche.¹¹³ La morfologia del territorio unita al clima molto variabile nelle diverse aree geografiche del Paese (più temperato nell'area atlantica e con maggiori precipitazioni, a sud il clima è più torrido e le precipitazioni sono scarse) limitano le capacità produttive dell'agricoltura spagnola.¹¹⁴

Il settore agricolo contribuisce per una quota pari al 3% alla produzione del PIL del Paese mentre in termini occupazionali nel 2010 il 4% della forza lavoro totale lavorava in agricoltura.

Nella produzione agricola, nel settore dei cereali, prevalgono la coltivazione dell'orzo, del mais e del frumento. Le maggiori quantità di beni agricoli prodotti riguardano la frutta e in particolare gli agrumi, gli ortaggi, le olive (1° produttore mondiale davanti all'Italia) e l'uva (4° produttore mondiale dopo la Cina, l'Italia e gli Stati Uniti). Il settore degli allevamenti (in particolare bovini, suini¹¹⁵ e ovini) è anch'esso molto sviluppato.

Stati Uniti

¹¹¹ http://roma.trade.gov.pl/it/polska/article/detail,722,Informazioni_generali_sulla_Polonia.html

¹¹² http://www.voyagesphotosmanu.com/agricoltura_polonia.html

¹¹³ <http://doc.studenti.it/altro/geografia/9/spagna.html>

¹¹⁴ <http://www.skuela.net/geografia/spagna.html>

¹¹⁵ Quarto produttore mondiale dopo China, Stati Uniti e Germania.

Il Paese possiede uno dei più vasti territori a livello mondiale, dopo Russia, Cina e Canada. La vastità del territorio spiega l'esistenza di molte tipologie di climi. Il clima da umido continentale nel nord varia fino a diventare subtropicale umido nel sud del Paese. In Florida il clima è tropicale nella parte meridionale. Nelle Grandi Pianure a ovest c'è un clima semi-arido mentre nelle regioni montane dell'Ovest un clima alpino e nella maggior parte dello Stato dell'Alaska è presente un clima polare. Il territorio ospita estese pianure fertili e pianeggianti (Grandi Pianure) e zone più montagnose che raggiungono quote elevate.

Il settore primario svolge un ruolo ancora importante nell'economia statunitense pur contribuendo a produrre solo l'1% del PIL totale e occupando il 2% della forza lavoro totale. La superficie agricola è dedicata in particolare alla coltivazione dei cereali quali grano, mais, soia. Importanti sono anche le produzioni dell'allevamento come le carni e il latte. Le aree per l'allevamento da carne sono concentrate nello Stato del Texas ricco di pascoli e praterie mentre l'allevamento per la produzione del latte è localizzato negli Stati del Nord-est, e nella regione dei Grandi Laghi (la cosiddetta dairy belt).

7.2.5 Confini del sistema

Dal punto di vista fisico i confini del sistema sono idealmente tracciati intorno alla superficie agricole nazionali dei Paesi selezionati nei quale sono prodotti i beni agricoli per l'alimentazione umana e animale. L'analisi secondo un approccio del ciclo di vita può essere definita del tipo "dalla culla ai cancelli della fabbrica" (*from cradle to farm gate* in inglese) e include la fase di produzione agricola (nella quale sono prodotti i beni agricoli per l'alimentazione umana e i foraggi per l'alimentazione animale) e di allevamento (nella quale sono prodotti beni quali latte, uova e carni delle diverse specie allevate) e la fase di produzione a monte (upstream) degli input (ad es. elettricità e fertilizzanti) utilizzati nella fase agricola e di allevamento.

I flussi d'input diretti, utilizzati nella fase agricola e di allevamento per ottenere le quantità di prodotti finali annuali (produzioni agricole vegetali e animali) nei diversi sistemi agricoli includono: il gasolio agricolo, l'elettricità, l'acqua per irrigazione e allevamento, gli elementi nutritivi quali: azoto (N), anidride fosforica (P_2O_5) e ossido di potassio (K_2O), i prodotti fitosanitari (fungicidi, insetticidi e acaricidi, erbicidi), le macchine agricole, i mangimi e foraggi. I flussi d'input indiretti per la fabbricazione degli input della fase agricola e di allevamento includono i flussi legati ai consumi di energia e materiali di tali input (**Figura 7.1**, collocati in alto e da sinistra verso destra rispetto al sistema agricolo).

Per quanto riguarda i prodotti finali (in termini fisici ed economici) sono stati considerati i beni delle coltivazioni agricole e delle produzioni animali nazionali che comprendono le coltivazioni erbacee, arboree, foraggere, industriali e orticole, le carni delle diverse specie allevate (bovini, suini, ovini, caprini, equini, avicoli, conigli), il latte, il miele e le uova. Per l'analisi emergetica, che calcola il supporto ambientale necessario per sostenere l'attività economica del sistema agricolo, sono stati inclusi anche i flussi di risorse rinnovabili (energia solare, eolica, geotermica, precipitazioni) e non rinnovabili locali (**Figura 7.1**, a sinistra del sistema agricolo).

7.2.6 Tipologie e requisiti di qualità dei dati

I requisiti di qualità dei dati riflettono in genere le caratteristiche dei dati richiesti dallo studio.

Dal punto di vista della qualità dei dati nello studio si considerano:

- *per l'aspetto temporale*, la raccolta di dati primari annuali relativi ai processi di produzione delle coltivazioni agricole vegetali e animali;
- *per gli aspetti geografici*, il reperimento di dati primari relativi ai diversi Paesi selezionati;
- *per la completezza*, l'analisi dei flussi di input e prodotti finali (output) nel limite della disponibilità dei dati primari a disposizione;
- *per la rappresentatività*, l'uso di dati primari provenienti principalmente dalle statistiche della FAO che rispecchiano dal punto di vista qualitativo e quantitativo il più possibile i processi agricoli nazionali. Sono stati utilizzati anche dati secondari per la quantificazione dei flussi di energia e materiali indiretti legati alle produzioni dei diversi input (fertilizzanti, pesticidi, mangimi, sementi, elettricità).
- *per la riproducibilità* sono riportate le procedure di calcolo utilizzate (par. 7.2.8) e le procedure di allocazione (par. 7.2.9). Per l'elaborazione dei dati è stata utilizzata la procedura di calcolo "SUMMA" (Ulgiati *et al.*, 2006) di cui si è parlato in precedenza.

7.2.7 Categorie d'impatto considerate

Abbiamo focalizzato l'attenzione sulle seguenti categorie d'impatto e/o di analisi: consumo di risorse abiotiche e idriche, consumo di risorse fossili, riscaldamento globale, acidificazione, supporto ambientale, consumo di risorse fossili (indicatori energetici intensivi ed estensivi) e

supporto ambientale (indicatori energetici intensivi ed estensivi), uso del suolo, sicurezza alimentare, analisi degli impatti economici: GPV produzione agricole e animali, quota del PIL agricolo rispetto a quello totale, quota di forza lavoro totale occupata in agricoltura.

7.2.8 Procedure di calcolo

I contributi alle categorie d'impatto ambientali, sono calcolati dai dati raccolti dei sistemi agricoli analizzati riguardanti i flussi d'input (macchinari, fertilizzanti, combustibili, risorse idriche, pesticidi, etc). Questi ultimi sono, in seguito moltiplicati, per fattori d'intensità propri di ogni metodo (analisi energetica, analisi emergetica). Tali fattori quantificano il costo energetico, emergetico o ambientale che direttamente e indirettamente sono associati al flusso di un dato input (es. fertilizzante) nell'intero ciclo di vita (**Figura 7.3**). I fattori d'intensità sono reperibili nella letteratura scientifica specifica.

In dettaglio, come indicato sopra, gli indicatori d'impatto complessivi che sono presentati in questo studio nella **Tabella 7.2**, sono ottenuti moltiplicando i dati raccolti per i fattori d'intensità di ogni metodo secondo la seguente equazione:

$$C = \sum C_i = \sum f_i * c_i \quad i= 1, \dots, n \quad (\text{Equazione 1})$$

Dove:

C= (Indicatore d'impatto complessivo) indica il costo energetico ed ambientale complessivo associato al processo analizzato;

C_i indica il costo energetico ed ambientale associato al flusso i-esimo di materia ed energia del processo analizzato;

f_i = quantità del flusso i-esimo di materia, energia associato al processo analizzato;

c_i= fattore d'intensità materiale, energetica, emergetica o ambientale del flusso i-esimo (reperibile dalla letteratura oppure calcolati nello studio, Appendice 6).

Dagli indicatori d'impatto complessivi (detti anche estensivi) è possibile ottenere indicatori d'impatto intensivi dividendo i primi per i flussi di prodotti finali (espressi in termini monetari (€), fisici (g di peso secco) o energetici (Joule di contenuto energetico) che in questo studio sono i beni delle produzioni vegetali e animali annuali. Si ottengono in questo modo indicatori intensivi riferiti all'unità funzionale. In termini formali dall'Equazione 1 si ha:

$$I = C/Y \quad i= 1, \dots, n \quad (\text{Equazione 2})$$

Dove:

I = Indicatore intensivo del costo energetico o ambientale del processo analizzato;

C= Indicatore d'impatto complessivo del costo energetico o ambientale del processo analizzato;

Y= dall'inglese Yield ovvero prodotto finale (output) del processo analizzato.

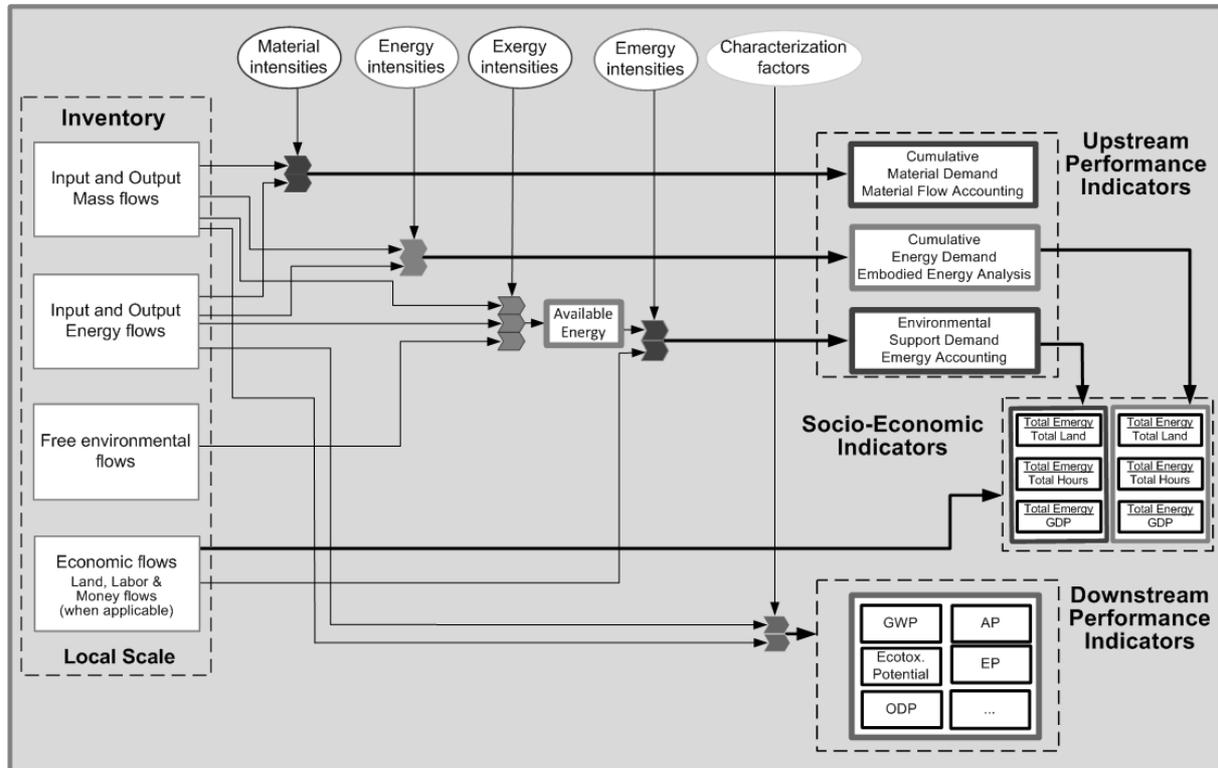


Figura 7.3. Schematizzazione delle procedure di calcolo dirette a ottenere gli indicatori d'impatto complessivi o estensivi e gli indicatori intensivi. Fonte: Zucaro, 2011.

7.2.9 Assunzioni metodologiche

Nello studio, come già indicato in precedenza, sono inclusi i consumi diretti di energia nelle diverse operazioni colturali nel settore agricolo (quali ad es. l'aratura, la semina, l'irrigazione, la raccolta) e i consumi indiretti di energia nei processi industriali per la produzione degli input (gasolio, elettricità, fertilizzanti e pesticidi, etc.). Pertanto i risultati dello studio in termini di *impatti energetici o energy footprint* legati alle produzioni agricole annuali (prodotti delle coltivazioni vegetali e animali) includono gli investimenti di energia e il costo ambientale sia nella scala locale (processo di produzione del settore agricolo) sia nella scala globale a monte di quella locale, necessaria per la produzione degli input nella scala locale. La **Figura 7.4** descrive le diverse tipologie di scale: globale e locale riferite ad es. alla produzione del latte. La metodologia di analisi si applica ovviamente a tutti prodotti dell'agricoltura.

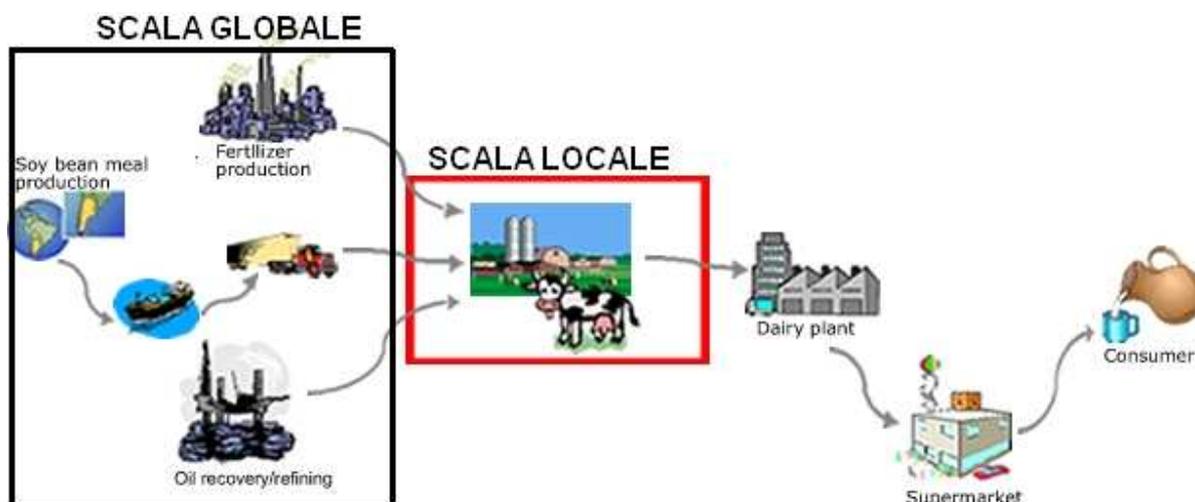


Figura 7.4. Scala globale e locale del ciclo di vita del latte. Fonte: LCA Denmark Database

Più in dettaglio gli indicatori di energia (indicatori estensivi) e di efficienza (indicatori intensivi) si basano sull'energia complessiva consumata e non solo sull'energia realmente utilizzata nei processi di produzione agricola. L'adozione di una finestra ampia d'indagine permette quindi una migliore comprensione sia dell'energia richiesta dai processi di produzione agricola sia della loro sostenibilità energetica attuale e futura.

Gli usi complessivi di energia (energia investita in un anno) sono influenzati dall'entità della superficie agricola utilizzata nel corso del tempo. Il settore agricolo di un determinato Paese può avere consumi di energia più elevati di un altro a causa delle differenze di estensione delle superfici agricole. A questo riguardo si può pensare ai flussi di energia complessiva che alimentano l'agricoltura dell'Italia, che sono molto minori rispetto ai flussi di energia verso l'agricoltura degli USA proprio perché quest'ultimo Paese ha una superficie agricola molto più elevata dell'Italia. Gli indicatori intensivi, invece, sono ottenuti come rapporto tra l'energia complessiva e i diversi prodotti o flussi supportati (massa delle produzioni agricole annuali, valore economico delle produzioni agricole, popolazione supportata, ore di lavoro generate annualmente, etc.). Come conseguenza gli indicatori intensivi forniscono indicazioni sull'efficienza nell'uso delle risorse energetiche da parte del settore agricolo.

Nello studio sono presentati sia indicatori estensivi sia intensivi e sono analizzati in certi casi congiuntamente in modo da permettere una conoscenza migliore delle prestazioni energetiche settore agricolo nel complesso.

7.2.10 Procedure di allocazione

Poiché i dati statistici nazionali relativi ai fattori produttivi quali elettricità e gasolio agricolo, macchinari e acqua sono riferiti al settore agricoltura in complesso e non sono forniti quindi in modo disaggregato per le produzioni vegetali e animali, è stato necessario disaggregare i dati e attribuire le quantità di fattori produttivi impiegati ai due sotto settori applicando il criterio di allocazione economica come suggerito dalle norme ISO 14040/14044. Quest'ultimo tipo di allocazione si è dimostrato efficace e affidabile nella maggior parte dei casi.

7.3 Inventario del ciclo di vita per i sistemi agricoli internazionali

L'applicazione delle equazioni 1 e 2 del paragrafo 7.2.8, richiede la redazione di un inventario nel quale siano stati raccolti i dati annuali relativi alla superficie agricola e gli altri input utilizzati nel sistema agricolo per l'ottenimento dei prodotti finali annuali.

La **Tabella 7.2** riporta i dati degli input impiegati nelle produzioni agricole vegetali e animali dei sistemi agricoli internazionali nonché i prodotti finali (output) generati negli anni 1990, 2002, 2005 e 2010. I dati degli input della **Tabella 7.2** sono poi stati assegnati o allocati ai settori delle coltivazioni agricole e degli allevamenti e utilizzati per il calcolo degli indicatori d'intensità e prestazione. La **Tabella 7.2** mostra che la superficie agricola totale (agricultural area) si è ridotta nel periodo 2010-1990 in Albania (-27%), Francia (-5%), Italia (-18%), Polonia (-15%), Spagna (-31%) e USA (-0.4%), mentre è aumentata in Argentina (+17%), Bangladesh (+10%), Cina (4%) e Brasile (+20%) probabilmente convertendo aree forestali in aree agricole (FAO, 2010).¹¹⁶

L'area agricola cinese è quella più estesa rispetto alle altre aree agricole, tuttavia la Cina è anche il Paese con la maggior popolazione mondiale. I Paesi europei, invece, hanno le aree agricole meno estese. Per quanto riguarda le quantità consumate di fertilizzanti, espresse in elementi nutritivi, i flussi annuali sono diminuiti tra il 1990 e il 2010 in Albania (-42%), Francia (-44%), Italia (-50%), Spagna (-5%) e USA (-59%). Le cause potrebbero essere ricercate nella riduzione della terra agricola, nell'adeguamento alle norme comunitarie (politiche di sviluppo rurale) che prevedono una riduzione degli input in agricoltura (ad es. le misure agroambientali, l'agricoltura biologica e integrata, etc.), gli aumenti dei prezzi dei

¹¹⁶ FAO, 2010. La deforestazione diminuisce a livello globale ma rimane allarmante in molti Paesi, disponibile a: <http://www.fao.org/news/story/it/item/40948/icode/>

fertilizzanti in seguito all'aumento del prezzo del petrolio.¹¹⁷ L'andamento contrario si osserva invece in Argentina (+316%), Bangladesh (+83%), Brasile (+260%), Cina (+141%), India (+167%) e Polonia (+60%), fornendo l'evidenza di una progressiva intensificazione dei processi produttivi agricoli. Infine le quantità consumate di elettricità e carburanti nel periodo tra il 1990 e il 2010 aumentano in quasi tutti i Paesi.

7.4 Analisi dei risultati

7.4.1 Analisi degli impatti energetici globali

La **Tabella 7.3**, mostra gli indicatori d'impatto energetico estensivi (consumo di risorse fossili), e i flussi annuali per le coltivazioni agricole vegetali delle superficie coltivate, massa delle produzioni vegetali prodotta annualmente, il loro valore economico (in \$). Questi ultimi dati di flussi d'input e output (prodotti finali) sono stati utilizzati per calcolare gli indicatori intensivi per unità funzionale (per ettaro di superficie coltivata, per \$ di valore economico, per grammo di peso secco e per Joule di contenuto energetico delle produzioni vegetali) secondo le Equazione 1 e 2 (par.7.2.8) e le determinate procedure di allocazione (par. 7.2.10). La **Tabella 7.4**, mostra invece gli indicatori d'impatto estensivi e intensivi (ottenuto come appena indicato per le coltivazioni vegetali) e i flussi annuali input e output per le produzioni agricole animali.

Le **Tabelle 7.3 e 7.4** ci permettono di valutare oltre all'impatto sul consumo di risorse fossili anche gli aspetti di sostituzione tra superficie coltivata dedicata all'alimentazione umana e quella dedicata all'alimentazione animale nel periodo analizzato (1990-2010). Per quanto riguarda la superficie allocata all'alimentazione umana, quattro Paesi (Albania, Polonia, Spagna e Italia) mostrano una diminuzione molto limitata di superficie agricola mentre tre Paesi (Bangladesh, Brasile e Cina) mostrano un aumento della superficie. Nel settore degli allevamenti aumenta la superficie dedicata all'alimentazione animale in Bangladesh, Argentina, India e Brasile mentre diminuisce in Albania, Spagna, Italia, Polonia. In Cina e USA rimane costante. Nella **Tabella 7.3** è presente per ogni anno l' indicatore denominato "*Cumulative energy*" che esprime i flussi annuali complessivi di energia (l'impatto complessivo annuale sul consumo di risorse fossili) associati alle produzioni vegetali annuali. Si riscontra che i flussi energetici che alimentano i sistemi agricoli della Cina in tutti gli anni

¹¹⁷ Sulla dinamica dei prezzi dei fertilizzanti negli ultimi anni vedere Fanfani e Gutierrez, 2011. Rapporto sull'andamento delle commodities agricole, pag. 13. I fertilizzanti e i carburanti detengono un peso rilevante nei costi totali delle aziende che praticano le colture erbacee e arboree.

analizzati sono i più elevati, seguiti dagli USA, dall'India, Brasile, Spagna, Francia e Italia. In riferimento ai valori di questo indicatore “*Cumulative energy*” i paesi possono essere raggruppati in alcuni gruppi: il primo gruppo include solo un paese (Albania) che ha un indicatore nell'ordine di 10^{15} Joule annuali, il secondo gruppo con il numero più elevato di Paesi (Bangladesh, Argentina, Polonia, Spagna, Italia, Francia e Brasile) che hanno flussi di energia annuali nell'ambito di 10^{17} Joule, il terzo gruppo (India, USA e Cina) che presenta i flussi energetici più elevati nell'ordine di 10^{18} Joule annuali (**Figura 7.5a e 7.5b**). Per il settore degli allevamenti sono stati individuati quattro gruppi: il primo con l'Albania: flussi di energia nell'ordine di 10^{15} Joule annuali, il secondo con Bangladesh, Spagna e Italia con flussi di energia nell'ordine di 10^{16} Joule annuali, il terzo con Argentina, Polonia, Francia, Brasile: flussi di energia nell'ordine di 10^{17} Joule annuali e infine l'ultimo con i flussi di energia più elevati: intorno ai 10^{18} Joule annuali (India, Cina e USA). Infine l'analisi dell'evoluzione nel tempo di questo indicatore evidenzia che ha avuto un andamento crescente tra il 1990 e il 2010 per alcuni paesi quali Bangladesh, India e Cina e decrescente per l'Albania, l'Italia e la Francia.

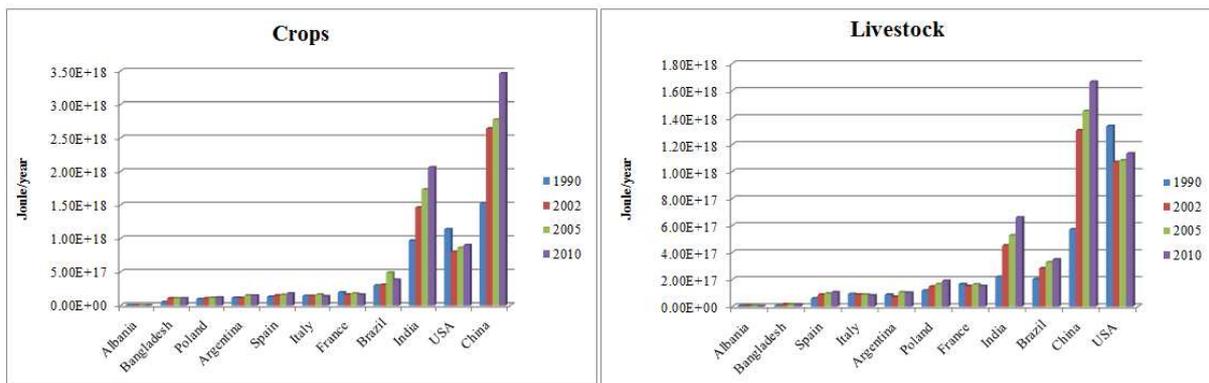


Figura 7.5a, b. Impatti energetici complessivi (indicatori estensivi) delle produzioni agricole vegetali e animali annuali dei paesi selezionati nel periodo 1990-2010.

Tabella 7.2. Flussi di input utilizzati nella produzioni agricole annuali vegetali e animali (congiunte) dei Paesi selezionati.

1990	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Agricultural area*	ha/yr	1.12E+06	1.46E+07	1.63E+07	1.19E+08	2.52E+07	1.41E+07	2.55E+07	2.18E+08	1.75E+08	3.40E+08	5.50E+08
Water °	g/yr	1.00E+15	2.52E+16	1.69E+15	2.15E+16	2.37E+16	2.00E+16	4.88E+15	3.34E+16	4.60E+17	1.95E+17	4.15E+17
Electricity^	J/yr	8.10E+14	8.71E+14	3.06E+16	9.30E+14	1.52E+16	1.52E+16	8.83E+15	2.40E+16	1.81E+17	1.42E+17	1.54E+17
Liquid fuels§	J/yr	3.21E+14	1.12E+16	5.74E+16	5.85E+16	5.78E+16	9.39E+16	9.39E+16	1.48E+17	1.68E+17	7.67E+17	4.05E+17
Fertilizers**	g/yr	8.94E+10	8.18E+11	1.34E+12	1.46E+11	1.72E+12	1.72E+12	4.94E+12	2.82E+12	1.05E+13	4.81E+13	2.38E+13
Pesticides°°	g/yr	1.13E+09	1.27E+09	4.85E+09	2.58E+10	3.49E+10	1.74E+11	9.00E+10	4.66E+10	7.47E+10	3.15E+11	7.65E+11
Tractors^^	g/yr	9.10E+08	5.20E+06	8.77E+10	1.28E+10	5.48E+10	1.06E+11	1.07E+11	5.33E+10	7.31E+10	3.41E+11	6.10E+10
2002	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Agricultural area*	ha/yr	7.31E+05	1.49E+07	1.97E+07	1.25E+08	2.52E+07	1.27E+07	2.36E+07	2.51E+08	1.80E+08	3.33E+08	5.59E+08
Water °	g/yr	1.06E+15	2.84E+16	1.06E+15	2.15E+16	2.37E+16	2.00E+16	4.87E+15	3.66E+16	5.58E+17	1.97E+17	3.58E+17
Electricity^	J/yr	7.13E+14	1.50E+15	1.06E+15	1.76E+15	1.80E+16	1.76E+16	8.83E+15	4.65E+16	3.04E+17	1.42E+17	2.83E+17
Liquid fuels§	J/yr	3.08E+15	2.70E+16	1.12E+17	1.05E+17	7.84E+16	8.42E+16	8.26E+16	2.24E+17	2.52E+17	4.69E+17	6.81E+17
Fertilizers**	g/yr	5.62E+10	1.56E+12	1.51E+12	8.42E+11	2.12E+12	1.42E+12	3.88E+12	7.43E+12	1.61E+13	1.95E+13	4.44E+13
Pesticides°°	g/yr	1.13E+09	1.16E+10	9.10E+09	7.49E+10	3.18E+10	8.53E+10	7.44E+10	7.57E+10	4.12E+10	2.98E+11	1.31E+12
Tractors^^	g/yr	8.63E+08	4.38E+08	1.49E+11	3.27E+10	1.34E+11	8.53E+10	1.38E+11	5.96E+10	1.72E+11	5.01E+11	6.85E+10
2005	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Agricultural area*	ha/yr	7.07E+05	1.48E+07	1.39E+07	1.30E+08	1.91E+07	1.23E+07	2.35E+07	2.60E+08	1.93E+08	3.37E+08	5.63E+08
Water °	g/yr	1.06E+15	2.85E+16	1.12E+15	2.15E+16	2.01E+16	1.29E+16	3.92E+15	3.17E+16	5.88E+17	1.92E+17	3.58E+17
Electricity^	J/yr	1.69E+14	1.89E+15	1.49E+16	2.82E+15	1.91E+16	1.93E+16	1.08E+16	5.65E+16	3.44E+17	1.42E+17	3.15E+17
Liquid fuels§	J/yr	2.25E+15	3.19E+16	1.17E+17	1.54E+17	9.76E+16	1.02E+17	8.72E+16	2.23E+17	2.99E+17	5.24E+17	8.43E+17
Fertilizers**	g/yr	6.00E+10	1.56E+12	1.97E+12	1.20E+12	1.84E+12	1.34E+12	3.54E+12	8.31E+12	2.03E+13	1.96E+13	2.81E+13
Pesticides°°	g/yr	6.55E+08	1.99E+10	1.38E+10	9.16E+10	3.18E+10	7.55E+10	6.76E+10	1.21E+11	3.53E+10	2.88E+11	1.46E+12
Tractors^^	g/yr	9.06E+08	4.38E+08	1.60E+11	2.73E+10	1.41E+11	1.85E+11	1.41E+11	8.99E+10	2.00E+11	5.12E+11	1.67E+11
2010	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Agricultural area*	ha/yr	8.22E+05	1.61E+07	1.38E+07	1.40E+08	1.75E+07	1.16E+07	2.42E+07	2.61E+08	1.99E+08	3.39E+08	5.71E+08
Water °	g/yr	1.06E+15	3.15E+16	1.16E+15	2.15E+16	2.00E+16	1.29E+16	3.92E+15	3.66E+16	6.88E+17	1.92E+17	3.58E+17
Electricity^	J/yr	1.69E+14	2.08E+15	1.59E+16	3.10E+15	2.02E+16	2.02E+16	1.19E+16	6.21E+16	3.79E+17	1.42E+17	3.47E+17
Liquid fuels§	J/yr	2.25E+15	3.51E+16	1.23E+17	1.85E+17	1.21E+17	9.48E+16	9.59E+16	2.24E+17	3.36E+17	5.76E+17	9.28E+17

Fertilizers**	g/yr	5.22E+10	1.50E+12	2.14E+12	6.06E+11	1.64E+12	8.64E+11	2.78E+12	1.01E+13	2.81E+13	1.97E+13	5.74E+13
Pesticides ^{°°}	g/yr	1.11E+09	1.32E+10	1.67E+10	9.68E+10	3.18E+10	6.33E+10	5.62E+10	1.33E+11	4.04E+10	2.99E+11	1.66E+12
Tractors ^{^^}	g/yr	8.87E+08	4.38E+08	1.77E+11	2.86E+10	1.49E+11	1.46E+11	5.62E+10	9.07E+10	2.49E+11	4.95E+11	3.39E+11
Land 2010/1990		-27%	10%	-15%	17%	-31%	-18%	-5%	20%	13%	0%	4%
Electricity 2010/1990		-79%	138%	-48%	233%	33%	33%	34%	159%	109%	0%	126%
Liquid fuels 2010/1990		600%	215%	114%	216%	109%	1%	2%	52%	100%	-25%	129%
Fertilizers 2010/1990		-42%	83%	60%	316%	-5%	-50%	-44%	260%	167%	-59%	141%

Agricultural area includes the area devote to crops and the area devoted to permanent meadows and pastures, available at:
<http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx#ancor> .

(°) Source: Aquastat (FAO), available: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>, Agricultural Water withdrawal .

(^) Source: http://www.nationmaster.com/graph/ene_ele_con_in_agr-energy-electricity-consumption-in-agriculture.

Only for Italy we used the data about electricity consumption in agriculture of TERNNA, available:

http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/statistiche/consumi_settore_merceologico.aspx

(§) Source: http://www.nationmaster.com/graph/ene_gas_oil_con_in_agr-gas-diesel-oils-consumption-agriculture. Only for India we used the data about diesel consumption in agriculture of India Energy Outlook End use demand of India to 2020, available: http://ies.lbl.gov/iespubs/india_energy_outlook.pdf

(**) Source: FAOSTAT: Data are referred to the consumption in nutrients of Nitrogen Fertilizers (N total nutrients), Phosphate Fertilizers (P2O5total nutrients), Potash Fertilizers (K2O total nutrients).

(°°) Source: FAOSTAT: Data area referred to the consumption of pesticides in active ingredients (Insecticides, Herbicides, Fungicides). Only for China as they are not available in the FAOSTAT database we used the data of pesticides use available at US Department of Agriculture database:

<http://www.ers.usda.gov/data-products/china-agricultural-and-economic-data/download-the-data.aspx>

(^^) Source: FAOSTAT (years 1990, 2002), available:

<http://faostat.fao.org/site/576/DesktopDefault.aspx?PageID=576#ancor>

TRADING ECONOMICS (years 2005, 2010), available: <http://www.tradingeconomics.com/italy/agricultural-machinery-tractors-wb-data.html>.

Tabella 7.3. Indicatori economici (Gross Production Value), fisici (Mass of crop production, dry matter, d.m.) e di superficie agricola (Hectares cropped), indicatori energetici estensivi (cumulative energy) ed intensivi (energy intensity per \$, dry matter, Joule, ha) per le sole coltivazioni agricole vegetali.

1990	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Gross Production Value*	\$/yr	5.66E+08	5.49E+09	8.18E+09	9.83E+09	2.18E+10	2.46E+10	3.03E+10	1.92E+10	8.11E+10	7.15E+10	1.58E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	6.93E+06	9.31E+06	1.13E+07	1.15E+07	5.91E+06	5.76E+06	6.47E+06	1.56E+07	1.19E+07	1.59E+07	9.62E+06
Mass of crop production d. m.°	g/yr	7.86E+11	2.81E+13	2.85E+13	2.72E+13	1.82E+13	1.94E+13	5.45E+13	1.10E+14	2.64E+14	2.26E+14	3.86E+14
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	4.99E+03	1.82E+03	3.25E+03	4.17E+03	7.07E+03	7.30E+03	3.60E+03	2.71E+03	3.67E+03	5.03E+03	3.95E+03
Energy Int. per J	J/J	0.33	0.12	0.21	0.25	0.43	0.48	0.24	0.16	0.23	0.32	0.27
Hectares cropped^	ha/yr	4.78E+05	1.40E+07	9.04E+06	1.49E+07	1.13E+07	8.14E+06	1.13E+07	3.39E+07	1.65E+08	6.06E+07	1.20E+08
Energy Intensity per hectare	J/ha	8.21E+09	3.65E+09	1.03E+10	7.61E+09	1.14E+10	1.74E+10	1.73E+10	8.82E+09	5.88E+09	1.88E+10	1.27E+10
Cumulative energy	J/yr	3.92E+15	5.11E+16	9.28E+16	1.13E+17	1.29E+17	1.42E+17	1.96E+17	2.99E+17	9.68E+17	1.14E+18	1.52E+18
2002	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Gross Production Value*	\$/yr	4.94E+08	7.49E+09	6.28E+09	1.18E+10	2.41E+10	2.73E+10	2.93E+10	2.72E+10	9.46E+10	7.76E+10	2.66E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	6.49E+06	1.42E+07	1.67E+07	9.26E+06	6.20E+06	5.18E+06	5.59E+06	1.13E+07	1.54E+07	1.03E+07	9.93E+06
Mass of crop production d. m.°	g/yr	5.28E+11	3.83E+13	2.36E+13	3.46E+13	2.08E+13	2.15E+13	6.10E+13	1.39E+14	2.93E+14	2.12E+14	4.74E+14
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	6.08E+03	2.77E+03	4.46E+03	3.17E+03	7.17E+03	6.60E+03	2.69E+03	2.22E+03	4.98E+03	3.78E+03	5.58E+03
Energy Int. per J	J/J	0.40	0.18	0.29	0.19	0.45	0.42	0.18	0.12	0.31	0.24	0.38
Hectares cropped^	ha/yr	2.34E+05	1.43E+07	1.33E+07	1.54E+07	1.10E+07	7.39E+06	1.12E+07	3.58E+07	1.57E+08	5.84E+07	1.40E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	1.37E+10	7.43E+09	7.88E+09	7.11E+09	1.36E+10	1.92E+10	1.47E+10	8.62E+09	9.27E+09	1.37E+10	1.89E+10
Cumulative energy	J/yr	3.21E+15	1.06E+17	1.05E+17	1.10E+17	1.49E+17	1.42E+17	1.64E+17	3.09E+17	1.46E+18	7.99E+17	2.64E+18
2005	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
Gross Production Value*	\$/yr	5.48E+08	8.45E+09	6.07E+09	1.36E+10	2.27E+10	3.05E+10	2.81E+10	3.02E+10	1.09E+11	8.24E+10	2.92E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	4.39E+06	1.27E+07	1.86E+07	1.10E+07	6.94E+06	5.36E+06	6.38E+06	1.62E+07	1.58E+07	1.04E+07	9.50E+06
Mass of crop production d. m.°	g/yr	5.32E+11	4.07E+13	2.18E+13	3.95E+13	1.60E+13	2.29E+13	5.88E+13	1.69E+14	3.29E+14	2.55E+14	4.99E+14
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	4.53E+03	2.64E+03	5.16E+03	3.77E+03	9.83E+03	7.15E+03	3.06E+03	2.90E+03	5.27E+03	3.37E+03	5.56E+03
Energy Int. per J	J/J	0.29	0.17	0.34	0.23	0.61	0.45	0.20	0.17	0.33	0.21	0.38
Hectares cropped^	ha/yr	2.45E+05	1.41E+07	7.57E+06	1.52E+07	1.06E+07	7.03E+06	1.36E+07	3.75E+07	1.69E+08	6.13E+07	1.42E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	9.83E+09	7.62E+09	1.49E+10	9.83E+09	1.49E+10	2.33E+10	1.32E+10	1.30E+10	1.03E+10	1.40E+10	1.96E+10
Cumulative energy	J/yr	2.41E+15	1.08E+17	1.13E+17	1.49E+17	1.57E+17	1.64E+17	1.80E+17	4.90E+17	1.73E+18	8.60E+17	2.77E+18
2010	Unit	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China

Gross Production Value*	\$/yr	7.77E+08	1.06E+10	5.99E+09	1.42E+10	2.41E+10	2.81E+10	2.68E+10	3.72E+10	1.33E+11	8.76E+10	3.66E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	3.44E+06	1.01E+07	2.01E+07	1.03E+07	7.40E+06	4.86E+06	6.08E+06	1.03E+07	1.55E+07	1.03E+07	9.46E+06
Mass of crop production d. m. [°]	g/yr	6.89E+11	5.10E+13	2.15E+13	4.50E+13	1.89E+13	1.86E+13	5.91E+13	2.37E+14	3.83E+14	2.84E+14	5.86E+14
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	3.88E+03	2.09E+03	5.61E+03	3.23E+03	9.43E+03	7.35E+03	2.75E+03	1.61E+03	5.38E+03	3.17E+03	5.90E+03
Energy Int. per J	J/J	0.25	0.13	0.37	0.20	0.55	0.46	0.18	0.10	0.35	0.19	0.40
Hectares cropped [^]	ha/yr	2.81E+05	1.53E+07	7.68E+06	1.60E+07	9.46E+06	6.38E+06	1.20E+07	4.15E+07	1.73E+08	5.98E+07	1.55E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	9.50E+09	6.95E+09	1.57E+10	9.11E+09	1.89E+10	2.14E+10	1.36E+10	9.19E+09	1.19E+10	1.50E+10	2.24E+10
Cumulative energy	J/yr	2.67E+15	1.07E+17	1.20E+17	1.46E+17	1.78E+17	1.37E+17	1.63E+17	3.82E+17	2.06E+18	9.00E+17	3.46E+18
Energy 2010/1990		-32%	109%	30%	28%	38%	-4%	-17%	28%	113%	-21%	97%
land 2010/1990		-41%	10%	-15%	7%	-17%	-22%	6%	22%	5%	-1%	12%
income 2010/1990		37%	93%	-27%	44%	11%	14%	-12%	94%	64%	23%	100%
mass 2010/1990		-12%	82%	-25%	66%	4%	-4%	9%	115%	45%	26%	32%

(*) Source: FAOSTAT, data referred to Gross Production Value of crops expressed in constant million US\$ (base year 2000).

(°) Source: Data about quantity of crops produced in each year comes from FAOSTAT database available: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> the quantity in dry matter has been obtained converting the quantitative annual data to their mass of dry matter and energy content by means of water content and energy equivalence values from INRAN database: Italian National Institute for Research in Food and Nutrition available: <http://www.inran.it/>

(^) Source: FAOSTAT, data referred to annual area harvested for crops, available: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

Tabella 7.4. Indicatori economici (Gross Production Value), fisici (Mass of crop production, dry matter, d.m.) e di superficie agricola (Hectares cropped), indicatori energetici estensivi (cumulative energy) ed intensivi (energy intensity per \$, dry matter, Joule, ha) per le sole produzioni agricole animali.

1990	Unit	Albania	Bangladesh	Spain	Italy	Argentina	Poland	France	India	Brazil	China	USA
Gross Production Value*	\$/yr	5.18E+08	6.96E+08	1.03E+10	1.61E+10	7.56E+09	1.04E+10	2.57E+10	1.84E+10	1.30E+10	5.93E+10	8.40E+10
Energy Intensity per \$	J/\$	6.93E+06	9.31E+06	5.91E+06	5.76E+06	1.15E+07	1.13E+07	6.47E+06	1.19E+07	1.56E+07	9.62E+06	1.59E+07
Mass of livestock production°	g/yr	8.55E+10	3.10E+11	1.92E+12	2.60E+12	1.88E+12	2.89E+12	5.09E+12	9.17E+12	4.34E+12	1.07E+13	1.72E+13
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	4.20E+04	2.09E+04	3.16E+04	3.56E+04	4.65E+04	4.09E+04	3.27E+04	2.40E+04	4.66E+04	5.32E+04	7.76E+04
Energy Int. per J	J/J	1.93	0.94	1.47	1.66	2.26	1.93	1.53	1.01	2.18	2.49	3.62
Hectares for livestock feed^	ha/yr	6.43E+05	6.21E+05	1.39E+07	5.99E+06	1.05E+08	7.28E+06	1.42E+07	1.06E+07	1.84E+08	4.17E+08	2.79E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	5.58E+09	1.04E+10	4.36E+09	1.55E+10	8.34E+08	1.63E+10	1.17E+10	2.07E+10	1.10E+09	1.37E+09	4.79E+09
Cumulative energy	J/yr	3.59E+15	6.48E+15	6.06E+16	9.28E+16	8.72E+16	1.18E+17	1.66E+17	2.20E+17	2.02E+17	5.70E+17	1.34E+18
2002	Unit	Albania	Bangladesh	Spain	Italy	Argentina	Poland	France	India	Brazil	China	USA
Gross Production Value*	\$/yr	8.32E+08	1.09E+09	1.42E+10	1.71E+10	7.73E+09	8.77E+09	2.70E+10	2.93E+10	2.49E+10	1.32E+11	1.04E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	6.49E+06	1.42E+07	6.20E+06	5.18E+06	9.26E+06	1.67E+07	5.59E+06	1.54E+07	1.13E+07	9.93E+06	1.03E+07
Mass of livestock production°	g/yr	1.54E+11	4.75E+11	2.56E+12	2.79E+12	2.21E+12	2.46E+12	5.29E+12	1.47E+13	8.14E+12	2.46E+13	2.16E+13
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	3.51E+04	3.25E+04	3.45E+04	3.17E+04	3.24E+04	5.97E+04	2.86E+04	3.08E+04	3.47E+04	5.31E+04	4.95E+04
Energy Int. per J	J/J	1.62	1.21	1.59	1.47	1.55	2.79	1.34	1.29	1.61	2.44	2.29
Hectares for livestock feed^	ha/yr	4.97E+05	6.18E+05	1.43E+07	5.31E+06	1.10E+08	6.39E+06	1.24E+07	2.22E+07	2.15E+08	4.20E+08	2.75E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	1.09E+10	2.50E+10	6.17E+09	1.67E+10	6.51E+08	2.30E+10	1.22E+10	2.04E+10	1.31E+09	3.11E+09	3.89E+09
Cumulative energy	J/yr	5.40E+15	1.54E+16	8.81E+16	8.87E+16	7.15E+16	1.47E+17	1.51E+17	4.52E+17	2.82E+17	1.31E+18	1.07E+18
2005	Unit	Albania	Bangladesh	Spain	Italy	Argentina	Poland	France	India	Brazil	China	USA
Gross Production Value*	\$/yr	8.71E+08	1.26E+09	1.39E+10	1.65E+10	9.59E+09	8.93E+09	2.56E+10	3.33E+10	2.02E+10	1.52E+11	1.04E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	4.39E+06	1.27E+07	6.94E+06	5.36E+06	1.10E+07	1.86E+07	6.38E+06	1.58E+07	1.62E+07	9.50E+06	1.04E+07
Mass of livestock production°	g/yr	1.64E+11	5.32E+11	2.50E+12	2.67E+12	2.68E+12	2.49E+12	5.12E+12	1.66E+13	9.43E+12	2.95E+13	2.23E+13
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	2.32E+04	3.00E+04	3.86E+04	3.31E+04	3.93E+04	6.65E+04	3.20E+04	3.18E+04	3.48E+04	4.91E+04	4.85E+04
Energy Int. per J	J/J	1.20	1.34	1.86	1.54	1.88	3.10	1.50	1.34	1.62	2.26	2.24
Hectares for livestock feed^	ha/yr	4.62E+05	6.56E+05	8.57E+06	5.31E+06	1.14E+08	6.35E+06	9.91E+06	2.40E+07	2.22E+08	4.21E+08	2.76E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	8.27E+09	2.44E+10	1.13E+10	1.67E+10	9.21E+08	2.61E+10	1.65E+10	2.20E+10	1.48E+09	3.44E+09	3.92E+09
Cumulative energy	J/yr	3.82E+15	1.60E+16	9.66E+16	8.86E+16	1.05E+17	1.66E+17	1.64E+17	5.27E+17	3.28E+17	1.45E+18	1.08E+18
2010	Unit	Albania	Bangladesh	Spain	Italy	Argentina	Poland	France	India	Brazil	China	USA

Gross Production Value*	\$/yr	9.03E+08	1.50E+09	1.42E+10	1.67E+10	9.88E+09	9.44E+09	2.51E+10	4.26E+10	3.39E+10	1.76E+11	1.10E+11
Energy Intensity per \$	J/\$	3.44E+06	1.01E+07	7.40E+06	4.86E+06	1.03E+07	2.01E+07	6.08E+06	1.55E+07	1.03E+07	9.46E+06	1.03E+07
Mass of livestock production ^o	g/yr	1.67E+11	6.67E+11	2.59E+12	2.65E+12	2.81E+12	2.64E+12	4.88E+12	2.10E+13	1.12E+13	3.42E+13	2.37E+13
Energy Int. per g.d.m.	J/g d. m.	1.86E+04	2.27E+04	4.06E+04	3.06E+04	3.62E+04	7.19E+04	3.12E+04	3.15E+04	3.11E+04	4.87E+04	4.78E+04
Energy Int. per J	J/J	0.96	1.01	1.96	1.42	1.70	3.34	1.46	1.33	1.44	2.23	2.21
Hectares for livestock feed [^]	ha/yr	5.41E+05	7.08E+05	8.04E+06	5.21E+06	1.24E+08	6.16E+06	1.22E+07	2.51E+07	2.20E+08	4.23E+08	2.79E+08
Energy Int. per hectare	J/ha	5.75E+09	2.14E+10	1.31E+10	1.56E+10	8.17E+08	3.08E+10	1.25E+10	2.63E+10	1.58E+09	3.93E+09	4.07E+09
Cumulative energy	J/yr	3.11E+15	1.51E+16	1.05E+17	8.12E+16	1.01E+17	1.90E+17	1.52E+17	6.59E+17	3.48E+17	1.66E+18	1.13E+18
Energy 2010/1990		-13%	134%	74%	-12%	16%	60%	-8%	200%	72%	192%	-15%
land 2010/1990		-16%	14%	-42%	-13%	19%	-15%	-14%	137%	19%	1%	0%
income 2010/1990		74%	116%	39%	4%	31%	-10%	-3%	131%	161%	197%	31%
mass 2010/1990		95%	115%	35%	2%	49%	-9%	-4%	129%	158%	219%	38%

(*) Source: FAOSTAT, data referred to Gross Production Value of crops expressed in constant million US\$ (base year 2000).

(^o) Source: Data about quantity of mass produced in each year are obtained from annual data of livestock products coming from FAOSTAT database available: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

the quantity in dry matter has been obtained converting the quantitative annual data to their mass of dry matter and energy content by means of water content and energy equivalence values from INRAN database: Italian National Institute for Research in Food and Nutrition available: <http://www.inran.it/>

([^]) Source: FAOSTAT, data referred to annual area harvested for some crops and annual permanent meadows and pastures area, available: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

7.4.1.1 Impatti energetici per prodotto, uso del suolo, sicurezza alimentare

La scala quantitativa dei sistemi (superficie agricola, consistenza degli allevamenti) influenza i consumi di energia, tuttavia anche altri fattori sono importanti e richiedono un'attenta analisi sia in termini di uso delle risorse energetiche sia in termini di efficienza dei processi di produzione. Alcuni Paesi (Bangladesh e India) destinano una parte molto piccola della loro superficie agricola coltivata alla produzione di cibo per l'alimentazione animale sia come foraggi sia come mangimi, altri Paesi come Argentina, USA, China e Brasile, invece, hanno superficie dedicate alla alimentazione animale molto elevate (75%-90%) mentre i Paesi europei utilizzano per la coltivazione dei mangimi e foraggi animali circa il 50%-60% della loro superficie agricola coltivata. In genere le superficie dedicate alla coltivazione delle foraggere (avvicendate e permanenti) richiedono meno input delle coltivazioni vegetali cosicché i loro impatti energetici e la loro carrying capacity sono molto più ridotti rispetto alle altre tipologie di coltivazioni vegetali. Al contrario l'allevamento praticato in modo intensivo¹¹⁸ (che produce molta carne in poco tempo¹¹⁹) richiede elevate quantità di area agricola per la produzione del mangime animale. Come conseguenza, gli indicatori d'intensità energetica sono influenzati dalla superficie agricola dedicata alla produzione di cibo per l'alimentazione animale e dal tipo di allevamento (estensivo o a "pascolo"¹²⁰ oppure "intensivo" in ambienti chiusi).

Per quanto riguarda invece il settore delle coltivazioni vegetali, l'intensità energetica è influenzata dal mix di colture coltivate, poiché certe tipologie di colture richiedono più fertilizzanti e operazioni colturali rispetto ad altre (par.5.1). Considerando questi aspetti è possibile analizzare con un maggior grado di dettaglio le intensità energetiche per ha, per grammo in peso secco, per joule e per \$ delle produzioni dei diversi sistemi agricoli analizzati. Dalla **Tabella 7.3** e dalla **Figura 7.6a** si può notare che l'intensità energetica per ha delle produzioni vegetali (intensità energetica per ha annuale) nel 2010 ha raggiunto i valori più elevati in China, Italia e Spagna (intorno ai 21 GJ/ha/anno), e i valori più bassi (al

¹¹⁸ Il sistema di allevamento intensivo lavora come un vero e proprio stabilimento industriale. Gli animali allevati sono principalmente maiali, polli, galline ovaiole e bovini. Questi allevamenti cosiddetti "senza terra" sono localizzati per lo più nell'America nord-orientale, in Europa e in Asia, e in generale nelle aree ricche e molto popolate, dove la richiesta di carne è molto alta. Fondazione Enrico Mattei, 2008.

¹¹⁹ Fondazione Enrico Mattei-Cariplo, 2008. Progetto eat-ing – Educare alla responsabilità agroalimentare del territorio: inchieste natura giornalismo, disponibile a: <http://www.eat-ing.net/attach/zootecnia.pdf>

¹²⁰ Il sistema di allevamento estensivo, grazie alla presenza di vaste aree agricole, consente agli animali di pascolare liberamente: con questo sistema vengono allevati per lo più bovini, per carne e latte, ovini e caprini. L'allevamento estensivo è in genere diffuso in America centrale e meridionale, in particolare in Argentina, in Brasile e in Perù, ma anche in Australia e in Europa. Fondazione Enrico Mattei, 2008.

di sotto dei 10 GJ/ha/anno in Albania, Bangladesh, Argentina e Brasile. Per il settore degli allevamenti la più elevata intensità per ettaro si osserva in Bangladesh (tuttavia decrescente nel tempo), in Polonia e India (entrambe invece crescenti). Le intensità di Italia e Francia che seguono, dimostrano un andamento costante mentre Cina, Brasile, Argentina e USA hanno un'intensità energetica molto bassa per le ragioni indicate sopra (alta percentuale di superficie agricola dedicata a pascolo estensivo) (**Figura 7.6b**).

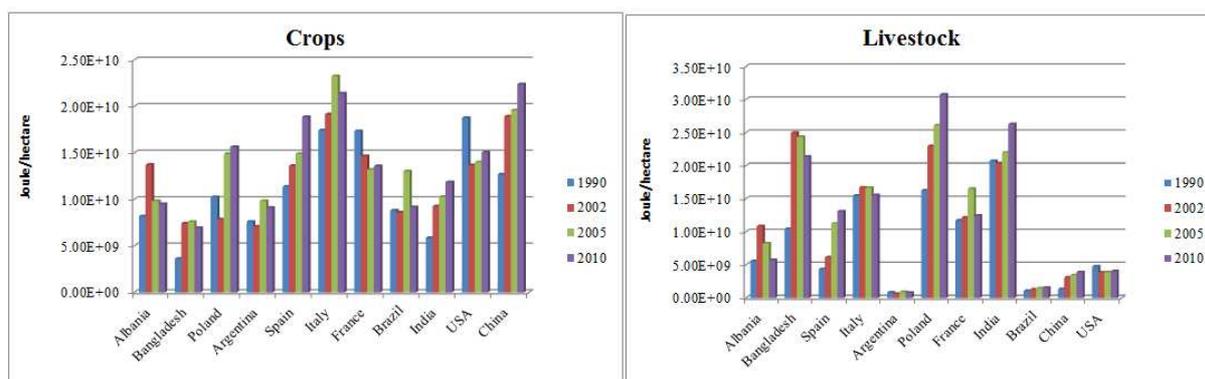


Figura 7.6a,b. Evoluzione degli indicatori per ettaro di superficie coltivata dedicata all'alimentazione umana e animale.

In tutti i Paesi tra il 2010 e il 1990 il valore della produzione per le coltivazioni vegetali è aumentato in modo marcato e in particolare nei paesi in via di sviluppo come Bangladesh, Brasile, India e Cina, dove si osservano i tassi di crescita più elevati con valori intorno e pari al 100%. Nei paesi industrializzati (Albania, Spagna, Italia, Francia, USA) si evidenziano tassi di crescita molto inferiori rispetto ai paesi in via di sviluppo e in certi casi anche tassi di crescita negativi (Francia, -12% e Polonia -27%).

La massa delle produzioni vegetali misurata in peso secco diminuisce in Albania, Polonia e Italia, aumenta in modo marcato in Bangladesh (+82%), Argentina (+66%), India (+44%) e Brasile (+115%) e in misura minore in Spagna e Francia (+4%) e negli USA (+23%).

Infine il valore energetico delle produzioni vegetali, in termini di calorie fornite al consumatore, può essere calcolato come l'inverso dell'intensità energetica dalle **Tabelle 7.3** e **7.4**. Per le produzioni vegetali i valori variano da un minimo di 1.67 (Spagna) fino a un massimo di 10.3 (Brasile). Per le produzioni animali, i valori dell'indicatore variano da un minimo di soli 0.33 (Polonia) fino a massimo di 1.22 (Bangladesh) (**Tabella 7.1**). Analizzando in dettaglio i dati di alcuni dei Paesi selezionati (**Tabella 7.2**) si può osservare che il sistema agricolo dell'Albania ha la più piccola area agricola, sia per le coltivazioni vegetali sia animali. L'area agricola totale è diminuita del 41% negli ultimi venti anni, la massa dei prodotti agricoli destinata all'alimentazione umana è diminuita del 12%, seguita da

una diminuzione del 32% dei consumi annuali di energia. L'aumento del valore lordo della produzione (GPV) delle coltivazioni vegetali è stato invece pari al 37%. Nello stesso periodo l'area agricola dedicata all'alimentazione animale (prati, pascoli permanenti e mangime) e i consumi di energia sono diminuiti rispettivamente del 16% e del 13% mentre la massa delle produzioni animali e il valore delle produzioni animali sono aumentati rispettivamente del 95% e del 74%. Infine, il rapporto tra energia prodotta e energia utilizzata (Output/input energy ratio) è stato nel 2010 pari a 4:1 per le produzioni agricole vegetali e solo 1:1 per il settore degli allevamenti; gli stessi tassi nel 1990 erano 1.95:1 e 1.34. E' possibile raggiungere alcune conclusioni da questi andamenti: la superficie agricola diminuisce in Albania, ma il trend decrescente interessa di più le coltivazioni agricole vegetali rispetto a quelle animali poiché tra il 1990 e il 2010, le quantità prodotte di coltivazioni vegetali sono diminuite mentre quelle animali sono aumentate. Il settore degli allevamenti si sta sviluppando riducendo la quota di superficie agricola totale a disposizione delle coltivazioni vegetali. Le cause potrebbero essere legate sia all'evoluzione dei consumi alimentari della popolazione verso un maggior consumo di prodotti come le carni e anche ad una maggiore remunerabilità di tali prodotti rispetto alle coltivazioni vegetali. Com'è possibile vedere anche dalla **Tabella 7.5** il prezzo di produzione del grano ad es. è molto inferiore al prezzo della carne di pollo. Dal 1990 la quota del GPV di queste ultime rispetto al GPV totale è diminuita dal 52% al 46% mentre la quota del GPV da allevamenti è aumentata dal 48% al 54%. Infine, dal punto di vista nutrizionale, l'efficienza energetica (Energy intensity, J/J) tuttavia di entrambe le produzioni è migliorata tra il 1990 e il 2010 (**Tabelle 7.3 e 7.4**).

Tabella 7.5. Prezzi al produttore del grano e della carne di pollo (US\$/tonnellata). Fonte: FAOSTAT.

Grano											
	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
1991	38.1	163.4	74.7	88.1	266.1	325.6	197.3	104.2	169.5	107	115.3
2010	279.4	295.2	199	169.4	229.6	236.2	212.4	233	248.2	209	279.5
2005	233.3	217.7	113.6	100.9	174.4	163.4	116.5	142.7	156.8	126	171.2
% 2005/1991	512%	33%	52%	15%	-34%	-50%	-41%	37%	-7%	18%	48%
Carne di Pollo											
	Albania	Bangladesh	Poland	Argentina	Spain	Italy	France	Brazil	India	USA	China
1991	227.6	1994.7	1057.4	1327.2	1179.1	1842.7	1501.2	991.9	1900.4	951	981.1
2010	3054.2	1298.9	1543.2	1238.2	1712.6	2446.8	1810.4	1452.4	2053.2	1381	2183.2
2005	2713.5	962.4	1232.5	2208.8	1478.3	1205.1	1491	976.6	1597.1	1316	1437.8
% 2005/1991	1092%	-52%	17%	66%	25%	-35%	-1%	-2%	-16%	38%	47%

L'analisi dei processi di sostituzione delle superficie coltivate tra coltivazioni vegetali e animali in un paese come gli USA (che invece ha una delle aree agricole totali più elevate tra i paesi selezionati e una delle maggiori aree dedicate all'alimentazione animale) evidenzia che le quantità di produzioni vegetali e animali sono aumentate tra il 1990 e il 2010 rispettivamente del 26% e del 38%. Nello stesso periodo il GPV delle produzioni animali è cresciuto di qualche punto percentuale superiore (+31%) rispetto alle produzioni vegetali (+26%). I consumi di energia totali si sono ridotti invece più per le coltivazioni vegetali (-21%) rispetto a quelle animali (-15%). A corollario la superficie agricola destinata all'alimentazione animale in tutti gli anni analizzati è stata intorno all'82% della superficie agricola totale (agricultural area nella **Tabella 7.2**) per supportare una dieta alimentare basata largamente sul consumo di carne. Infine dal punto di vista nutrizionale l'efficienza energetica (nelle **Tabelle 7.3 e 7.4**, è rappresentata dall'indicatore energy intensity per Joule) nei processi di produzione agricola americani era per le produzioni animali: 2.21 nel 2010 e 3.62 nel 1990 mentre per le produzioni vegetali era 0.19 nel 2010 e 0.32 nel 1990.

Infine passiamo ad analizzare le principali dinamiche di uso del suolo ed energetiche nei sistemi agricoli dell'India che detengono una superficie agricola intermedia tra quelle di Albania e USA analizzati in precedenza (**Figura 7.7**).

La superficie coltivata destinata all'alimentazione umana aumenta del 5% dal 1990 al 2010 mentre quella dedicata alla produzioni di alimenti per gli allevamenti aumenta in modo consistente (+137%) in un paese dove principalmente sono allevate le specie avicole, i caprini e gli ovini, poiché la carne bovina è limitata da fattori culturali e religiosi. La quota di superficie agricola per il livestock era solo il 6% dell'area agricola totale nel 1990, e nel 2010 ne copre una quota pari al 14%.

La massa delle produzioni agricole vegetali nel 2010, rispetto al 1990, aumenta di poco (+5%) mentre è più consistente la quantità di produzioni animali (+137%). Il GPV migliora in modo marcato sia per le produzioni vegetali sia animali crescendo rispettivamente del 64% e 131%. A fronte di questi aumenti i consumi di energia aumentano in modo elevato dal 1990, +113% (coltivazioni vegetali) e +200% (produzioni animali). Infine l'intensità energetica dei processi agricoli indiani (energy intensity per Joule, J/J) aumenta progressivamente dal 1990 per entrambe le produzioni, da 1.01 J/J nel 1990 a 1.33 J/J nel 2010 (coltivazioni vegetali) e da 0.23 J/J nel 1990 a 0.35 J/J nel 2010 (produzioni animali).

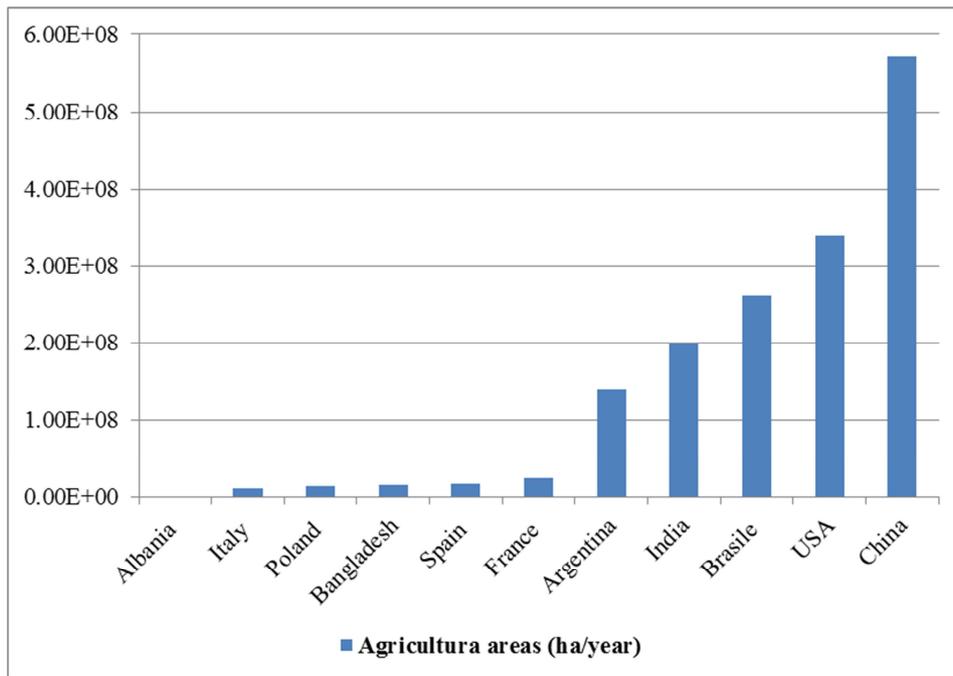


Figura 7.7. Superficie agricola totale dei sistemi agricoli dei Paesi selezionati

7.4.2 Analisi degli indicatori emergentici intensivi ed estensivi

Gli indicatori sono stati calcolati a partire dalle procedure di calcolo commentate nel par. 7.2.8. Nella fase di inventario dell'analisi emergentica sono stati considerati anche i costi di produzione degli input utilizzati nei sistemi agricoli ed elencati nella **Tabella 7.2** così come i benefici in termini monetari espressi dal GPV, il cui valore per ogni anno di analisi si può osservare nella **Tabella 7.3** per le produzioni vegetali, e nella **Tabella 7.4** per le produzioni animali.

La **Tabella 7.6** elenca gli indicatori emergentici intensivi calcolati per alcuni sistemi agricoli dei Paesi selezionati nel 2010 con e senza l'inclusione dell'emergentia connessa agli input di Lavoro e Servizi. Si può notare che nel settore della produzione vegetale l'Italia ha la minore intensità emergentica per unità di GPV ($2.07E+12$ seJ/\$ con L&S), la maggiore intensità per unità di massa ($3.75E+09$ seJ/g), per unità di energia ($2.37E+05$ seJ/J) e per unità di superficie ($1.09E+16$ seJ/ha), sempre con L&S, mentre nel settore della produzione animale la situazione è meno netta, con gli Stati Uniti che mostrano le maggiori intensità per unità di valore economico, massa ed energia, e il Bangladesh la maggiore intensità per unità di superficie ($3.51E+15$ seJ/ha). Questi valori non debbono sorprendere, perché sono collegati alle percentuali di utilizzo diretto della superficie agricola e indiretto dei mezzi di produzione per la produzione vegetale o animale e, in conseguenza, alle diverse percentuali di allocazione

degli input alle frazioni di valore economico generato. Quando il calcolo viene effettuato senza considerare l'emergia di L&S, ossia senza considerare i costi emergetici di mantenimento della infrastruttura socio-economica di ciascun paese, i valori sono ovviamente più bassi e l'ordine delle rispettive intensità cambia in conseguenza dell'efficienza tecnico-produttiva e della percentuale di utilizzo del suolo tra i due settori.

Ad esempio, gli Stati Uniti mostrano una più elevata intensità emergetica per unità di massa nella produzione animale a causa dell'elevato investimento di risorse nella produzione di foraggio ($6.26E+9$ seJ/g) e invece una minore intensità emergetica per ha di superficie dedicata all'alimentazione animale per la presenza di grandi aree dedicate al pascolo (**Tabella 7.6**). Nella **Tabella 7.6** sono riportati anche i valori dei principali indicatori d'intensità emergetica. Questi indicatori sono stati calcolati con e senza l'inclusione dell'emergia di L&S, dopo aver effettuato l'allocazione dei flussi di input sulla base della diversa percentuale di valore economico generato dai due settori. A causa della specificità delle procedure di allocazione, non deve sorprendere che i valori di ciascun indicatori siano uguali per i due settori e le differenze dipendano solo dall'inclusione di L&S. Una diversa procedura di allocazione, ad esempio in base al contenuto energetico o alla superficie dedicata, avrebbe ridistribuito i flussi in input diversamente e causato differenze nei valori calcolati. Ciò suggerisce che ciascun indicatore di performance è caratterizzato da un range di valori, piuttosto che da un valore unico, dipendente dal criterio di allocazione e, in ultima analisi, dalla ragione per cui un processo viene effettuato (economica, energetica, utilizzo ottimale della superficie aziendale, etc).

La tipologia di agricoltura del Bangladesh (che non ha ancora raggiunto un livello di industrializzazione pari alle agricolture dell'Italia e degli USA) e il suo minor benessere economico (in termini di PIL pro capite) in termini generali si riflettono nei valori più bassi di Rapporto di impatto ambientale (ELR, Environmental Loading Ratio), 3.01 e 1.16; più elevati dell'Indice di sostenibilità emergetica (ESI, Emergy Sustainable Index), 0.45 e 1.70; più elevati del Rapporto di rendimento emergetico (EYR, Emergy Yield Ratio), 1.36 e 1.98, e nel maggiore utilizzo di fonti rinnovabili, 25% e 46%, grazie anche all'elevata disponibilità di risorse idriche e al tasso annuale di precipitazioni. Ovviamente si tratta di valori calcolati, rispettivamente con e senza l'inclusione di L&S. Questi ultimi influenzano notevolmente i valori calcolati, perché risentono della percentuale di utilizzo di risorse rinnovabili, non rinnovabili o importate della società in cui il processo agricolo si svolge, attraverso il supporto di risorse alla fornitura di forza lavoro. L'andamento di questi indicatori è rappresentato nella **Figure 7.8 e 7.9**.

Tabella 7.6. Indicatori d'intensità energetiche nel 2010 con e senza l'emergia di lavoro e servizi.

Energy Indicators	Unit	Bangladesh	Italy	USA
<i>Intensive Indicators with Labor and Services</i>				
CROPS				
Specific Emergy per dollar	seJ/\$	1.29E+13	2.49E+12	4.57E+12
Specific Emergy per unit of dry matter	seJ/g	2.68E+09	3.75E+09	1.41E+09
Specific Emergy per Joule	seJ/J	1.70E+05	2.37E+05	8.47E+04
Specific Emergy per ha	seJ/ha	8.89E+15	1.09E+16	6.70E+15
EYR= U/(F+L+S)		1.36	1.09	1.18
EIR= 1/(EYR-1)		2.77	10.64	5.44
ELR= (N+F+L+S)/(R)		3.01	12.17	6.00
%REN= 1/(1+ELR)		0.25	0.08	0.14
ESI= EYR/ELR		0.45	0.09	0.20
LIVESTOCK				
Specific Emergy per dollar	seJ/\$	1.60E+12	9.26E+11	2.55E+12
Specific Emergy per unit of dry matter	seJ/g	3.62E+09	5.83E+09	1.19E+10
Specific Emergy per Joule	seJ/J	1.61E+05	2.71E+05	5.48E+05
Specific Emergy per ha	seJ/ha	3.41E+15	2.97E+15	1.01E+15
EYR= U/(F+L+S)		1.36	1.09	1.18
EIR= 1/(EYR-1)		2.75	10.64	5.44
ELR= (N+F+L+S)/(R)		3.02	12.17	6.00
%REN= 1/(1+ELR)		0.25	0.08	0.14
ESI= EYR/ELR		0.45	0.09	0.20
<i>Intensive Indicators without Labor and Services</i>				
CROPS				
Specific Emergy per dollar	seJ/\$	6.07E+12	8.36E+11	2.42E+12
Specific Emergy per unit of dry matter	seJ/g	1.26E+09	1.26E+09	7.45E+08
Specific Emergy per Joule	seJ/J	8.01E+04	7.96E+04	4.47E+04
Specific Emergy per ha	seJ/ha	4.19E+15	3.68E+15	3.54E+15
EYR= U/(F+L+S)		1.98	1.16	1.32
EIR= 1/(EYR-1)		1.02	6.29	3.16
ELR= (N+F+L+S)/(R)		1.16	8.32	3.61
%REN = 1/(1+ELR)		0.46	0.11	0.22
ESI= EYR/ELR		1.70	0.14	0.36
LIVESTOCK				
Specific Emergy per dollar	seJ/\$	7.57E+11	3.11E+11	1.35E+12
Specific Emergy per unit of dry matter	seJ/g	1.71E+09	1.96E+09	6.26E+09
Specific Emergy per Joule	seJ/J	7.58E+04	9.13E+04	2.90E+05
Specific Emergy per ha	seJ/ha	1.61E+15	9.99E+14	5.33E+14
EYR= U/(F+L+S)		1.99	1.16	1.32
EIR= 1/(EYR-1)		1.01	6.29	3.16
ELR= (N+F+L+S)/(R)		1.17	8.32	3.61
%REN= 1/(1+ELR)		0.46	0.11	0.22
ESI= EYR/ELR		1.70	0.14	0.36

Dall'analisi dei flussi energetici complessivi elencati nella **Tabella 7.7**, si nota che l'agricoltura Italiana utilizza una percentuale di risorse rinnovabili inferiore agli altri due paesi, sia quando si considera solo l'energia diretta, sia includendo la frazione rinnovabile che rappresenta nell'economia nazionale il sostegno a L&S (i flussi sono calcolati in entrambi i casi).

Gli altri flussi energetici in Tabella 7.7 (non rinnovabili, importati, totali) sono ovviamente dipendenti dalla superficie agricola (Bangladesh superiore di un fattore 2.5 all'Italia e inferiore di circa un fattore 4 agli USA) e alla percentuale di allocazione degli input alle frazioni di superficie destinata direttamente o indirettamente all'alimentazione umana e animale.

Tabella 7.7. Indicatori energetici estensivi nel 2010 per alcuni dei sistemi agricoli dei Paesi selezionati. (Indicatori con e senza l'emergia di lavoro e servizi).

Indicators	Unit	Bangladesh	Italy	USA
Extensive Indicators CROPS				
Renewable inputs, R (without double counting)	seJ/yr	2.97E+22	2.52E+21	4.59E+22
Renewable inputs, R (without double counting, including Ren. Fraction of L.&S.)	seJ/yr	3.40E+22	5.30E+21	5.72E+22
Locally nonrenewable inputs, N	seJ/yr	2.19E+21	7.01E+20	5.04E+21
Purchased inputs to agricultural phase, F (without L&S)	seJ/yr	3.24E+22	2.03E+22	1.61E+23
Direct Labor, L, non renewable fraction	seJ/yr	5.16E+22	2.46E+22	1.24E+23
Services (non-ren fraction)	seJ/yr	1.63E+22	1.90E+22	5.33E+22
Total emergy inputs to agricultural phase, U= (R+N+F+L+S)	seJ/yr	1.36E+23	6.99E+22	4.01E+23
Total emergy inputs to agricultural phase, U*= (R+N+F)	seJ/yr	6.43E+22	2.35E+22	2.12E+23
Extensive Indicators LIVESTOCK				
Renewable inputs, R (without double counting)	seJ/yr	4.22E+21	1.50E+21	5.77E+22
Renewable inputs, R (without double counting, including Ren. Fraction of L.&S.)	seJ/yr	4.83E+21	3.15E+21	7.20E+22
Locally nonrenewable inputs, N	seJ/yr	3.42E+20	4.16E+20	6.35E+21
Purchased inputs to agricultural phase, F (without L&S)	seJ/yr	4.60E+21	1.20E+22	2.02E+23
Direct Labor, L, non renewable fraction	seJ/yr	7.32E+21	1.46E+22	1.57E+23
Services (non-ren fraction)	seJ/yr	2.32E+21	1.13E+22	6.71E+22
Total emergy inputs to agricultural phase, U= (R+N+F+L+S)	seJ/yr	1.94E+22	4.15E+22	5.04E+23
Total emergy inputs to agricultural phase, U*= (R+N+F)	seJ/yr	9.16E+21	1.40E+22	2.66E+23

I diagrammi delle **Figure 7.8 e 7.9** mostrano una “impronta” caratteristica per ciascun sistema agricolo, mostrando l'Italia “sbilanciata” dal punto di vista dell'impatto ambientale e del costo di investimento, gli USA dal punto di vista dell'intensità energetica del valore generato dal settore dell'allevamento e il Bangladesh caratterizzato da una maggiore sostenibilità

ambientale, ma anche una maggiore intensità del settore di produzione vegetale, probabilmente a causa di una minore produttività di valore economico.

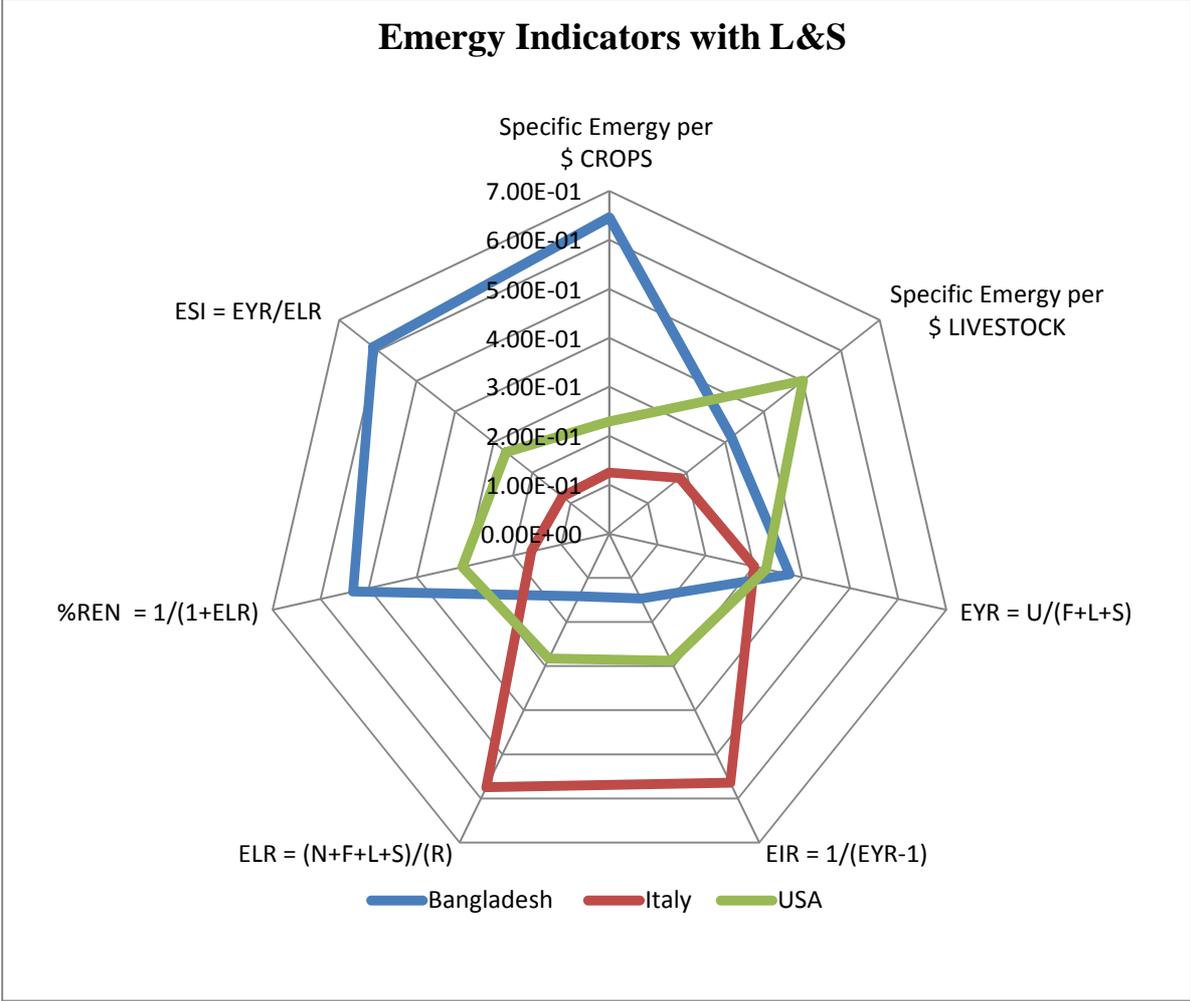


Figura 7.8. Indicatori d'intensità energetiche per alcuni dei Paesi selezionati. I valori tratti dalla Tabella 4 sono stati normalizzati rispetto alla totalità degli impatti generati.

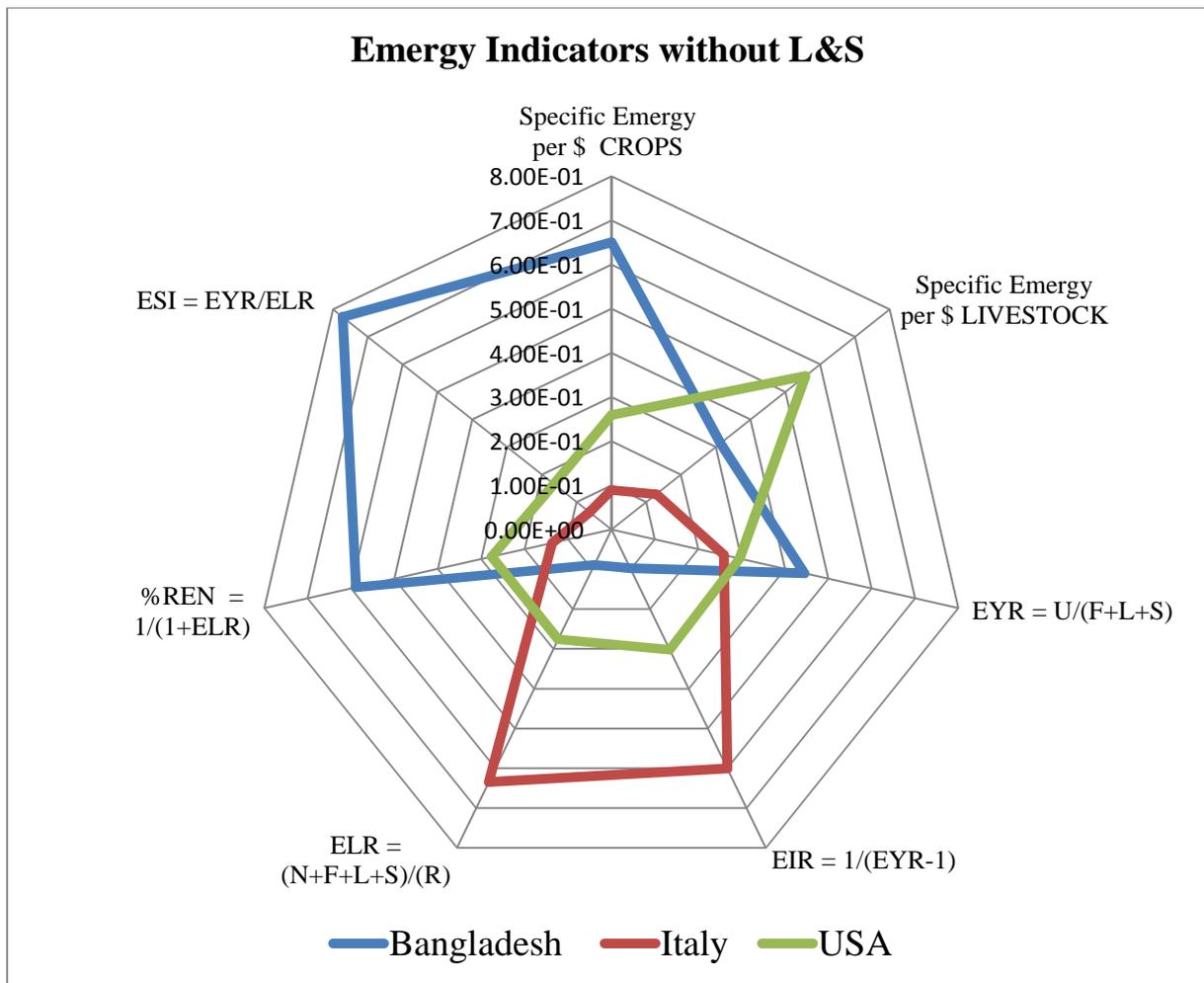


Figura 7.9. Indicatori d'intensità energetiche senza lavoro e servizi per alcuni dei Paesi selezionati. I valori tratti dalla Tabella 5 sono stati normalizzati rispetto alla totalità degli impatti generati.

Capitolo 8. Caso di studio: Analisi della sostenibilità dei sistemi agricoli della Regione Emilia Romagna e dell'Italia

8.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo del presente lavoro è di calcolare e confrontare gli impatti ambientali ed energetici delle produzioni agricole annuali prodotte nei sistemi agricoli della Regione Emilia Romagna e dell'Italia mediante l'utilizzo della metodologia "SUMMA" il cui quadro applicativo è conforme alle norme ISO 14040-44:2006 che regolano l'analisi del ciclo di vita, LCA.

8.2 Campo di applicazione

8.2.1 L'unità funzionale

Le unità dichiarate dei sistemi agricoli in esame sono le produzioni annuali (vegetali e animali) espresse in valore economico a prezzi concatenati, in massa di sostanza secca e in Joule di contenuto energetico. I risultati sono presentati sia per flussi di prodotti totali annuali che per diverse unità funzionali: € di valore economico, g dry matter, J di valore energetico, ha di terreno coltivato. Quest'ultima unità funzionale misura l'impatto e quindi l'eco-efficienza sulla superficie coltivata mentre le altre unità funzionali permettono di misurare le prestazioni del sistema con riferimento ai prodotti forniti e al loro valore (Goglio et al., 2012).

8.2.2 Il sistema studiato

I sistemi agricoli studiati sono quelli della Regione Emilia Romagna e dell'Italia. La durata delle coltivazioni agricole e delle attività di allevamento è stata ipotizzata pari a un anno. Di seguito sono tracciate le principali caratteristiche: territoriali, climatiche e produttive dei sistemi agricoli studiati.

8.2.2.1 La Regione Emilia Romagna, morfologie e condizioni climatiche

Il territorio della Regione Emilia Romagna ha un'estensione di circa 2,2 milioni di ettari. Poco meno della metà del territorio regionale (47.8%) è pianeggiante mentre la restante parte è collinosa (27%) e montagnosa (25%). La Regione si trova nella zona climatica della Pianura Padana e dell'Alto Adriatico. Il clima è temperato fresco continentale che si caratterizza per la presenza di forti escursioni termiche stagionali. Le temperature sono molto diverse tra la stagione estiva e quella invernale. Esse sono rigide in inverno (spesso scendono sotto i 0 C)

ed elevate in estate (raggiungono anche i 30°C) con alti tassi di umidità.¹²¹ Nell'area costiera sull'Adriatico le temperature sono più miti in inverno ed estate rispetto alle altre parti del territorio regionale rendendo possibile la coltivazione degli olivi. Le precipitazioni non sono molto elevate e sono distribuite prevalentemente in primavera e autunno e variano dai 600-800 millimetri l'anno in pianura fino ai 1500-2000 millimetri l'anno man mano che aumenta l'altitudine verso l'area Appenninica.

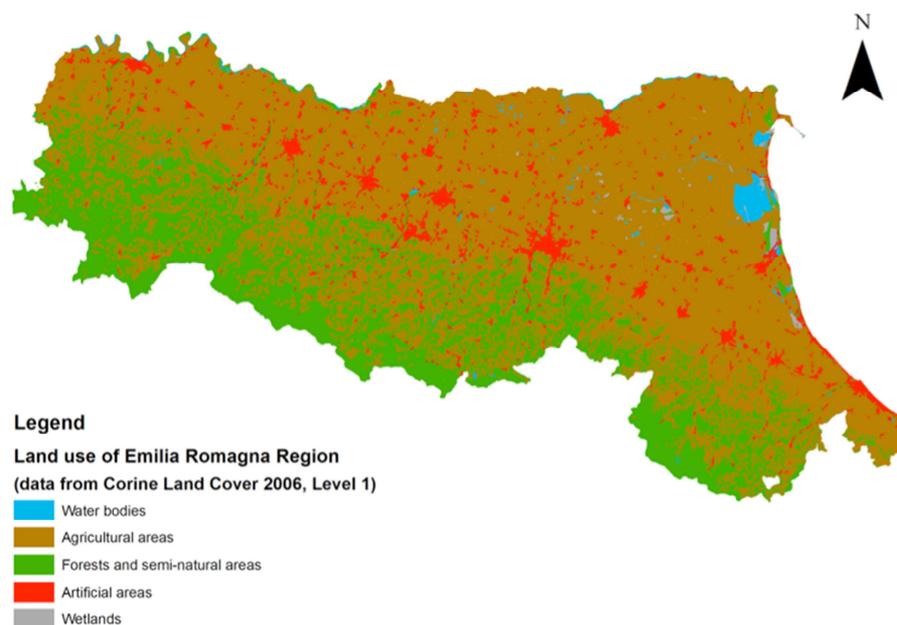


Figura 8.1 Mappa fisica della Regione Emilia Romagna. Fonte: Ghisellini et al., in press.

8.2.2.2. Caratteristiche strutturali e produttive del settore agricolo dell'Emilia Romagna

La maggior parte delle aziende agricole regionali è di piccole dimensioni (1-9 addetti) ed è gestita direttamente dal proprietario impiegando principalmente solo manodopera familiare (Regione Emilia Romagna, 2008). La superficie media per azienda è in continuo aumento nel corso degli anni alla ricerca di una maggiore redditività aziendale. Nel 2010 era pari a 14.5 ettari mentre nel 1982 era pari a 7.29 ettari (ISTAT, 2012) (**Figura 8.2**). Nella regione le tecniche di agricoltura intensiva sono dominanti, tuttavia quasi il 20% della superficie

¹²¹ Sassolini E., 2012. Il clima in Italia, disponibile a: <http://www.centrometeoitaliano.it/il-clima-dell-italia/>

agricola regionale è dedicata a tecniche di agricoltura integrata e biologica che prevedono una riduzione e l'eliminazione dell'uso di prodotti chimici. L'Emilia Romagna ha una lunga tradizione agricola, in particolare nei cereali, iniziata oltre un secolo fa. Già dai primi anni del '900 le rese per ettaro delle produzioni agricole della Regione erano le più elevate in Italia. La Regione ha ulteriormente consolidato nel corso del tempo, la sua capacità produttiva avanzata e l'importanza economica a livello nazionale delle proprie produzioni agricole e di quelle del settore agroalimentare¹²² nel quale la Regione vanta diverse produzioni di eccellenza che sono punti di forza del made in Italy (Felice, 2011).

L'agricoltura contribuisce attualmente alla generazione del 3.8% del PIL regionale mentre in termini occupazionali nel settore risulta impegnata il 4.2% della forza lavoro totale regionale.¹²³

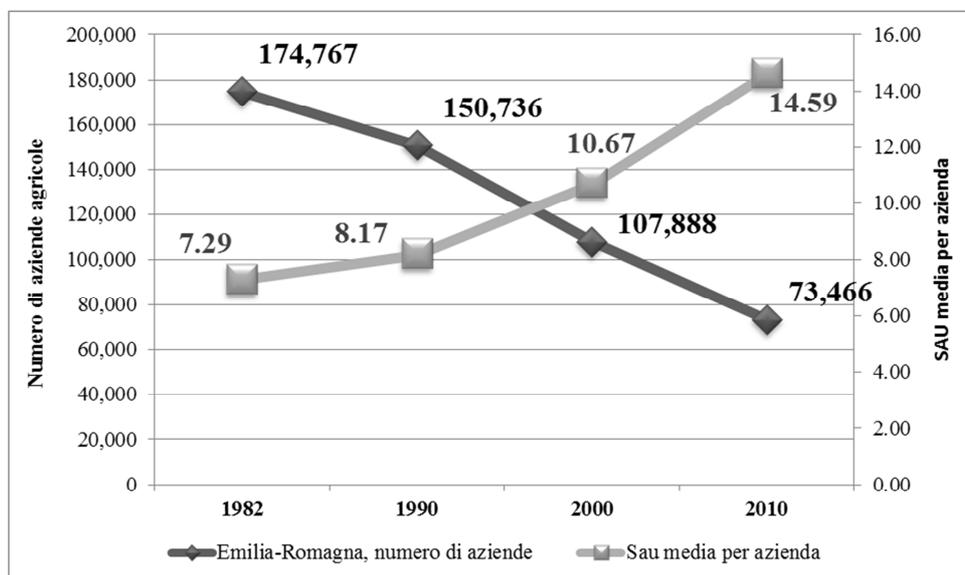


Figura 8.2. Numero di aziende e Superficie agricola utilizzata media per azienda in Emilia Romagna. Elaborazione su dati ISTAT, Risultati Censimenti Generali dell'Agricoltura 2010 e 2000.

8.2.2.3 L'Italia, morfologia e condizioni climatiche

Il territorio italiano ha un'estensione pari a 301,333 km². Solo il 21% del territorio è pianeggiante poiché è principalmente costituito da aree montuose (39%) e collinari (40%).

¹²² Il settore agroalimentare in Emilia-Romagna vanta **33 prodotti certificati DOP** (Denominazione di Origine Protetta) e IGP (Indicazione Geografica Protetta), tra cui marchi famosi a livello mondiale come il Parmigiano Reggiano, il Prosciutto di Parma e l'Aceto balsamico di Modena. Gli operatori nei **prodotti biologici** sono circa 5000. I laboratori di ricerca delle Rete Alta Tecnologia Regionale organizzati nella piattaforma tematica dell'agroalimentare lavorano per la qualità e sicurezza di materie prime, processi, macchine, impianti, prodotti finiti, negli aspetti salutistici degli alimenti e per la valorizzazione dei prodotti tipici. Investire nell'agroalimentare in Emilia Romagna, disponibile a: http://www.investinemiliaromagna.it/wcm/investiner/pagine/schede_filiere_produttive/Investire_nell_agroalimentare.pdf

¹²³ <http://www.jobbe.it/it/emilia-romagna-in-cifre/>

(Figura 8.3) Il suolo italiano, è stato profondamente modificato dalle attività umane e presenta diverse caratteristiche (vulcanico, endolagunare, calcareo ecc.). Il Paese è posizionato nella fascia temperata con clima mediterraneo. Quest'ultimo si differenzia per alcune peculiarità all'interno del Paese tanto che è possibile individuare alcune zone (macrosettori) secondo caratteristiche climatiche omogenee. Le zone possono essere ulteriormente suddivise in microsettori climatici per determinate caratteristiche. Le principali zone climatiche sono: la Regione Alpina, la Pianura Padana e l'Alto Adriatico, il Medio Adriatico, il versante Ligure-Tirrenico, la zona appenninica e la Regione Mediterranea. La diversità del clima italiano è influenzata da numerosi fattori quali: l'estensione della latitudine (da 47° N a 36°N), dalla presenza delle catene montuose delle Alpi e degli Appennini, e dalla presenza dei mari (in particolare quello Mediterraneo) che svolge una funzione mitigatrice del clima.¹²⁴ Le differenze climatiche tra nord e sud del Paese contribuiscono a favorire una diversificazione in agricoltura delle colture prodotte.

¹²⁴ Sassolini E., 2012. Il clima dell'Italia, disponibile a: <http://www.centrometeoitaliano.it/il-clima-dell-italia/>

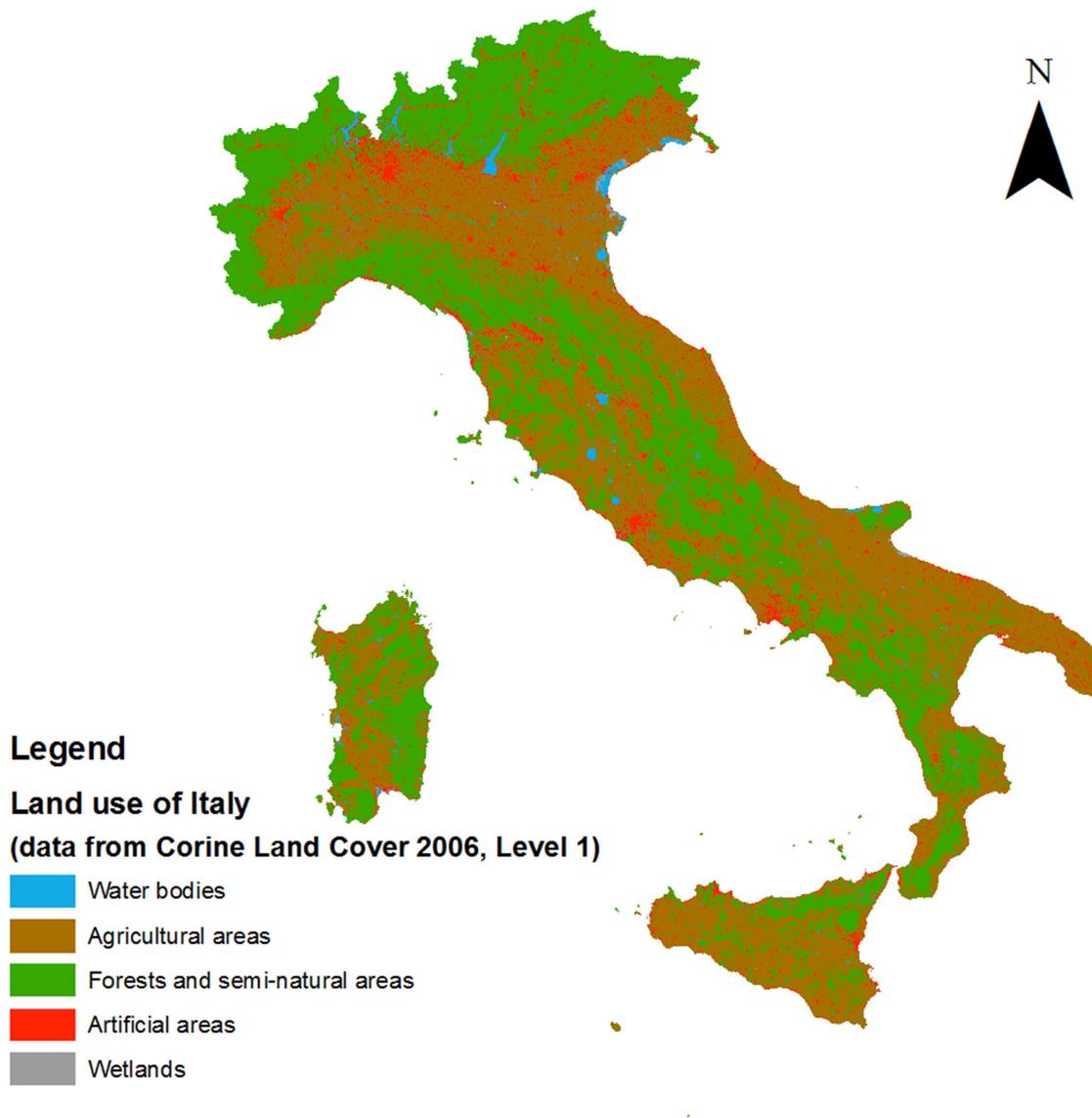


Figura 8.3. Mappa di uso del suolo dell'Italia.

8.2.2.4. Caratteristiche strutturali e produttive del settore agricoltura in Italia

La maggior parte delle aziende sono di tipo individuale (96.1% delle aziende totali) e sono gestite direttamente dal conduttore su terreni di sua proprietà o dei familiari. La superficie agricola media aziendale nel 2010 era pari a 7.9 ettari contro i 4.95 ettari del 1982 (**Figura 8.4**). Le aziende zootecniche sono il 15.5% del totale delle aziende (ISTAT, 2012).

Al nord sono prodotti principalmente i cereali come il frumento tenero, il mais e la soia, il riso, le barbabietole, le foraggere e i prodotti dell'allevamento bovino, suino e avicolo. Queste attività in particolare nella Pianura Padana sono condotte in modo intensivo. Nel centro- Italia ci sono aree dedite ancora all'agricoltura promiscua che associa ad es. in una stessa azienda la

coltivazione dei cereali a quelli dell'arboricoltura. Al sud del Paese prevale la coltivazione del tabacco, degli agrumi, degli olivi, del frumento duro e degli ortaggi.¹²⁵ Nel Sud alcune aree interne sono dedicate alla cerealicoltura estensiva così come anche in Sardegna nella quale queste aree sono alternate a quelle dedite all'allevamento degli ovini.¹²⁶

Nel 2010 l'agricoltura contribuiva alla generazione del 2% del PIL nazionale e occupava il 4% della forza lavoro totale (ISTAT, 2010).

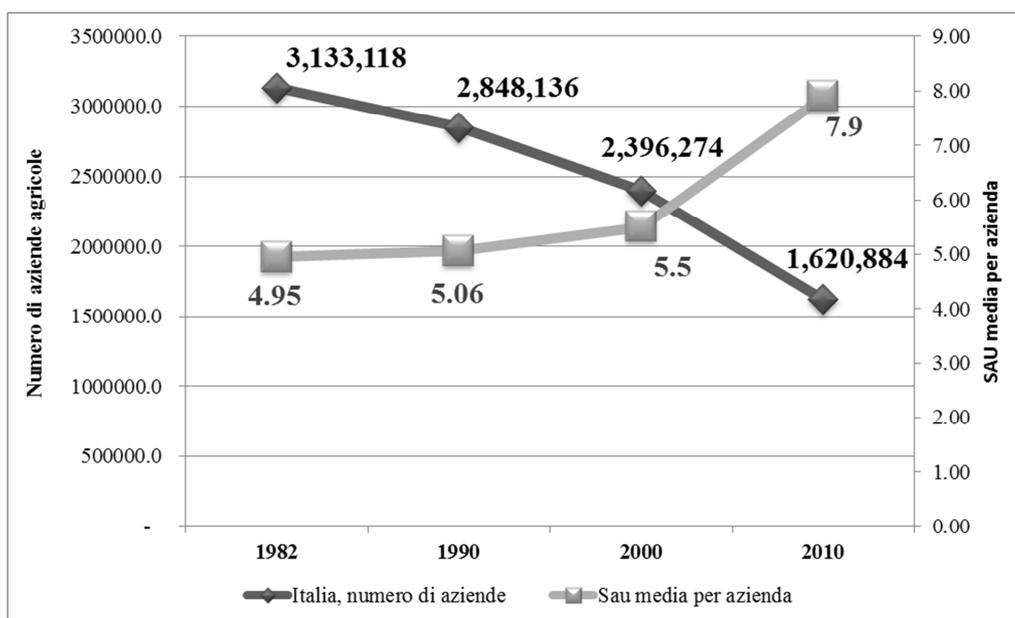


Figura 8.4. Numero di aziende e Superficie agricola utilizzata media per azienda in Italia. Elaborazione su dati ISTAT, Risultati Censimenti Generali dell'Agricoltura 2010 e 2000.

8.2.3 Confini del sistema

Dal punto di vista fisico, i confini del sistema, sono idealmente tracciati intorno alla superficie agricola nazionale e regionale nella quale sono prodotti i beni agricoli per l'alimentazione umana e animale. L'analisi secondo un approccio del ciclo di vita può essere definita del tipo "dalla culla ai cancelli dell'azienda" (*from cradle to farm gate* in inglese) e include la fase di produzione agricola (nella quale sono prodotti i beni agricoli per l'alimentazione umana e i foraggi per l'alimentazione animale) e di allevamento (nella quale sono prodotti beni quali latte, uova e carni delle diverse specie allevate) e la fase di produzione degli input a monte della fase agricola e di allevamento.

Sono stati inclusi i flussi di fattori produttivi diretti utilizzati nelle fasi agricola e di allevamento per ottenere le quantità di prodotti finali annuali (produzioni agricole vegetali e

¹²⁵ http://www.voyagesphotosmanu.com/agricoltura_italiana.html

¹²⁶ http://www.voyagesphotosmanu.com/agricoltura_italiana.html

animali) nei due sistemi agricoli. I risultati in termini di valore economico della produzione sono collegati in questo modo agli input che hanno concorso a determinarla e quindi anche alle funzioni di supporto diretto e indiretto fornite dall'ambiente naturale. I flussi di input diretti considerati nello studio includono: la benzina e il gasolio agricolo, l'elettricità, l'acqua per irrigazione e allevamento, gli elementi nutritivi quali: Azoto (N), anidride fosforica (P_2O_5) e ossido di potassio (K_2O), i prodotti fitosanitari (fungicidi, insetticidi e acaricidi, erbicidi), le macchine agricole, le sementi, i mangimi e la paglia per lettiera. Per le macchine agricole la disponibilità di dati statistici (le fonte principale per questi dati sono l'ISTAT, la banca dati degli Utenti Motori Agricoli e l'UNACOMA) ha permesso l'inclusione, oltre che dei trattori, anche di altre tipologie di macchine agricole (mietitrebbiatrici, macchine per la concimazione, per la difesa fitosanitaria, per la raccolta). Tutti gli input appena elencati, sono acquistati dal sistema economico, come si può vedere, nella **Figura 8.5**, e sono collocati in alto a destra. I flussi d'input diretti rinnovabili che saranno utilizzati per calcolare gli indicatori di supporto ambientale sono invece disposti a sinistra.

I flussi di input indiretti, non visibili nella **Figura 8.5**, ma ugualmente considerati nello studio, e utilizzati per la fabbricazione degli input diretti della fase agricola e di allevamento, includono sia i flussi legati ai consumi di energia e materiali sia i flussi di emissioni di CO_2 , CO, NO_x , SO_2 , idrocarburi incombusti, N_2O , CH_4 .

Per quanto riguarda i prodotti finali (in termini fisici ed economici) sono stati considerati i beni delle coltivazioni agricole e delle produzioni animali regionali e nazionali che comprendono le coltivazioni erbacee, legnose agrarie e foraggere, le carni delle diverse specie allevate (bovini, bufalini, suini, ovini, caprini, equini, avicoli, conigli, struzzi), il latte e le uova. Nella **Figura 8.5** i prodotti finali escono dal sistema agricola (freccie a destra) per essere venduti nei mercati dei beni agricoli.

Per l'analisi emergetica sono stati inoltre considerati anche i costi in termini monetari associati ad ognuno dei fattori produttivi e i benefici in termini di valore economico della produzione ottenuto dalla vendita dei prodotti finali.

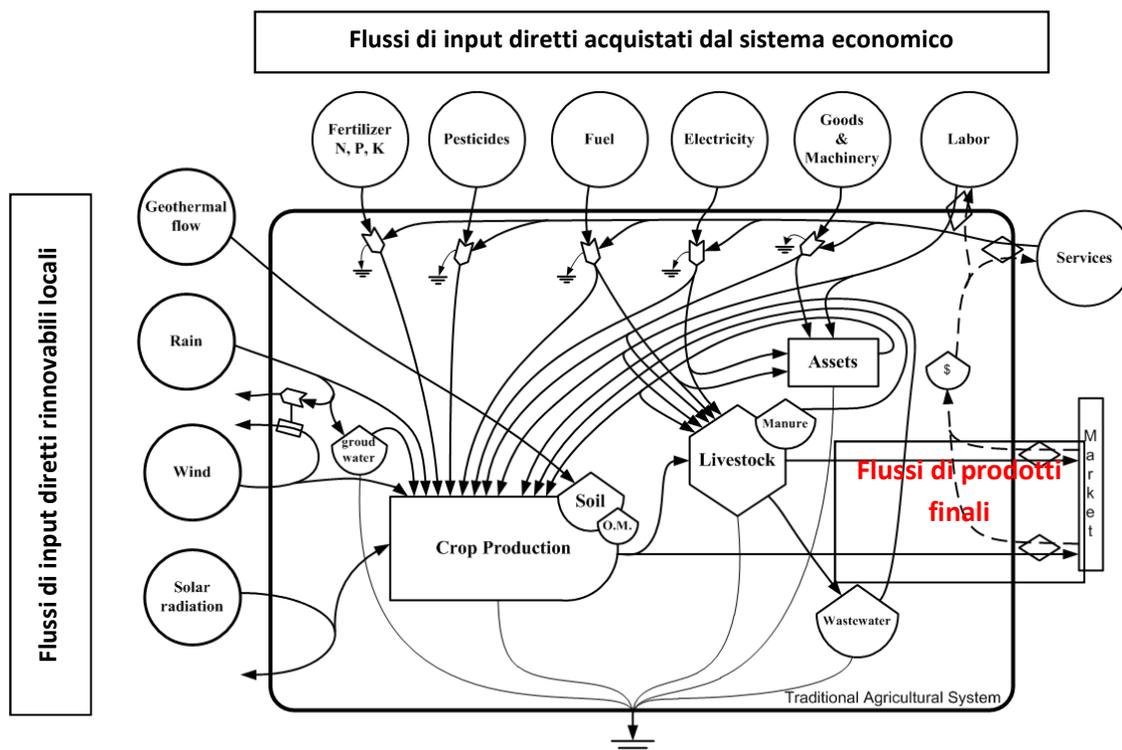


Figura 8.5. Rappresentazione dei flussi di input e prodotti finali dei sistemi agricoli regionali e dell'Italia.

8.2.4 Tipologie e requisiti di qualità dei dati

I requisiti di qualità dei dati riflettono in genere le caratteristiche dei dati richiesti dallo studio.

Dal punto di vista della qualità dei dati nello studio si considerano:

- *per l'aspetto temporale*, la raccolta di dati primari annuali relativi ai processi di produzione delle coltivazioni agricole vegetali e animali;
- *per gli aspetti geografici*, il reperimento di dati primari con copertura regionale (Emilia Romagna) e nazionale (Italia);
- *per la completezza*, l'analisi dei flussi di input, emissioni e prodotti finali (output) nel limite della disponibilità dei dati primari a disposizione;
- *per la rappresentatività*, l'uso di dati primari provenienti dalle statistiche agricole regionali (Statistiche dell'Agricoltura della Regione Emilia Romagna, diffuse anche nel database della Camera di Commercio di Bologna) e nazionali (Statistiche dell'Istituto Nazionale di Statistica, ISTAT) che rispecchiano dal punto di vista qualitativo e quantitativo il più possibile i processi agricoli regionali e nazionali. Sono stati utilizzati anche dati secondari per la quantificazione dei flussi di energia, materiali ed emissioni indiretti legati alle produzioni dei diversi input (fertilizzanti,

pesticidi, mangimi, sementi, elettricità). Le emissioni sono state quantificate attraverso i modelli di emissioni CML 2001.

- *per la riproducibilità* sono riportate le procedure di calcolo utilizzate (par. 8.2.6) e le procedure di allocazione (par. 8.2.7). Per l'elaborazione dei dati è stata utilizzata la procedura di calcolo "SUMMA" (Ulgiati *et al.*, 2006) di cui si è parlato nel paragrafo in precedenza.

8.2.5 Categorie d'impatto considerate

Abbiamo focalizzato l'attenzione sulle seguenti categorie d'impatto: consumo di risorse abiotiche, idriche e energetiche fossili, emissioni di gas serra (*carbon footprint*) e biossido di zolfo, SO₂ equivalenti (*acidification potential*), supporto ambientale (*indicatori emergentici intensivi ed estensivi*).

8.2.6 Procedure di calcolo

Il contributo alle diverse categorie d'impatto, misurato dagli indicatori di consumo di risorse abiotiche, idriche, fossili, acidificazione, carbon footprint, supporto ambientale, è calcolato dai dati raccolti sul sistema analizzato riguardanti sia i flussi d'input (macchinari, fertilizzanti, combustibili, risorse idriche, pesticidi, etc) sia quelli delle emissioni in aria, acqua e suolo. I dati raccolti sono moltiplicati per fattori d'intensità propri di ogni metodo (analisi energetica, analisi emergetica, analisi delle emissioni di gas serra). Tali fattori quantificano il costo energetico, emergetico, materiale e ambientale che direttamente e indirettamente è associato al flusso di un dato input (es. fertilizzante) nell'intero ciclo di vita. I fattori d'intensità sono pubblicati nella letteratura specifica.

In dettaglio, come indicato sopra, gli indicatori d'impatto complessivi che sono presentati in questo studio nella **Tabella 8.5** (cumulative abiotic resource, cumulative water demand, cumulative energy demand, cumulative GHG emissions, cumulative SO₂ emissions, total energy input to agricultural phase with/without L&S) sono ottenuti moltiplicando i dati raccolti (nelle **Tablelle 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4**) per i fattori d'intensità di ogni metodo secondo la seguente equazione:

$$C = \sum C_i = \sum f_i * c_i \quad i= 1, \dots, n \quad (\text{Equazione 1})$$

Dove:

C= (Indicatore d'impatto complessivo) indica il costo materiale, energetico, emergentico o ambientale complessivo associato al processo analizzato;

C_i = indica il costo materiale, energetico, emergentico o ambientale associato al flusso i-esimo di materia, energia o emissioni del processo analizzato;

f_i = quantità del flusso i-esimo di materia, energia o emissioni (aria, acqua e suolo) associato al processo analizzato;

c_i= fattore d'intensità materiale, energetica, emergentica o ambientale del flusso i-esimo (reperibile dalla letteratura oppure calcolato nello studio).

Dagli indicatori d'impatto complessivi, detti anche estensivi è possibile ottenere indicatori d'impatto intensivi dividendo i primi (complessivi o estensivi) per i flussi di prodotti finali (espressi in termini monetari (€), fisici (g di peso secco) o energetici (Joule di contenuto energetico) che in questo studio sono i flussi delle produzioni annuali delle coltivazioni agricole e degli allevamenti. Si ottengono in questo modo indicatori intensivi riferiti alle diverse unità funzionali: € di valore economico della produzione agricola, ettaro di superficie coltivata, grammo di sostanza secca della produzione agricola vegetale o animale o Joule di contenuto energetico della produzione agricola vegetale o animale. In termini formali dall'Equazione 1 si ha:

$$I = C/Y \quad i= 1, \dots, n \quad \text{Equazione 2}$$

Dove:

I = Indicatore intensivo del costo energetico, materiale o ambientale del processo analizzato;

C= Indicatore d'impatto complessivo del costo energetico, emergentico, materiale o ambientale del processo analizzato;

Y= dall'inglese Yield ovvero prodotto finale del processo analizzato.

8.2.7 Procedure di allocazione

I dati statistici regionali relativi ai fattori produttivi quali elettricità e gasolio agricolo, macchinari sono riferiti al settore agricoltura in complesso e non sono forniti quindi in modo disaggregato per le produzioni vegetali e animali. Sono stati quindi disaggregati i dati e attribuite le quantità di fattori produttivi impiegati ai due sotto settori applicando il criterio di allocazione economica come suggerito dalle norme ISO 14040/14044. Quest'ultimo tipo di allocazione si è dimostrato efficace e affidabile nella maggior parte dei casi. La superficie

agricola coltivata è stata invece attribuita ai due sotto settori secondo il criterio di allocazione in base alla massa della produzione.

8.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (Life Cycle Inventory, LCI)

8.3.1 Inventario del ciclo di vita per il sistema agricolo dell'Emilia Romagna

8.3.1.1 Analisi dei flussi dei fattori produttivi

Le **Tabelle 8.1** e **8.2** elencano i flussi quantitativi annuali dei diversi fattori produttivi impiegati nelle produzioni vegetali (coltivazioni foraggere, industriali, legnose) e animali¹²⁷ nel periodo di tempo in esame (1980-2010) nel settore agricolo della Regione Emilia Romagna.

L'analisi della serie storica evidenzia che diverse variazioni sono intervenute nel mix dei diversi fattori produttivi. Tra il 1980 e il 2010 la superficie agricola utilizzata diminuisce in modo marcato (-34%) seguita dai fertilizzanti espressi in elementi nutritivi (-49%), dai prodotti fitosanitari (-24%) e dalle ore di lavoro (-74%). I consumi di combustibili liquidi (gasolio e benzina agricola) e l'elettricità aumentano sia per le produzioni vegetali sia per quelle animali. L'andamento di questi due fattori evidenzia che le trasformazioni tecnologiche intervenute nel processo di sviluppo agricolo regionale sono ormai in una fase avanzata e si sono evolute verso un modello sempre meno basato sul lavoro umano e invece dipendente da fonti energetiche fossili (**Figura 8.6**). Il fatto che i fertilizzanti e i pesticidi diminuiscano mentre l'elettricità e i combustibili liquidi aumentano rivela il raggiungimento di una fase del processo di sviluppo agricolo ormai avanzata che è propria dei paesi industrializzati e che come abbiamo visto non è riscontrabile nei processi di sviluppo agricolo dei paesi in via di sviluppo.

8.3.1.2 Analisi dei flussi dei prodotti finali

Nel 2010 circa il 40% della superficie coltivata regionale era dedicata alla coltivazione di foraggere temporanee e permanenti, il 20% a frumento tenero e duro, il 9% a mais, il restante 30% era dedicato alle coltivazioni ortive, legnose e industriali. Rispetto al 1980, nel 2010

¹²⁷ Le produzioni animali sono state suddivise in due gruppi. Una denominata "livestock" al cui interno sono compresi i prodotti (carni e latte) delle seguenti specie animali: bovini, bufalini, suini, ovini, caprini, conigli e struzzi. La seconda "aviculture" racchiude invece i prodotti dell'avicoltura: carni e uova.

sono aumentate le quote relative rispetto alla superficie agricola totale, in particolare del frumento duro e del mais mentre si sono ridotte significativamente quelle del frumento tenero, della barbabietola da zucchero, della vite. Nel 2010 la produzione complessiva delle coltivazioni agricole è stata pari a circa 22,600,000 tonnellate in diminuzione di circa il 20% rispetto al 1980. Nel 2010 sono diminuite in modo consistente le produzioni di barbabietole, frumento tenero, foraggiere permanenti, pere e pesche mentre sono aumentate in particolare le quantità prodotte di frumento duro, mais e pomodoro. La superficie agricola regionale nel 2010 era pari a 1,079,000 di ettari contro i 1,619,000 ettari del 1980.¹²⁸ Per ciò che concerne gli allevamenti, le principali specie allevate sono i bovini, i suini e gli avicoli. Nel 2010 rispetto al 1980 si sono ridotte le consistenze di bovini e suini mentre sono aumentate in modo rilevante le specie avicole (+131%). I principali prodotti degli allevamenti, latte e uova sono aumentati rispettivamente dell'8.6% e del 27.2%. In termini di massa secca prodotta, le produzioni vegetali diminuiscono nel 2010 del 22% rispetto al 1980 mentre per quelle animali, la produzione aumenta per i beni dell'avicoltura dell'86% nel 2010 rispetto al 1980. Il valore delle produzioni vegetali a prezzi concatenati, nel 2010 registra un lieve aumento (+4%) che invece diviene più consistente per il valore delle produzioni avicole (+37%). Nella **Figura 8.7** è riportata la serie storica del valore della produzione (GPV) e delle sue componenti (coltivazioni agricole, allevamenti, attività connesse) a prezzi concatenati. Tra il 2010 e il 1980 il Valore lordo della produzione GPV è aumentato del 4%, al suo interno la maggior componente in termini di valore sono le coltivazioni agricole seguite dagli allevamenti e dalle attività connesse che comprendono anche le cosiddette attività multifunzionali. Come abbiamo indicato sopra il valore della produzione delle coltivazioni vegetali è cresciuto solo dello 0.4% mentre quello delle produzioni animali dell'8% e delle attività connesse del 10%. Nella **Figura 8.8** invece sono raffigurati l'evoluzione del valore della produzione (GPV), del valore dei consumi intermedi e del valore aggiunto della branca agricoltura a prezzi concatenati. Quest'ultimo tra il 1980 e il 2010 cresce del 15% mentre i consumi intermedi si riducono nel 2010 rispetto al 1980 del 10%.

¹²⁸ Sono stati utilizzati i dati degli Annuari Statistici dell'Agricoltura riferiti alle superficie dedicate alle coltivazioni delle diverse tipologie di colture. I dati possono quindi differire dai dati riguardanti le superficie agricole coltivate rilevate nei Censimenti generali dell'Agricoltura.

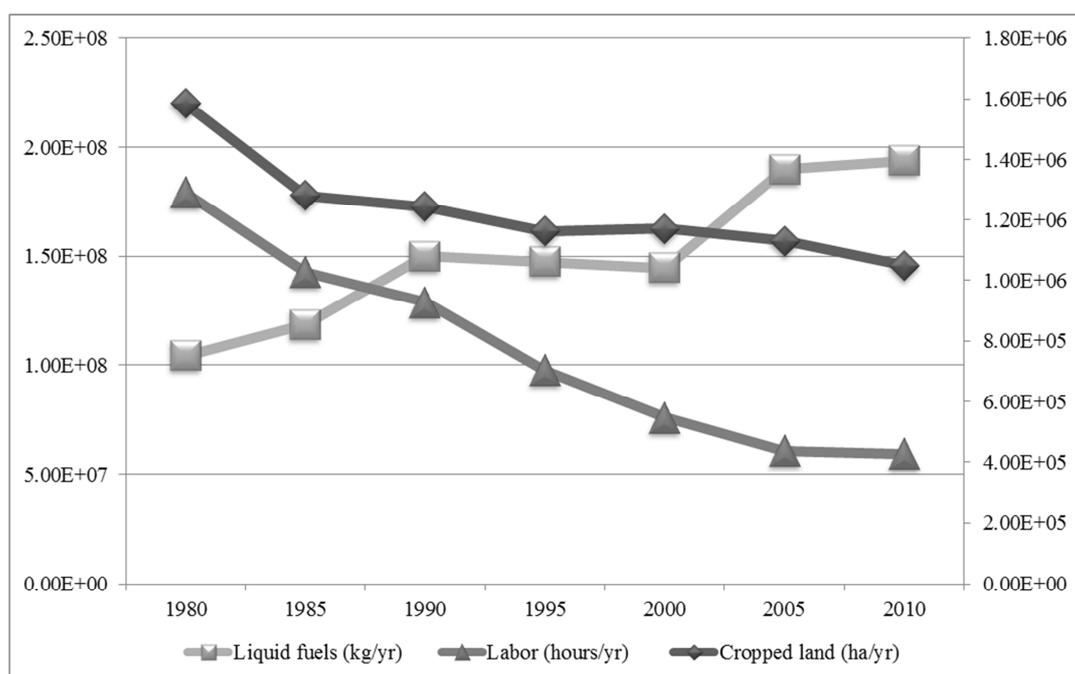


Figura 8.6. Evoluzione dell'uso di alcuni input per le produzioni agricole vegetali (Emilia Romagna).

Tabella 8.1. Evoluzione dei flussi dei principali fattori produttivi (input) utilizzati nelle produzioni agricole vegetali annuali dei sistemi agricoli dell'Emilia Romagna.

Type of input and output flows	Unit	1980	1990	2000	2010	Var.% 2010/1980
Input						
Rainfall Rain	g/yr	1.35E+16	8.56E+15	1.01E+16	9.72E+15	-28%
Agricultural area	ha/yr	1.58E+06	1.24E+06	1.17E+06	1.05E+06	-34%
Fertilizers (N+ PO ₄ +K ₂ O), TOTAL	g/yr	2.47E+11	2.27E+11	1.69E+11	1.25E+11	-49%
<i>Nitrogen (N)</i>	g/yr	1.16E+11	1.01E+11	9.43E+10	6.20E+10	-47%
<i>Phosphate (PO₄)</i>	g/yr	1.02E+11	8.78E+10	4.82E+10	4.25E+10	-58%
<i>Potassium (K₂O)</i>	g/yr	2.96E+10	3.78E+10	2.67E+10	2.07E+10	-30%
Total Pesticides	g/yr	1.12E+10	1.33E+10	1.10E+10	8.12E+09	-28%
Electricity	kWh/yr	3.43E+08	4.25E+08	4.50E+08	5.29E+08	54%
Water for irrigation	g/yr	1.25E+15	1.11E+15	1.39E+15	1.28E+15	2%
Liquid fuels	kg/yr	1.33E+08	1.48E+08	1.46E+08	1.91E+08	43%
Machinery	g/yr	2.65E+10	2.59E+10	2.93E+10	2.81E+10	6%
Direct Labor	hrs/yr	2.29E+08	1.27E+08	7.67E+07	5.86E+07	-74%
Seeds	g/yr	7.23E+10	8.15E+10	6.93E+10	6.47E+10	-10%
Output						
Mass of crop production	g dry matter/yr	1.68E+13	1.48E+13	1.41E+13	1.32E+13	-21%
Energy content of crops prod.	J/yr	2.71E+17	2.40E+17	2.29E+17	2.16E+17	-20%
Economic value of crops prod.	€/yr	2.59E+09	2.69E+09	2.83E+09	2.60E+09	0%
Mass of crops residues	g dry matter/yr	2.80E+12	2.58E+12	2.69E+12	2.08E+12	-26%

Sources: Rainfall: ISPRA, Land use: calculated on the annual cultivated surface devoted to crops (forages, cereals, horticulture and fruits) production from ISTAT¹²⁹ and Regione Emilia Romagna data, Fertilizers: ISTAT, Pesticides: ISTAT, Electricity: TERNA, Water for irrigation: ARPA Emilia Romagna, Liquid fuels (Agricultural Diesel and Gasoline): Utenti Motori Agricoli, Machinery: Utenti motori agricoli (<http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt/uma>) Direct labor: calculated multiplying the annual average hours per the number of employees working in the Agricultural sector of ISTAT, Indirect labor (services) obtained multiplying the annual amount of each input used by the price of input, (the input prices comes from the Annual prices of Chamber of Commerce of Bologna¹³⁰), The water for irrigation price refers to the one of Consortium of Bonifica of Ferrara 0,07 €/m³ applied to part of the consortium area covered by the pressure system. The price includes all the services costs carried out by the consortium. Seeds: ISTAT, Mass (dry matter) and Energy content for crops production are calculated referring to the nutritional tables of INRAN (http://www.inran.it/646/tabelle_di_composizione_degli_alimenti.html) and annual crops production of Emilia Romagna region (<http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt> and ISTAT, <http://agri.istat.it/>), Economic value of crops production refers to the value of production at concatenate values calculated by ISTAT (<http://www.istat.it/it/archivio/1654>), Mass of crops residues calculated using the coefficient per hectare of Di Blasi *et al.*, 1997.

Tabella 8.2. Evoluzione dei flussi dei principali input utilizzati nelle produzioni animali annuali dei sistemi agricoli dell'Emilia Romagna.

Type of input and output flows	Unit	1980	1990	2000	2010	Var.% 2010/1980
Input						
Rainfall Rain	g/yr	2.90E+14	2.28E+14	2.32E+14	2.72E+14	-6%
Livestock and aviculture area	ha/yr	3.40E+04	3.31E+04	2.69E+04	2.94E+04	-13%
Electricity	kWh/yr	2.09E+08	3.18E+08	2.97E+08	3.96E+08	89%
Water	g/yr	4.04E+13	4.16E+13	2.00E+13	2.00E+13	-50%
Liquid fuels	kg/yr	8.12E+07	1.11E+08	9.64E+07	1.43E+08	76%
Machinery	g/yr	1.61E+10	1.94E+10	1.94E+10	2.10E+10	30%
Direct Labor	hrs/yr	1.40E+08	9.50E+07	5.06E+07	4.39E+07	-69%
Animal feed	g/yr	2.00E+12	2.34E+12	1.83E+12	1.96E+12	-2%
Animal bedding	g/yr	6.42E+11	6.11E+11	3.83E+11	3.66E+11	-43%
Output						
Mass of Livestock production	g dry matter/yr	3.62E+11	3.98E+11	3.16E+11	3.35E+11	-7%
Mass of Aviculture production	g dry matter/yr	4.77E+10	6.37E+10	7.02E+10	7.99E+10	68%
Energy content of livestock prod.	J/yr	7.78E+15	8.50E+15	6.73E+15	7.18E+15	-8%
Energy content of aviculture prod.	J/yr	1.12E+15	1.50E+15	1.65E+15	1.88E+15	68%
Economic value of livestock prod.	€/yr	1.44E+09	1.54E+09	1.36E+09	1.34E+09	-7%
Economic value of aviculture prod.	€/yr	5.10E+08	5.62E+08	5.75E+08	6.96E+08	37%

Sources: Rainfall Rain: ISPRA, Land use calculated on the basis of cultivated agricultural area of crops production and the percentage allocated to the mass of livestock and aviculture in the different years, Electricity: TERNA, Water: ARPA Emilia Romagna, Liquid fuels (Agricultural Diesel and Gasoline): Utenti Motori Agricoli Emilia Romagna Region, Machinery:

¹²⁹ I dati sulle coltivazioni annuali della Regione Emilia Romagna: dati ISTAT, disponibili a: <http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd> e della Regione Emilia Romagna disponibili a: <http://www.ermesagricoltura.it/Strutture-e-attivita-istituzionali/Altre-attivita-istituzionali/Statistica-e-Osservatorio-agro-alimentare/Indagini-congiunturali-sulle-coltivazioni>

¹³⁰ Camera di Commercio di Bologna, Listini annuali, disponibili a: <http://www.bo.camcom.gov.it/regolazione-del-mercato/borsa-merci-e-rilevazione-prezzi-1/listino-annuale/listino-dei-prezzi-annuale?searchterm=listino+annuale>

Utenti Motori Agricoli Emilia Romagna Region (<http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt/uma>), Direct labor: annual hours (obtained from annual average hours of Agricultural sector of ISTAT), Indirect labor (services) obtained multiplying the annual amount of each input used by the price of input, (the input prices comes from the Annual prices of Chamber of Commerce of Bologna), The water for livestock price refers to the one of Consortium of Bonifica of Ferrara 0,07 €/m³ applied to part of the consortium area covered by the pressure system. The price includes all the services costs carried out by the consortium. Animal feed: estimation from Ribaudò, Prontuario dell'Agricoltura, 2009, Animal bedding: estimation from Ribaudò, Prontuario dell'Agricoltura, 2009, Mass and Energy content of livestock and aviculture calculated on ISTAT data about annual livestock and aviculture consistence and products (Annual Agricultural Statistics <http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt> and <http://agri.istat.it/>) and nutritional tables of INRAN (http://www.inran.it/646/tabelle_di_composizione_degli_alimenti.html), Economic value of livestock and aviculture production comes from Annual value of livestock (meat and milk) and aviculture (meat and eggs) production at concatenate prices of ISTAT (<http://www.istat.it/it/archivio/1654>).

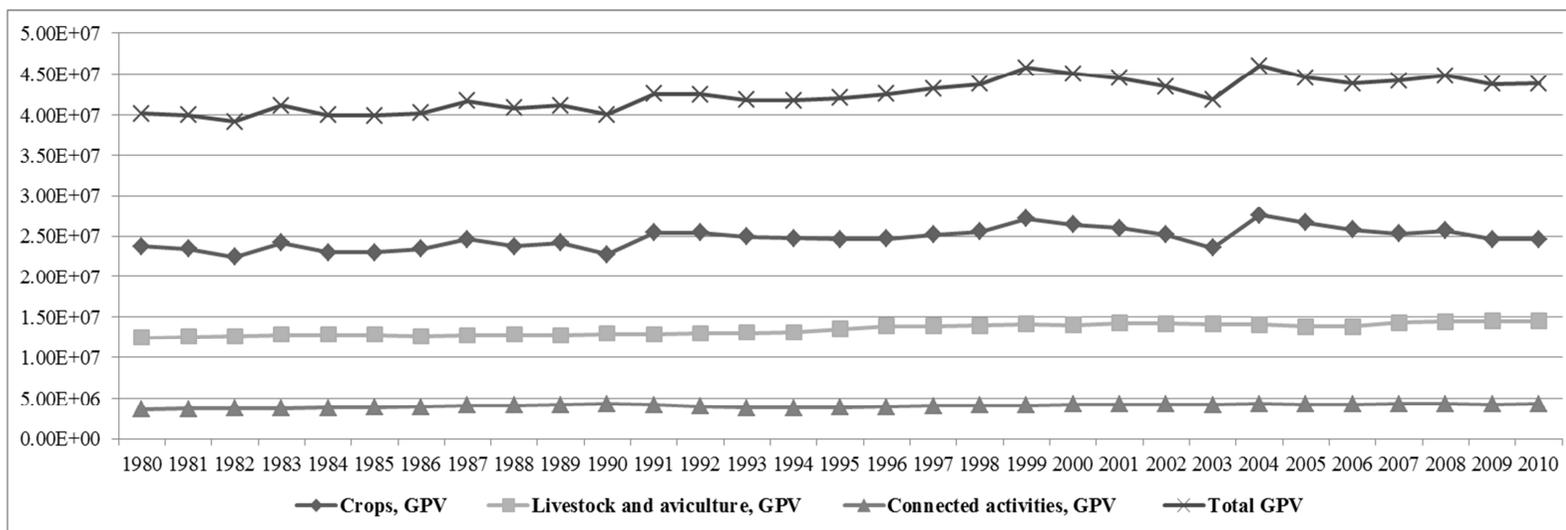


Figura 8.7. Serie storica del valore della produzione della branca agricoltura (Total GPV) e delle sue principali componenti: coltivazioni agricole (crops), allevamenti (livestock and aviculture) e attività connesse (connected activities) (Emilia Romagna). Elaborazione su dati ISTAT. Valori concatenati (anno di riferimento 2000).

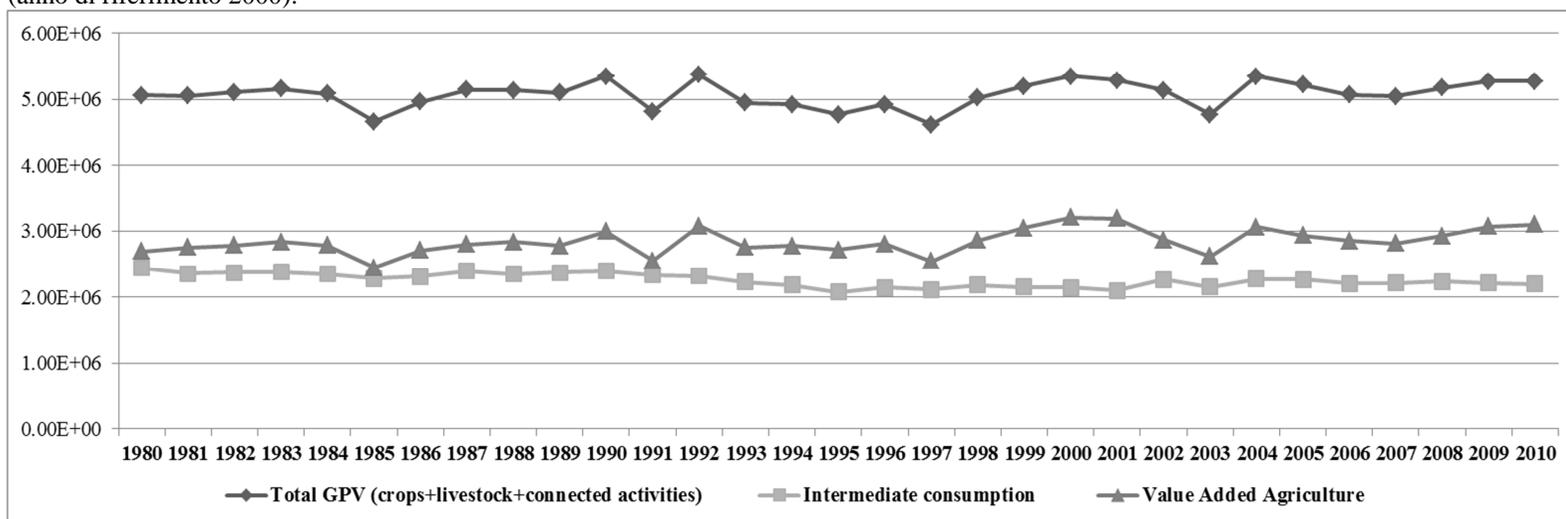


Figura 8.8. Serie storica del valore totale della produzione della branca agricoltura (Total GPV), consumi intermedi (Intermediate consumption) e valore aggiunto della branca agricoltura (Value Added Agriculture). (Emilia Romagna). Elaborazione su dati ISTAT. Valori concatenati (anno di riferimento 2000).

8.3.2 Inventario del ciclo di vita per il sistema agricolo dell'Italia

8.3.2.1 Analisi dei flussi dei principali fattori produttivi

Nelle **Tabelle 8.3** e **8.4** riportano i dati statistici raccolti relativi ai fattori produttivi (input) utilizzati annualmente per le produzioni agricole vegetali a animali a livello Nazionale. Come osservato per la Regione Emilia Romagna le principali variazioni intervenute nel periodo 1980-2010 riguardano la superficie agricola utilizzata per le produzioni vegetali (-28%) e animali (-32%), i fertilizzanti (-48%), i prodotti fitosanitari (-72%) e le ore di lavoro (-73%). I consumi di energia elettrica, combustibili liquidi (principalmente gasolio agricolo) e macchinari agricoli aumentano in modo rilevante sia per le produzioni vegetali sia per quelle animali. L'andamento crescente di questi ultimi fattori produttivi evidenzia, come anche per l'Emilia Romagna, l'esistenza di un processo di sviluppo agricolo per le coltivazioni vegetali in fase avanzata. Alla riduzione della superficie coltivata si associa una riduzione delle ore di lavoro e un aumento dei consumi di combustibili liquidi (**Figura 8.9**).

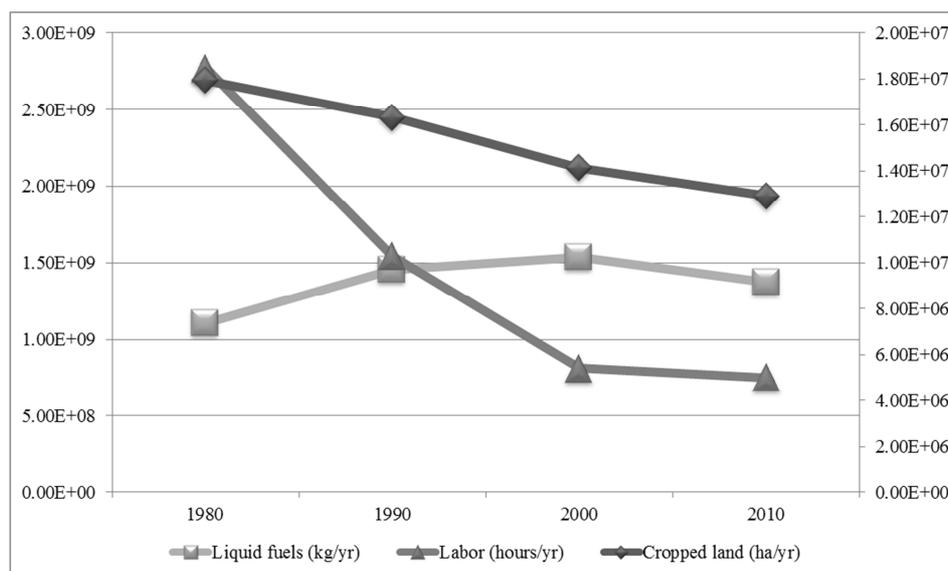


Figura 8.9. Evoluzione dell'uso di alcuni input per la produzione delle coltivazioni agricole vegetali (Italia).

8.3.2.2 Analisi dei flussi dei prodotti finali

Nel periodo analizzato in questo studio, 1980-2010, la produzione complessiva delle coltivazioni agricole si è ridotta del 24%, attestandosi nel 2010 a circa 125 Milioni di tonnellate. Come anche evidenziato per l'Emilia Romagna la produzione di barbabietole, si è ridotta in modo rilevante (-73.7%) insieme alla produzione di frumento tenero (-46.7%) e di

uva da vino (-44.9%). Per quanto riguarda gli allevamenti tra il 1980 e il 2010 sono diminuite le consistenze di bovini, caprini, equini e conigli mentre è aumentata in particolare la consistenza degli avicoli (+ 33.6%), dei suini (+4.1%) e degli ovini (+17.1%).

In termini di massa in peso secco prodotto, il confronto dell'anno 2010 con il 1980 vede per le produzioni vegetali una diminuzione della massa prodotta (-19%) nel 2010. Per le produzioni animali, invece, si osserva un aumento, in particolare per quella avicola che dalla massa secca di 3.33E+11 grammi prodotta nel 1980 passa a 5.09E+11 grammi prodotti nel 2010.

Il valore della produzione a prezzi concatenati (anno di riferimento 2000) a livello nazionale aumenta in particolare per le produzioni animali: +133% per i prodotti del livestock e +163% per i prodotti dell'avicoltura. Il valore delle produzioni vegetali, nel 2010, aumenta a livello nazionale del 4% rispetto al 1980. Nella **Figura 8.10** l'andamento del GPV totale dell'agricoltura è rappresentato insieme a quello delle sue componenti nel periodo 1980-2010. I valori delle produzioni animali e delle attività connesse crescono entrambe del 17% e (come nel caso dell'Emilia Romagna) in misura maggiore del valore delle coltivazioni agricole che aumenta del 4%. Nella **Figura 8.11** si può notare che l'andamento è più sostenuto per il valore aggiunto dell'Italia rispetto a quello dell'Emilia Romagna. Il valore aggiunto tra il 1980 e il 2010 aumenta del 28% contro il 15% dell'Emilia Romagna, mentre i consumi intermedi dell'Italia si riducono del 15%.

Per quanto riguarda l'Italia, facendo riferimento ai dati a prezzi correnti i tassi di crescita sono notevolmente maggiori rispetto a quelli registrati a prezzi concatenati. Il valore della produzione è cresciuto del 134% contro il 4% del valore della produzione a prezzi concatenati (**Figura 8.12**). Il valore aggiunto dal 1980 al 2010 cresce del 123% mentre i consumi intermedi del 148%. Dalla **Figura 8.13** si può notare come negli ultimi anni anche in seguito all'aumento dei prezzi dei prodotti energetici la distanza tra valore aggiunto e consumi intermedi si sia ridotta.

Tabella 8.3. Evoluzione dei principali flussi di fattori produttivi (input) utilizzati nelle produzioni agricole vegetali annuali dei sistemi agricoli dell'Italia.

Type of input flows	Unit	1980	1990	2000	2010	Var. % 2010/1980
Input						
Rainfall Rain	g/yr	1.59E+17	1.06E+17	1.21E+17	9.81E+16	-38%
Total land cropped	ha/yr	1.80E+07	1.63E+07	1.41E+07	1.29E+07	-28%
Fertilizers (N+ PO ₄ +K ₂ O), TOTAL	g/yr	1.95E+12	1.72E+12	1.54E+12	1.01E+12	-48%
<i>Nitrogen (N)</i>	g/yr	9.53E+11	7.58E+11	7.98E+11	5.41E+11	-43%
<i>Phosphate (PO₄)</i>	g/yr	6.26E+11	6.03E+11	4.25E+11	2.43E+11	-61%
<i>Potassium (K₂O)</i>	g/yr	3.66E+11	3.55E+11	3.13E+11	2.21E+11	-40%
Total Pesticides	g/yr	2.16E+11	1.68E+11	7.40E+10	6.11E+10	-72%
Electricity	kWh/yr	1.75E+09	2.80E+09	3.31E+09	3.71E+09	111%
Water for irrigation	g/yr	2.56E+16	2.56E+16	2.00E+16	2.00E+16	-22%
Liquid fuels	kg/yr	1.09E+09	1.54E+09	1.57E+09	1.40E+09	29%
Machinery	g/yr	1.71E+11	2.34E+11	2.94E+11	3.32E+11	94%
Labor	hrs/yr	2.73E+09	1.63E+09	8.29E+08	7.64E+08	-72%
Indirect labor (services)	€/yr	3.47E+09	6.08E+09	6.94E+09	9.50E+09	174%
Seeds	g/yr	0.00E+00	5.07E+11	4.10E+11	3.83E+11	
Output						
Mass of crops production	g dry matter/yr	9.64E+13	9.48E+13	9.29E+13	7.84E+13	-19%
Energy content	J/yr	1.59E+18	1.56E+18	1.54E+18	1.29E+18	-19%
Economic value	€/yr	2.38E+10	2.28E+10	2.64E+10	2.46E+10	4%
Mass of crops residues	g dry matter/yr	2.53E+13	2.44E+13	2.39E+13	1.80E+13	-29%

Sources: Rainfall: ISPRA, Land use: calculated on the annual cultivated surface devoted to crops (forages, cereals, horticulture and fruits) production from ISTAT, Fertilizers: ISTAT, Pesticides: ISTAT, Electricity: TERNA, Water for irrigation: FAOSTAT, Liquid fuels (Agricultural Diesel and Gasoline): Utenti Motori Agricoli, Machinery: Utenti motori agricoli (Annuari ISTAT dell'Agricoltura) and FEDERUNACOMA,¹³¹ Direct labor: annual average hours of Agricultural sector of ISTAT, Indirect labor (services) obtained multiplying the annual amount of each input used by the price of input, (the input prices comes from the Annual prices of Chamber of Commerce of Bologna and Ribauda, prontuario dell'agricoltura), The water for irrigation price refers to Ribauda, prontuario dell'agricoltura. Seeds: ISTAT, Mass (dry matter) and Energy content for crops production are calculated referring to the nutritional tables of INRAN and annual crops production of Italian crop production (ISTAT, serie storiche¹³²), Economic value of crops production refers to the value of production at concatenate prices calculated by ISTAT, Mass of crops residues calculated using the coefficient per hectare of Di Blasi *et al.*, 1997.

¹³¹ FEDERUNACOMA, Meccanizzazione Agricola in Italia, disponibile a:
http://www.federunacoma.it/it/informati/ind_meccanizzazione.php

¹³² ISTAT, serie storiche coltivazioni in Italia, disponibili a:
[http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=6&user_100ind_pi1\[uid_categoria\]=13&cHash=fa14802db6624a2c316381137419fd3e](http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=6&user_100ind_pi1[uid_categoria]=13&cHash=fa14802db6624a2c316381137419fd3e)

Tabella 8.4. Evoluzione dei principali flussi di fattori produttivi (input) utilizzati nelle produzioni agricole animali annuali dei sistemi agricoli dell'Italia.

Type of input flows	Unit	1980	1990	2000	2010	Var. % 2010/1980
Input						
Rainfall	g/yr	3.61E+15	3.53E+15	2.84E+15	3.03E+15	-16%
Liquid fuels	kg/yr	5.22E+08	8.75E+08	7.87E+08	7.19E+08	38%
Electricity	kWh/yr	8.40E+08	1.59E+09	1.66E+09	1.90E+09	126%
Water	g/yr	2.14E+14	1.95E+14	1.73E+14	1.82E+14	-15%
Machinery	g/yr	8.20E+10	1.33E+11	1.48E+11	1.70E+11	108%
Direct Labor	hrs/yr	1.31E+09	9.28E+08	4.16E+08	3.92E+08	-70%
Animal bedding	g/yr	5.59E+12	4.52E+12	3.85E+12	3.97E+12	-29%
Animal feed	g/yr	1.58E+13	1.75E+13	1.45E+13	1.61E+13	2%
Indirect labor (services)	€/yr	5.48E+08	1.36E+09	2.15E+09	3.80E+09	593%
Total land for livestock	ha/yr	4.07E+05	5.46E+05	3.31E+05	3.98E+05	-2%
Output						
Livestock products (milk and meat)						
Economic value of livestock prod.	€/yr	9.22E+09	9.37E+09	1.02E+10	1.02E+10	11%
Mass of livestock products	g dry matter/yr	2.43E+12	2.54E+12	2.35E+12	2.46E+12	1%
Energy content of livestock prod.	J/yr	5.06E+16	5.32E+16	4.93E+16	5.20E+16	3%
Aviculture products (eggs and meat)						
Economic value of avicultural prod.	€/yr	2.61E+09	2.87E+09	2.89E+09	3.38E+09	30%
Mass of avicultural products	g dry matter/yr	3.31E+11	3.79E+11	3.85E+11	5.09E+11	54%
Energy content of avicultural prod.	J/yr	7.78E+15	8.93E+15	9.07E+15	1.20E+16	54%

Sources: Rainfall Rain: ISPRA, Land use calculated on the basis of cultivated agricultural area of crops production and the percentage allocated to the mass of livestock and aviculture in the different years, Electricity: TERNA, Water: Estimated from Ribaudo prontuario dell'Agricoltura, Liquid fuels (Agricultural Diesel and Gasoline): Utenti Motori Agricoli Emilia Romagna Region, Machinery: Utenti Motori Agricoli Emilia Romagna Region, Direct labor calculated multiplying the annual hours (obtained from annual working days of Agricultural sector of ISTAT) by the unit labor cost of ISTAT, Indirect labor (services) obtained multiplying the annual amount of each input used by the price of input, (the input prices comes from the Annual prices of Chamber of Commerce of Bologna), The water for livestock price refers to Ribaudo prontuario dell'Agricoltura. Animal feed: estimation from Ribaudo, Prontuario dell'Agricoltura, 2009 and case study, Animal bedding: estimation from Ribaudo, Prontuario dell'Agricoltura, 2009, Mass and Energy content of livestock and aviculture calculated on ISTAT data about annual livestock and aviculture consistence and nutritional tables of INRAN, Economic value of livestock and aviculture production comes from Annual value of livestock (meat and milk) and aviculture (meat and eggs) production at concatenate prices of ISTAT.

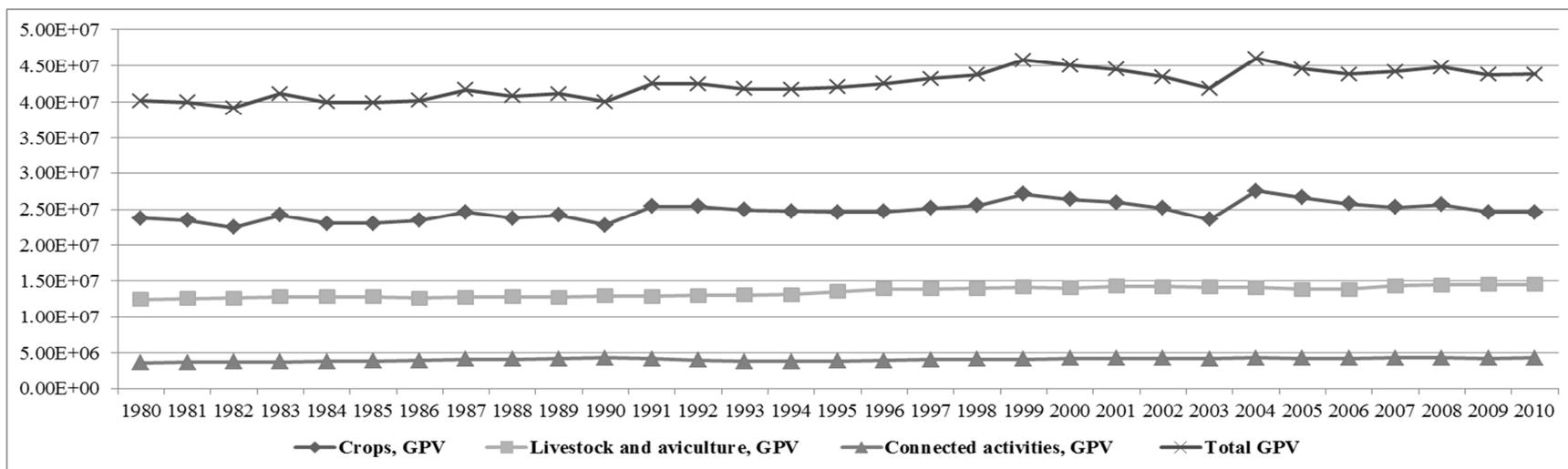


Figura 8.10. Serie storica del valore della produzione della branca agricoltura (Total GPV) e delle sue principali componenti: coltivazioni agricole (crops) Allevamenti (livestock and aviculture) e attività connesse. Elaborazione su dati ISTAT (Valori concatenati, anno di riferimento 2000).

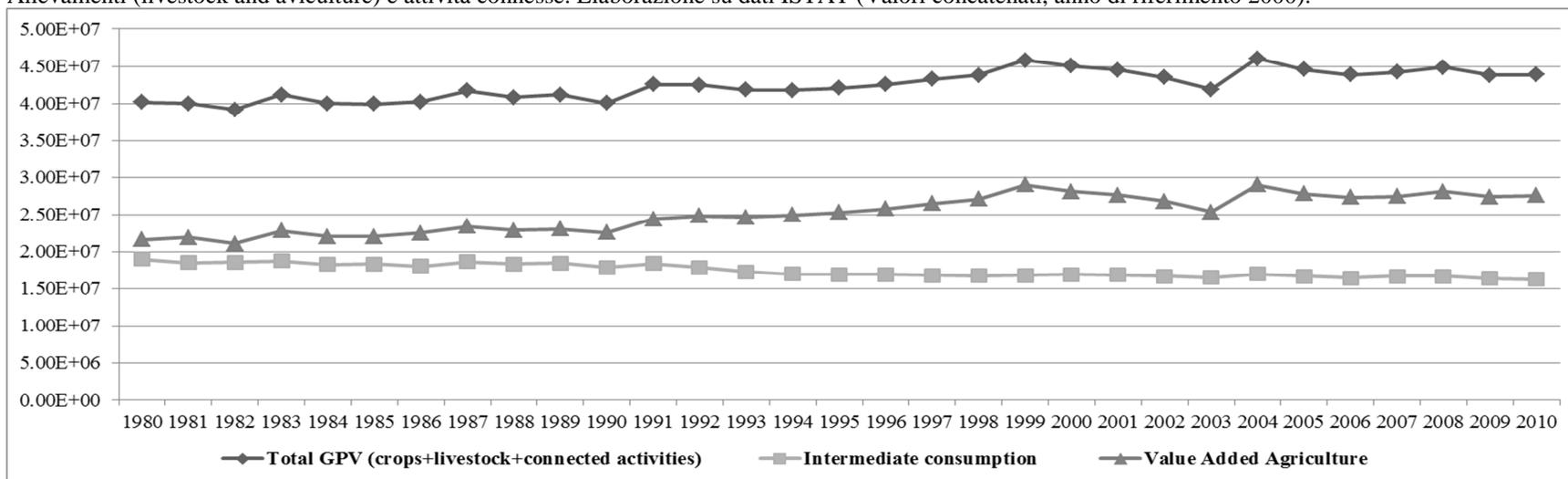


Figura 8.11. Serie storica del valore della branca agricoltura (Total GPV), del valore dei consumi intermedi (Intermediate consumption) e del valore aggiunto della branca agricoltura (Value Added Agriculture). Elaborazione su dati ISTAT (Valori concatenati, anno di riferimento 2000).

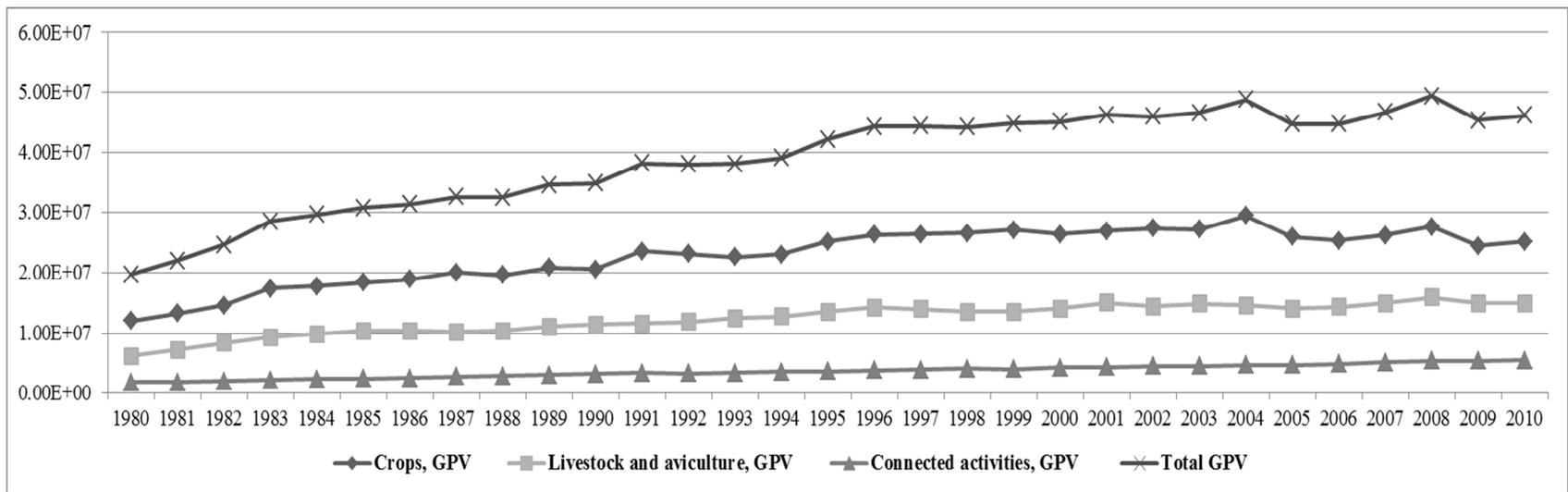


Figura 8.12. Serie storica del valore della produzione, GPV totale, valori delle produzioni (GPV) vegetali e animali e attività connesse. Elaborazione su dati ISTAT. Valori a prezzi correnti.

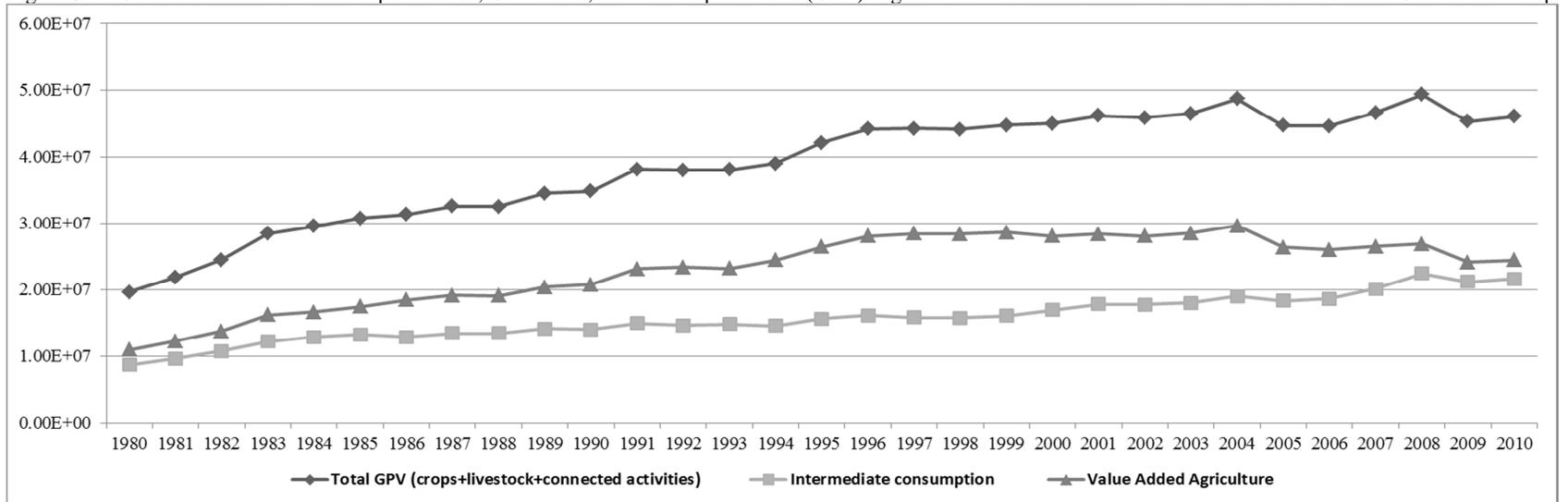


Figura 8.13. Serie storica del valore della produzione, GPV totale (produzioni vegetali e animali e attività connesse), del valore aggiunto della branca agricoltura e dei consumi intermedi. Valori a prezzi correnti. Elaborazione su dati ISTAT. Valori a prezzi correnti.

8.4 Analisi dei risultati

8.4.1 Analisi degli impatti globali

Convenzionalmente nella LCA ambientale, la fase successiva a quella dell'inventario è l'analisi degli impatti (Life Cycle Impact Assessment). Essa consiste nell'attribuire ogni input (ed anche le relative emissioni) contabilizzate nella fase di Inventario alle specifiche categorie d'impatto (riconducibili a tre grandi aree di protezione ambientale: esaurimento delle risorse, salute umana e conservazione dell'ambiente) al fine di esprimere attraverso opportuni fattori d'intensità (materiale, energetica e ambientale) e di caratterizzazione il contributo in termini quantitativi, che il prodotto, processo o attività esercita alle diverse categorie d'impatto. Come indicato nel paragrafo 5.3 abbiamo fatto riferimento all'analisi degli impatti sulle risorse energetiche fossili (*cumulative energy demand*), sulle risorse abiotiche (*cumulative abiotic resource depletion*), sulle risorse idriche (*cumulative water demand*), sul cambiamento climatico (*cumulative GHG emissions*), sull'acidificazione potenziale (*cumulative SO₂ emissions*), sullo sfruttamento delle risorse globali della biosfera in termini di supporto ambientale ricevuto (*total energy to agricultural phase, inputs with/without L&S, U e U**), sul consumo di risorse energetiche non rinnovabili locali e risorse acquistate all'esterno del sistema agricolo (*purchased input and locally non-renewable input, F+N*), sul consumo di risorse energetiche rinnovabili locali (*renewable input, R*).

Nella prima parte della **Tabella 8.5** sono inclusi i principali flussi di prodotti finali sia per l'Emilia Romagna sia per l'Italia (valore economico, massa della produzione e superficie agricola coltivata). Questi flussi, in particolare la superficie agricola coltivata, influenzano dal punto di vista quantitativo l'evoluzione degli indicatori d'impatto globale elencati nella seconda parte della tabella. Per quanto riguarda le coltivazioni vegetali si può osservare che l'incremento nel tempo del valore economico della produzione è stato seguito da una diminuzione delle quantità prodotte in termini fisici (massa della produzione espressa in sostanza secca) che a sua volta è stata certamente causata da variazioni del mix delle diverse colture coltivate e anche da una diminuzione della superficie coltivata. Com'è stato evidenziato in precedenza sia per l'Emilia Romagna che per l'Italia, la riduzione delle quantità prodotte di barbabietola da zucchero è stata rilevante e ciò si è riflesso sulle rispettive produzioni annuali complessive misurate in peso secco. Ad es. per l'Emilia Romagna, si è passati da una produzione di barbabietole pari a 1,282,000 tonnellate di

sostanza secca del 1980 alle 309,000 tonnellate di sostanza secca nel 2010. La produzione dell'Emilia Romagna rappresenta inoltre quasi la metà della produzione di barbabietola dell'Italia.

Passando all'analisi degli indicatori energetici e ambientali per valutarne la compatibilità economica dei processi di sviluppo agricolo con la sostenibilità ambientale ed energetica si può notare che è diminuito lo sfruttamento delle risorse abiotiche (tra cui i minerali, i combustibili, etc.) per entrambi i sistemi agricoli. Lo sfruttamento delle risorse idriche in Emilia Romagna aumenta lievemente dal 1980 al 2010 (2.1%) mentre per l'Italia si osserva una riduzione del 21.7%. Per l'Emilia Romagna ci si attende una diminuzione nel periodo dal 2000 al 2016 in seguito all'introduzione di politiche di risparmio idrico (ARPA, 2002).

Nel caso dello sfruttamento delle risorse idriche, la diminuzione della superficie agricola può influenzare in misura lieve l'andamento dell'indicatore che è certamente più determinato dall'andamento delle superfici irrigate, da fattori tecnologici (installazione di sistemi di irrigazione più efficienti) e dalle politiche di risparmio idrico. I dati ISTAT sulle superfici irrigate, disponibili nel periodo 2000-2007, evidenziano per l'Emilia Romagna un aumento della superficie irrigata dal 2000 (252,377 ettari) al 2007 (296,639 ettari) e per l'Italia una diminuzione da 2,510,554 ettari (1982) a 2,418,921 ettari (2010).

Per quanto riguarda lo sfruttamento delle risorse energetiche (*cumulative energy demand*), l'Emilia Romagna evidenzia un trend di consumo costante nel tempo che non si riscontra a livello dell'Italia dove i consumi energetici, invece, si riducono dal 2000. Il contributo alle emissioni di gas serra (*cumulative GHG emissions*) aumenta per l'Emilia Romagna (+1.9%) e non per l'Italia (-10.1%). L'impatto all'acidificazione potenziale (*acidification potential*) diminuisce per l'Emilia Romagna (-2.4%) e in modo più marcato per l'Italia (-11.7%).

L'andamento degli input energetici totali a supporto del sistema agricolo con e senza il lavoro e i servizi evidenzia per entrambi i sistemi agricoli, una riduzione dal 1980, del valore dell'emergia totale senza lavoro e servizi, U* (-9.7% per l'E.R. e 18.1% per l'Italia) e un aumento dell'emergia totale con lavoro e servizi, U, (1.9% per l'E.R. e 18.1% per l'Italia). La dipendenza dalle risorse energetiche fossili e dalle risorse prodotte all'esterno dei sistemi agricoli diminuisce dal 1980 per entrambi i sistemi (-4.2% per l'Emilia Romagna e -11.9% per l'Italia) mentre si riduce anche il consumo di risorse rinnovabili (-21.2% per l'Emilia Romagna e -28.1% per l'Italia).

Tabella 8.5. Evoluzione degli Indicatori d'impatto globale per le coltivazioni agricole vegetali dell'Emilia Romagna (E.R.) e dell'Italia.

Impact category	Unit	1980	1990	2000	2010	%2010/1980
Part 1. Determinants						
Economic value of crop production E.R	€/yr	2.59E+09	2.69E+09	2.83E+09	2.60E+09	0.4%
Economic value of crop production Italia	€/yr	2.38E+10	2.28E+10	2.64E+10	2.46E+10	3.7%
Mass of crop production E.R	g dry matter/yr	1.68E+13	1.48E+13	1.41E+13	1.32E+13	-21.5%
Mass of crop production Italia	g dry matter/yr	9.64E+13	9.48E+13	9.29E+13	7.84E+13	-18.7%
Agricultural area E.R.	ha/yr	1.59E+06	1.24E+06	1.17E+06	1.05E+06	-33.8%
Agricultural area E.R.	ha/yr	1.80E+07	1.63E+07	1.41E+07	1.29E+07	-28.1%
Part.2. Contribution to impact categories						
Cumulative abiotic resource depletion E.R.	g/yr	6.03E+12	5.79E+12	5.11E+12	4.29E+12	-28.8%
Cumulative abiotic resource depletion Italia	g/yr	8.68E+13	8.10E+13	7.59E+13	6.40E+13	-26.2%
Cumulative water demand E.R.	g/yr	1.28E+15	1.14E+15	1.42E+15	1.31E+15	2.1%
Cumulative water demand Italia	g/yr	2.58E+16	2.59E+16	2.03E+16	2.02E+16	-21.7%
Cumulative energy demand E.R.	J/yr	2.93E+07	2.97E+07	3.03E+07	3.04E+07	3.9%
Cumulative energy demand Italia	J/yr	3.15E+08	3.39E+08	3.18E+08	2.92E+08	-7.4%
Cumulative GHG emissions (Global Warming) E.R.	g CO ₂ eq./yr	2.12E+12	2.13E+12	2.17E+12	2.16E+12	1.9%
Cumulative GHG emissions (Global Warming) Italia	g CO ₂ eq./yr	2.46E+13	2.60E+13	2.42E+13	2.22E+13	-10.1%
Cumulative SO ₂ equiv. emissions (Acidification) E.R.	g SO ₂ eq./yr	7.44E+09	7.37E+09	7.55E+09	7.26E+09	-2.4%
Cumulative SO ₂ equiv. emissions (Acidification) Italia	g SO ₂ eq./yr	8.26E+10	8.61E+10	7.97E+10	7.29E+10	-11.7%
Purchased input and locally non-renewable input, (F+N), E.R	seJ/yr	3.81E+21	3.79E+21	3.69E+21	3.65E+21	-4.2%
Purchased input and locally non-renewable input, (F+N), Italia	seJ/yr	4.29E+22	4.58E+22	4.12E+22	3.78E+22	-11.9%
Renewable inputs, R* (without double counting), E.R.	seJ/yr	1.32E+21	9.19E+20	1.04E+21	1.04E+21	-21.1%
Renewable inputs, R* (without double counting), Italia	seJ/yr	1.51E+22	1.11E+22	1.23E+22	1.09E+22	-28.1%
Total emergy inputs to agricultural phase, U, E.R	seJ/yr	8.23E+21	7.98E+21	7.87E+21	8.39E+21	1.9%
Total emergy inputs to agricultural phase, U, Italia	seJ/yr	8.85E+22	9.30E+22	8.83E+22	9.19E+22	3.8%
Total emergy inputs to agricultural phase, U*, E.R.	seJ/yr	4.94E+21	4.49E+21	4.52E+21	4.46E+21	-9.7%
Total emergy inputs to agricultural phase, U*, Italia	seJ/yr	5.61E+22	5.46E+22	5.13E+22	4.59E+22	-18.1%

La **Tabella 8.6** evidenzia gli indicatori globali per gli allevamenti. Nella prima parte sono elencati i flussi dei prodotti finali in valore economico, la massa di produzione in sostanza secca e le superficie annuali dedicate all'alimentazione degli allevamenti. Gli impatti generati alle diverse categorie d'impatto sono elencati nella seconda parte. Si nota la progressiva importanza che ha assunto nel corso del tempo la specie avicola rispetto alle altre specie allevate. Sia per l'Emilia Romagna che per l'Italia il valore economico della produzione aumenta rispettivamente del 37% e del 30% dal 1980 al 2010 e in termini fisici la massa in peso secco dell'avicoltura cresce del 68% e del 53% dal 1980 al 2010. Si riduce invece l'area agricola dedicata all'alimentazione di tutte le specie allevate in particolare in Emilia Romagna (-12%).

In termini d'impatto ambientale complessivo il confronto tra il 1980 e il 2010 vede un peggioramento del contributo del settore allevamenti a tutte le categorie d'impatto: sfruttamento delle risorse abiotiche, idriche ed energetiche, impronta di gas serra e acidificazione potenziale, impronta ambientale totale con e senza lavoro e servizi. Da notare, l'aumento molto elevato della dipendenza del settore dalle risorse fossili e prodotte all'esterno dei sistemi agricoli (purchased input and locally non-renewable input, F+N) per l'Emilia Romagna (+179%) e per l'Italia (+43%) e la riduzione del consumo di risorse rinnovabili (-10% e -13%).

Per formulare un giudizio più esaustivo sull'eco-efficienza dei processi di sviluppo agricolo regionali e nazionali è necessario associare all'analisi degli indicatori globali (o *estensivi*), l'analisi degli indicatori *intensivi* in modo da valutare se si riscontra una riduzione o meno del contributo delle produzioni vegetali e animali alle diverse categorie d'impatto per unità del loro valore economico (€), per massa del loro prodotto (in grammi di peso secco) o per ettaro di terreno agricolo (unità funzionali). Questi indicatori indicano se vi è stato un peggioramento o un miglioramento dell'efficienza nei processi di produzione agricola a livello regionale e nazionale. Andiamo quindi ad analizzare nel prossimo paragrafo gli indicatori intensivi.

Tabella 8.6. Evoluzione degli Indicatori d'impatto globale per le produzioni agricole animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

Impact category	Unit	1980	1990	2000	2010	%2010/1980
Part 1. Determinants						
Economic value of livestock production E.R.	€/yr	1.44E+09	1.54E+09	1.36E+09	1.34E+09	-7%
Economic value of livestock production Italia	€/yr	9.22E+09	9.37E+09	1.02E+10	1.04E+10	13%
Economic value of aviculture production E.R.	€/yr	5.10E+08	5.62E+08	5.75E+08	6.96E+08	37%
Economic value of aviculture production Italia	€/yr	2.61E+09	2.87E+09	2.89E+09	3.40E+09	30%
Livestock and aviculture area E.R.	ha/yr	3.25E+04	3.31E+04	2.69E+04	2.86E+04	-12%
Livestock and aviculture area Italia	ha/yr	4.07E+05	5.46E+05	3.31E+05	3.98E+05	-2%
Mass of livestock production, E.R.	g dry matter/yr	3.62E+11	3.98E+11	3.16E+11	3.35E+11	-7%
Mass of livestock production, Italia	g dry matter/yr	2.43E+12	2.54E+12	2.35E+12	2.46E+12	1%
Mass of aviculture production, E.R.	g dry matter/yr	4.77E+10	6.37E+10	7.02E+10	7.99E+10	68%
Mass of aviculture production, Italia	g dry matter/yr	3.33E+11	3.79E+11	3.85E+11	5.09E+11	53%
Part 2. Contribution to Impact categories						
Cumulative abiotic resource depletion E.R.	g/yr	1.39E+12	1.86E+12	1.53E+12	1.75E+12	26%
Cumulative abiotic resource depletion Italia	g/yr	1.02E+13	1.18E+13	1.07E+13	1.17E+13	14%
Cumulative water demand E.R.	g/yr	2.00E+14	2.38E+14	2.13E+14	2.32E+14	16%
Cumulative water demand Italia	g/yr	1.90E+15	1.62E+15	1.69E+15	1.90E+15	0%
Cumulative energy demand E.R.	GJ/yr	1.18E+07	1.52E+07	1.33E+07	1.73E+07	46%
Cumulative energy demand Italia	GJ/yr	7.86E+07	1.01E+08	9.79E+07	1.08E+08	37%
Cumulative GHG emissions (Global Warming Potential) E.R.	g CO2 eq./yr	8.30E+11	1.07E+12	9.32E+11	1.20E+12	45%
Cumulative GHG emissions (Global Warming Potential) Italia	g CO2 eq./yr	4.40E+12	5.52E+12	5.41E+12	7.61E+12	73%
Cumulative SO2 equiv. emissions (Acidification potential) E.R.	g SO2 eq./yr	2.69E+09	3.51E+09	3.06E+09	3.89E+09	44%
Cumulative SO2 equiv. emissions (Acidification potential) Italia	g SO2 eq./yr	1.46E+10	1.78E+10	1.75E+10	2.53E+10	73%
Purchased input and locally non-renewable input, (F+N), E.R.	seJ/yr	1.38E+21	1.80E+21	1.76E+21	3.65E+21	164%
Purchased input and locally non-renewable input, (F+N), Italia	seJ/yr	9.90E+21	1.20E+22	1.31E+22	1.42E+22	43%
Renewable inputs, R* (without double counting), E.R.	seJ/yr	5.58E+20	4.50E+20	4.19E+20	5.02E+20	-10%
Renewable inputs, R* (without double counting), Italia	seJ/yr	4.92E+21	3.48E+21	3.63E+21	4.26E+21	-13%
Total energy inputs to agricultural phase, U, E.R.	seJ/yr	4.46E+21	4.88E+21	4.34E+21	5.48E+21	23%
Total energy inputs to agricultural phase, U, Italia	seJ/yr	3.81E+22	3.44E+22	3.44E+22	4.38E+22	15%

Total emergy inputs to agricultural phase, U*, E.R.	seJ/yr	1.65E+21	2.01E+21	1.96E+21	2.35E+21	42%
Total emergy inputs to agricultural phase, U*, Italia	seJ/yr	1.23E+22	1.37E+22	1.49E+22	1.59E+22	29%

8.4.2 Analisi dell'intensità energetica

La **Tabella 8.7** evidenzia l'evoluzione degli indicatori d'impatto energetico, *intensivi*, per le diverse unità funzionali (€, ha, g dry matter, J). Gli indicatori d'impatto per unità di valore economico generato in agricoltura e per ettaro sia per le coltivazioni agricole (crops) sia per le produzioni animali (livestock e aviculture) sono rappresentati nelle **Figure 8.14a e 8.14b**, (produzioni vegetali) e **8.14c e 8.14d** (produzioni animali). Si può notare dalla prima serie di figure che l'intensità energetica per valore economico dell'Emilia Romagna (10.81 MJ/€) nel 2010 era leggermente minore di quella raggiunta dall'Italia (11.04 MJ/€) nello stesso anno. L'Italia mostra un andamento decrescente nel tempo di questo indicatore a differenza dell'Emilia Romagna, dove il trend è invece costante.

Per quanto riguarda l'intensità energetica per ettaro di superficie coltivata, nel 2010 essa era pari a 22,62 GJ per l'Italia e 28,94 GJ/ha per l'Emilia Romagna. Come si può notare dalla **Figura 8.14b** l'andamento di questo indicatore è crescente in particolare per l'Emilia Romagna mentre per l'Italia sembra aver raggiunto una fase stazionaria.

Le **Figure 8.14c, 8.14d** evidenziano le intensità per le produzioni animali (per i prodotti di entrambe le specie allevate) per € di valore economico e massa della produzione. Nel 2010, le intensità per valore economico raggiungono valori superiori al 1980 sia per l'Emilia Romagna (6.05 MJ/€ nel 1980 e 8.47 MJ/€ nel 2010) sia per l'Italia (6.65 MJ/€ nel 1980 e 7.94 MJ/€ nel 2010). In termini d'intensità per massa di prodotto dell'avicoltura, l'Italia evidenzia un aumento trascurabile dell'intensità energetica nel 2010 (+0.5%) rispetto al 1980 (da 5.25 kilojoule/g dry matter nel 1980 a 5.27 kilojoule nel 2010) mentre per l'Emilia Romagna l'incremento dell'intensità energetica è molto più sostenuto (+14%) e passa dai 6.48 kilojoule/g dry matter nel 1980 ai 7.38 kilojoule/g dry matter nel 2010.

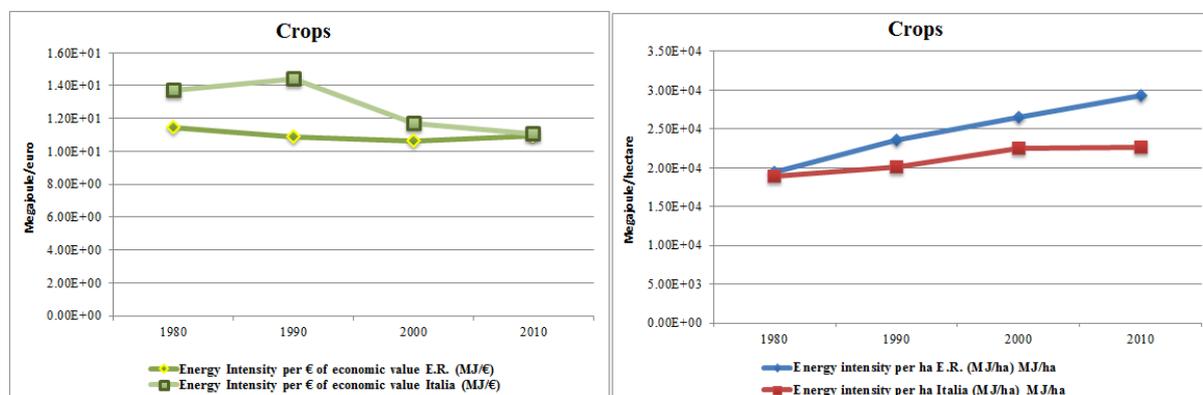


Figure 8.14a, b. Evoluzione degli indicatori d'intensità per € di valore economico e per ettaro per le coltivazioni agricole dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

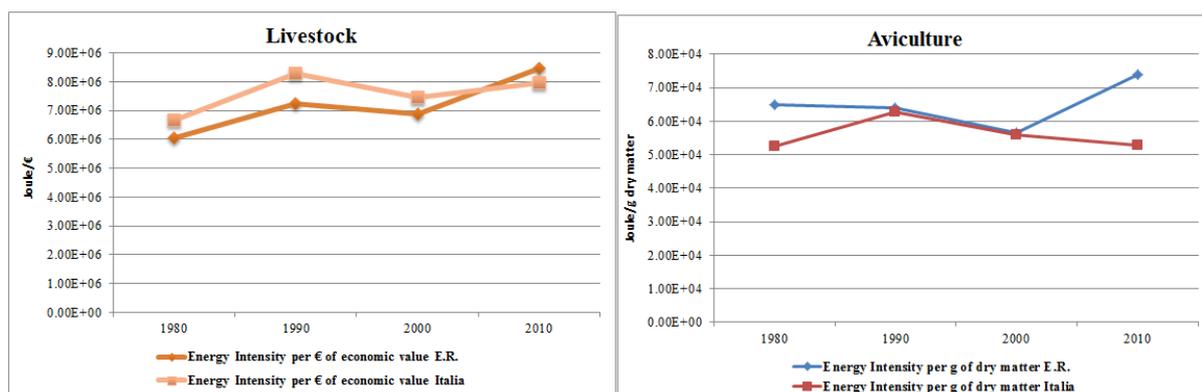


Figura 8.14c,d. Evoluzione degli indicatori d'intensità energetica per € e per g dry matter per le produzioni animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

Tabella 8.7. Evoluzione degli indicatori d'impatto energetico per le coltivazioni agricole vegetali e le produzioni animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

CROPS		1980	1990	2000	2010	%2010/1980
Energy Intensity per € of economic value E.R.	MJ/€	10.85	10.57	10.33	10.81	0%
Energy Intensity per € of economic value Italia	MJ/€	12.77	14.18	11.67	11.04	-14%
Energy Intensity per g of dry matter E.R.	J/g d.m.	1.68E+03	1.93E+03	2.08E+03	2.13E+03	27%
Energy Intensity per g of dry matter Italia	J/g d.m.	3.15E+03	3.40E+03	3.31E+03	3.47E+03	10%
Energy Intensity per J of product E.R.	J/J	0.10	0.12	0.13	0.13	25%
Energy Intensity per J of product Italia	J/J	0.19	0.21	0.20	0.21	10%
Energy intensity per ha E.R.	MJ/ha	1.84E+04	2.29E+04	2.59E+04	2.89E+04	57%
Energy intensity per ha Italia	MJ/ha	1.76E+04	1.97E+04	2.25E+04	2.26E+04	29%
LIVESTOCK		1980	1990	2000	2010	
Energy Intensity per € of economic value E.R.	J/€	6.05E+06	7.24E+06	6.88E+06	8.47E+06	40%
Energy Intensity per € of economic value Italia	J/€	6.65E+06	8.28E+06	7.46E+06	7.94E+06	19%
Energy Intensity per g of dry matter E.R.	J/g d.m.	2.41E+04	2.81E+04	2.96E+04	3.39E+04	40%
Energy Intensity per g of dry matter Italia	J/g d.m.	2.52E+04	3.06E+04	3.25E+04	3.29E+04	30%
Energy Intensity per J of product E.R.	J/J	1.12	1.31	1.39	1.58	41%
Energy Intensity per J of product Italia	J/J	1.21	1.46	1.55	1.56	29%
AVICULTURE		1980	1990	2000	2010	2%
Energy Intensity per € of economic value E.R.	J/€	6.05E+06	7.24E+06	6.88E+06	8.47E+06	40%
Energy Intensity per € of economic value Italia	J/€	6.65E+06	8.28E+06	7.46E+06	7.94E+06	19%
Energy Intensity per g of dry matter E.R.	J/g d.m.	6.48E+04	6.39E+04	5.64E+04	7.38E+04	14%
Energy Intensity per g of dry matter Italia	J/g d.m.	5.25E+04	6.27E+04	5.59E+04	5.27E+04	0.5%
Energy Intensity per J of product E.R.	J/J	2.76	2.71	2.40	3.14	14%
Energy Intensity per J of product Italia	J/J	2.23	2.66	2.38	2.24	0.6%

8.4.3 Analisi delle intensità emergetiche

L'analisi emergetica calcola il supporto ambientale in termini di risorse naturali (rinnovabili, non rinnovabili), servizi ambientali e risorse prodotte all'esterno dei sistemi agricoli e acquistate dal sistema agricolo (fertilizzanti, pesticidi, macchinari agricole, sementi, lavoro umano, etc.) per svolgere la sua attività di produzione economica. Le intensità emergetiche per i sistemi agricoli dell'Emilia Romagna e dell'Italia, sono state calcolate includendo ed escludendo il fattore lavoro, al fine di rendere evidente (nel secondo caso) anche gli impatti del sistema agricolo svincolati dalle dinamiche sociali. I processi agricoli, infatti, sono quasi gli stessi tra i diversi Paesi, a parte poche eccezioni, ma il costo ambientale (e quindi il supporto da parte dell'ambiente naturale) per un lavoratore cambia in funzione del livello di benessere raggiunto dalla società di cui fa parte.

La **Tabella 8.8** descrive l'evoluzione di quattro indicatori nei sistemi agricoli dell'Emilia Romagna e dell'Italia. In dettaglio il rapporto d'impatto ambientale (*Environmental Loading Ratio*, **ELR**) confronta la quantità di risorse rinnovabili del sistema agricolo (perciò definite anche risorse rinnovabili locali), con la quantità utilizzata di risorse non rinnovabili e acquistate all'esterno del sistema stesso. Fornisce una misura dello "stress" (in termini di eccesso di sfruttamento o prelievo) esercitato sulle risorse rinnovabili locali. Più elevato è questo indicatore, peggiore è il bilanciamento tra le quantità delle diverse tipologie di risorse che supportano il sistema. Il rapporto di rendimento emergetico (*Emergy Yield Ratio*, **EYR**) misura la capacità del sistema agricolo di sfruttare e rendere disponibili le proprie risorse rinnovabili locali e non rinnovabili attraverso l'investimento di risorse acquistate dall'esterno del sistema stesso. L'indice di sostenibilità emergetica (*Emergy Sustainable Index*, **ESI**) che è un rapporto tra i due indicatori appena descritti, EYR/ELR. Questo indicatore misura la sostenibilità del sistema agricolo come espressione della sua capacità di aumentare lo sfruttamento delle proprie risorse rinnovabili locali così da ridurre il proprio impatto ambientale sulle altre tipologie di risorse. Infine, l'indicatore % RENEWABLE, che indica la frazione di risorse rinnovabili consumate localmente rispetto alle risorse totali consumate.

Il rapporto d'impatto ambientale (con l'apporto del fattore lavoro e del costo dei servizi importati dall'esterno del sistema agricolo) per le coltivazioni vegetali cresce nel 2010 rispetto al 1980 sia per l'Italia (da 4.93 nel 1980 a 7.44 nel 2010) sia per l'Emilia Romagna (da 5.23 nel 1980 a 7.05 nel 2010) dimostrando l'elevata industrializzazione dei processi di sviluppo agricolo. La sostenibilità dei sistemi agricoli diminuisce nel tempo, come evidenzia l'andamento dell'indice di sostenibilità, ESI, che progressivamente si riduce per entrambi i

sistemi agricoli passando per l'Emilia Romagna da 0.23 nel 1980 a 0.16 nel 2010 e per l'Italia da 0.25 nel 1980 a 0.16 nel 2010.

Tabella 8.8. Indicatori di intensità emergetiche per le produzioni vegetali dell'Emilia Romagna e dell'Italia

CROPS					
<i>Intensive Indicators with Labor and Service</i>					
	1980	1990	2000	2010	% 2010/1980
ELR (with L & S) crops E. R.	5.23	7.69	6.59	7.05	35%
ELR (with L & S) crops Italia	4.93	7.53	6.18	7.44	51%
ESI (with L & S) crops E. R.	0.23	0.15	0.18	0.16	-29%
ESI (with L & S) crops Italia	0.25	0.16	0.19	0.16	-38%
EYR (with L & S) crops E. R.	1.20	1.14	1.16	1.15	-4%
EYR (with L & S) crops Italia	1.26	1.17	1.20	1.17	-7%
%RENEWABLE with L&S E.R.	0.16	0.12	0.13	0.12	-23%
%RENEWABLE with L&S Italia	0.17	0.12	0.14	0.12	-30%
<i>Intensive Indicators without Labor and Service</i>					
ELR (without L & S) crops E. R.	3.40	5.33	4.41	4.53	33%
ELR (without L & S) crops Italia	3.30	5.29	4.09	4.65	41%
ESI (without L & S) crops E. R.	0.39	0.22	0.28	0.27	-30%
ESI (without L & S) crops Italia	0.43	0.24	0.32	0.28	-35%
EYR (without L & S) crops E. R.	1.31	1.20	1.24	1.23	-6%
EYR (without L & S) crops Italia	1.41	1.27	1.32	1.29	-8%
%RENEWABLE without L&S E.R.	0.23	0.16	0.18	0.18	-20%
%RENEWABLE without L&S Italia	0.23	0.16	0.20	0.18	-24%

In termini di gestione delle risorse naturali i valori crescenti nel tempo dell'ELR with/without L&S indicano un aumento dell'impatto ambientale del settore agricolo causato dall'utilizzo sempre maggiore di fonti non rinnovabili rispetto alle quantità impiegate di risorse rinnovabili locali.

Il rapporto d'impatto ambientale peggiora anche per le produzioni animali di entrambi i sistemi agricoli con e senza l'apporto del fattore lavoro e dei servizi (**Tabella 8.9**). Per l'Emilia Romagna l'indicatore con lavoro e servizi (ELR with L&S) aumenta tra il 1980 e il 2010 del 42% mentre per l'Italia del 36%. L'indice di sostenibilità (ESI with L&S) si riduce per l'Emilia Romagna da 0.16 del 1980 a 0.11 del 2010 e per l'Italia diminuisce da 0.17 nel 1980 a 0.12 nel 2010. Il rapporto di rendimento emergetico (EYR with/without L&S) per le coltivazioni vegetali in entrambi i sistemi agricoli si posiziona su valori medi per l'intero periodo pari a 1.13 (EYR with L&S) e 1.20 (EYR without L&S) per l'Emilia Romagna e 1.20 (EYR with L&S) e 1.32 (EYR without L&S) per l'Italia. I valori scendono ulteriormente nel caso delle produzioni animali (livestock e aviculture). Per l'Emilia Romagna l'EYR

with/without L&S raggiunge valori medi nell'intero periodo analizzato pari a solo 1.09 e 1.10 mentre per l'Italia i valori medi sono appena più alti risultando pari a 1.12 e 1.16. Poiché l'EYR indica la capacità di sfruttare le proprie risorse locali (rinnovabili e non rinnovabili) a parità di apporti di energia acquisiti all'esterno del sistema agricolo, valori bassi dell'EYR esprimono una dipendenza elevata dalle risorse esterne per la produzione dei beni agricoli.

Tabella 8.9. Indicatori di intensità emergetiche per le produzioni animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

LIVESTOCK AND AVICULTURE	1980	1990	2000	2010	
<i>Intensive Indicators with Labor and Service</i>					
ELR (with L & S) Livestock and aviculture E.R.	6.99	9.83	9.36	9.92	42%
ELR (with L & S) Livestock and aviculture Italia	6.82	9.23	8.48	9.28	36%
ESI (with L & S) Livestock and aviculture E. R.	0.16	0.11	0.12	0.11	-32%
ESI (with L & S) Livestock and aviculture Italia	0.17	0.12	0.13	0.12	-29%
EYR (with L & S) Livestock and aviculture E. R.	1.14	1.10	1.11	1.10	-4%
EYR (with L & S) Livestock and aviculture Italia	1.15	1.11	1.12	1.11	-4%
%RENEWABLE with L&S E.R.	0.13	0.09	0.10	0.09	-27%
%RENEWABLE with L&S Italia	0.13	0.10	0.11	0.10	-24%
<i>Intensive Indicators without Labor and Service</i>					
	1980	1990	2000	2010	
ELR (without L&S) Livestock and aviculture E. R	2.48	4.00	4.20	4.27	73%
ELR (without L&S) Livestock and aviculture Italia	2.03	3.54	3.65	3.32	63%
ESI (without L&S) Livestock and aviculture E.R.	0.48	0.28	0.26	0.26	-47%
ESI (without L&S) Livestock and aviculture Italia	0.61	0.32	0.31	0.34	-45%
EYR (without L&S) Livestock and aviculture E. R	1.20	1.11	1.11	1.10	-8%
EYR (without L&S) Livestock and aviculture Italia	1.25	1.14	1.14	1.12	-10%
%RENEWABLE without L&S E.R.	0.29	0.20	0.19	0.19	-34%
%RENEWABLE without L&S Italia	0.33	0.22	0.22	0.23	-30%

Infine l'evoluzione degli indicatori appena analizzati per entrambi i sistemi agricoli, insieme ad altri indicatori d'intensità emergetiche per le diverse unità funzionali (ha, g dry matter e Joule) è rappresentata nelle **Figure 8.15** e **8.16**. I valori sono normalizzati rispetto al primo anno di analisi, il 1980. Gli indicatori sono riferiti alle produzioni vegetali.

Dalla Figura 8.13, si nota che nel 2010, le emergie specifiche per ha, per grammo di peso secco e per Joule sono superiori agli altri anni analizzati sia per l'Emilia Romagna sia per l'Italia. Il rapporto di impatto ambientale, ELR, raggiunge il suo valore più elevato (7.69) nel 1990 per l'Emilia Romagna (**Figura 8.15**). Per l'Italia nel 1990 (7.53) raggiunge valori molto simili al 2010 (7.44) (**Figura 8.16**).

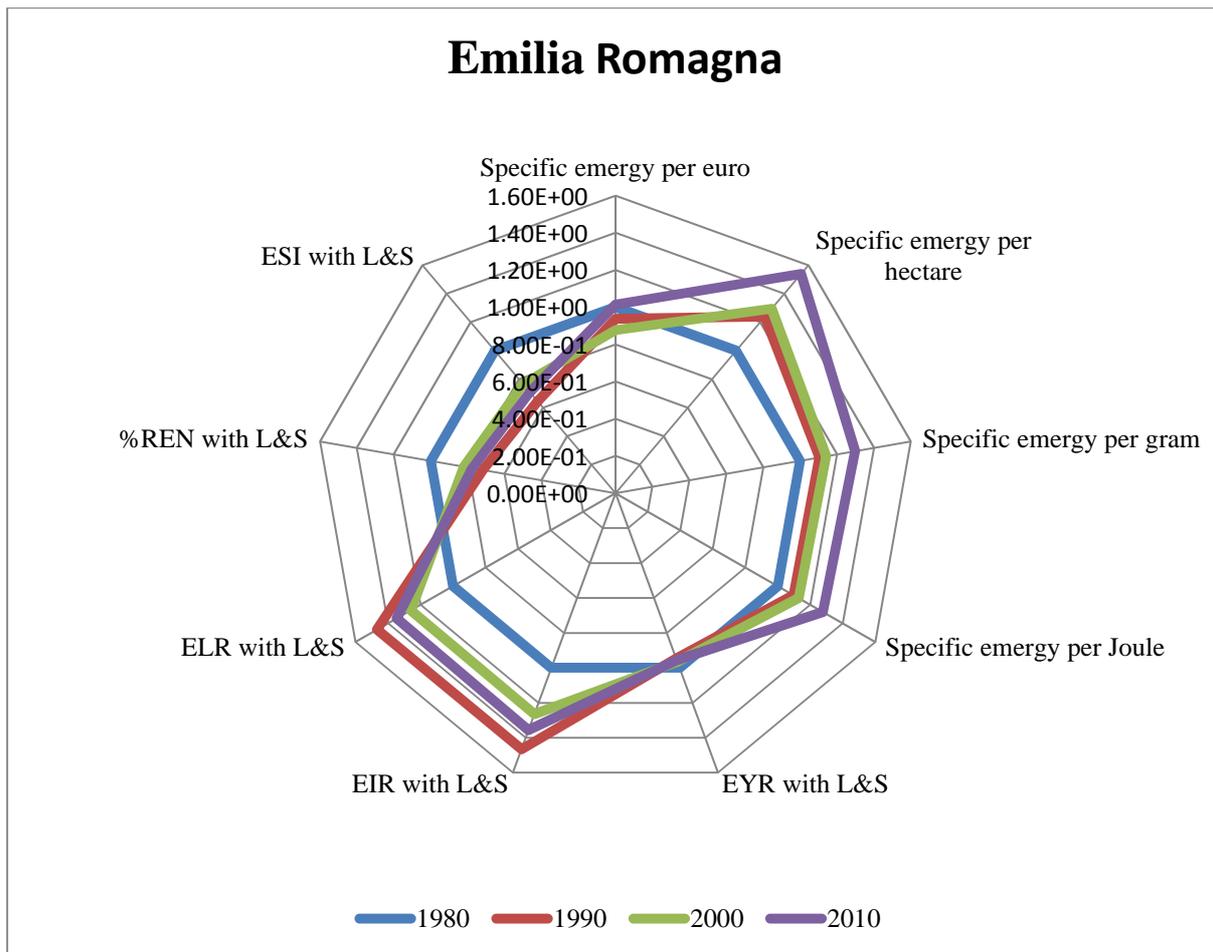


Figura 8.15. Indicatori di intensità emergetiche per le produzioni vegetali della Regione Emilia Romagna. I valori sono stati normalizzati rispetto al primo anno analizzato.

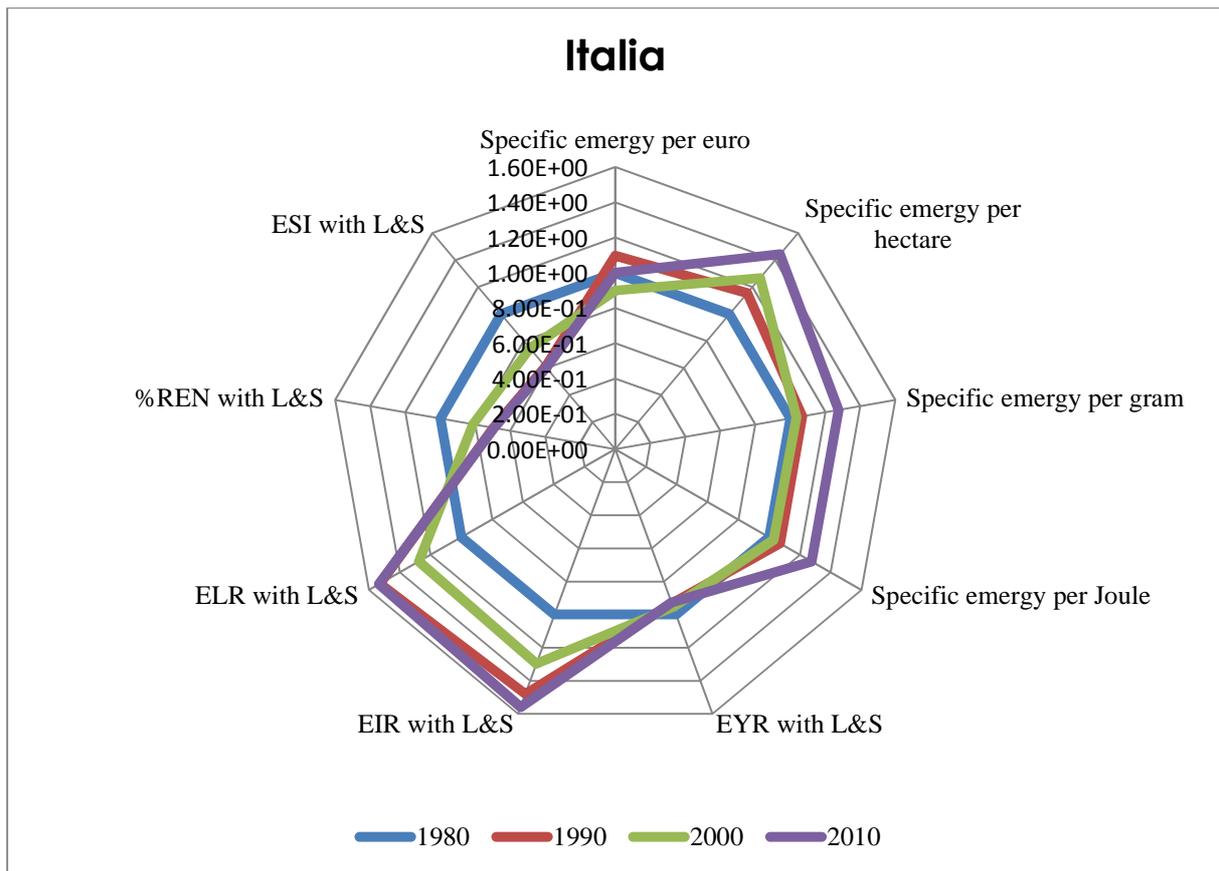


Figura 8.16. Indicatori di intensità energetiche per le produzioni vegetali dell'Italia.

8.4.4 Carbon footprint

La carbon footprint misura il potenziale contributo del processo analizzato al “Riscaldamento climatico” attraverso la contabilizzazione delle quantità totale di emissioni di gas ad effetto serra rilasciate direttamente e indirettamente dal processo produttivo. L’indicatore è calcolato moltiplicando le quantità di emissioni dei differenti gas ad effetto serra (anidride carbonica: CO₂, metano: CH₄, protossido di azoto: N₂O, ozono: O₃, vapore acqueo e gli alocarburi: CFC, HCFC, HFC)¹³³ per un fattore di caratterizzazione (calcolato dall’Intergovernmental Panel on Climate Change) che esprime il potenziale contributo dato (misurato in Kg o grammi di CO₂ equivalenti) per kg o grammo di quel gas al fenomeno dell’effetto serra.¹³⁴ La **Tabella 8.10** evidenzia l’evoluzione nel tempo della carbon footprint delle produzioni vegetali e animali dell’Emilia Romagna e dell’Italia. Le emissioni di gas serra (espressi in grammi di CO₂ equivalenti) sono quasi ovunque crescenti. Le emissioni per valore economico della produzioni vegetali (**Figure 8.17a e b**) aumentano lievemente dal 1980 al 2010 per l’Emilia Romagna (+2%) e si riducono per l’Italia (-15%) segnalando un miglioramento dell’eco-efficienza del valore economico delle produzioni vegetali per l’Italia. Per gli allevamenti si riducono gli impatti da parte dell’avicoltura (per g di peso secco e Joule di contenuto energetico) a causa dell’elevato tasso di aumento delle specie allevate e dei suoi prodotti finali che porta a ripartire su una maggiore massa di prodotto o di contenuto energetico le emissioni di gas serra del settore avicoltura (**Figure 8.17c, e d**).

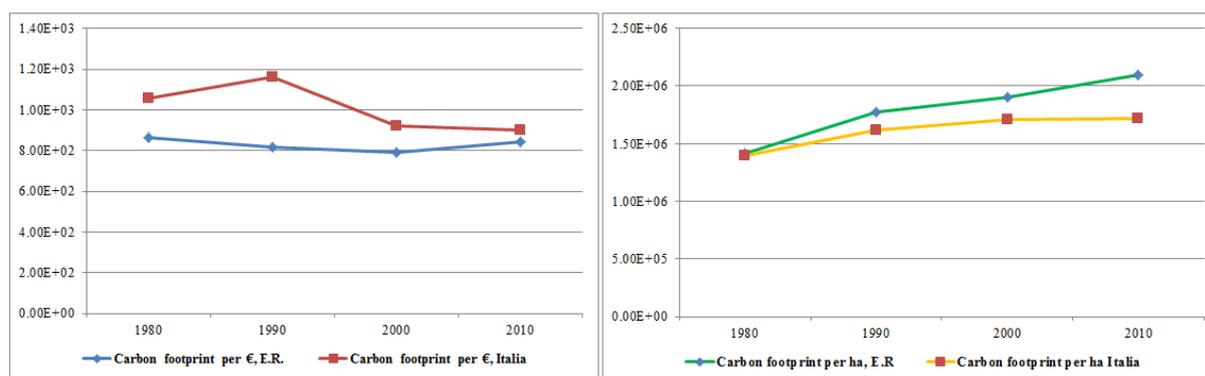


Figura 8.17a, b. Carbon footprint delle produzioni agricole vegetali dell’Emilia Romagna e dell’Italia.

¹³³ Gas serra: http://www.scuolaperilclima.it/c/document_library/get_file?uuid=571b802e-ee37-4234-bc13-cd02f01b4ad8&groupId=57471

¹³⁴ I fattori di caratterizzazione trasformano i dati sulle diverse sostanze raccolti nella fase d’inventario nell’indicatore di categoria. La gravità dell’impatto a parità di quantità emessa varia in funzione del tipo di sostanza emessa. Il metano è un gas serra più dannoso della CO₂. La categoria d’impatto “Global Warming” usa la CO₂ come indicatore di categoria (g o kg di CO₂). Il fattore di caratterizzazione della CO₂ è 1 mentre per il metano è 21. Ciò significa che un chilogrammo di metano ha lo stesso impatto di 21 kg di CO₂. Il metano ha una capacità di trattenere la radiazione infrarossa 21 volte di più rispetto all’anidride carbonica. <http://www.ecosmes.net/cm/navContents?l=IT&navID=LCAbasicCarry&subNavID=2&pagID=22&flag=1>

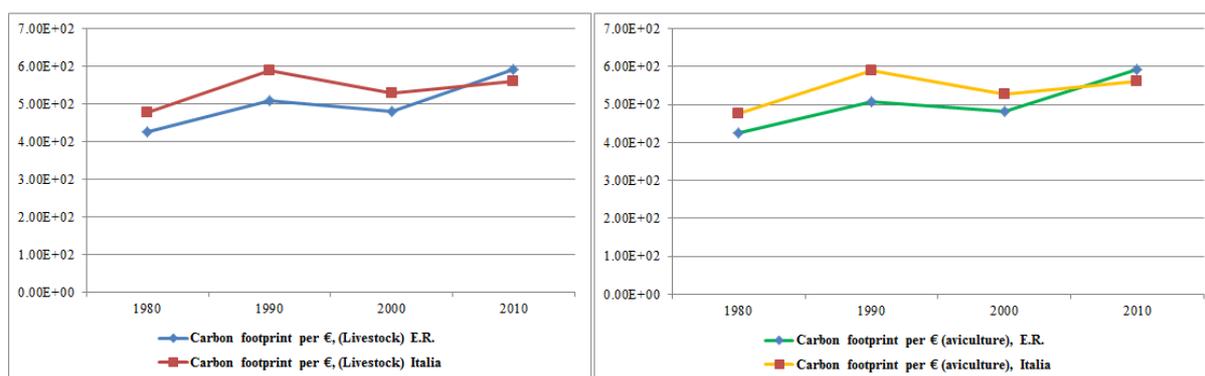


Figura 8.17c, d. Carbon footprint delle produzioni agricole animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

Tabella 8.10. Indicatori di carbon footprint per le produzioni agricole vegetali e animali dell'Emilia Romagna e dell'Italia.

Carbon footprint (Crops)	Unit	1980	1990	2000	2010	% 2010/1980
Carbon footprint per ha, E.R	g CO2 eq./ha	1.34E+06	1.72E+06	1.86E+06	2.06E+06	54%
Carbon footprint per ha Italia	g CO2 eq./ha	1.37E+06	1.59E+06	1.71E+06	1.72E+06	25%
Carbon footprint per €, E.R.	g CO2 eq./€	8.18E+02	7.94E+02	7.68E+02	8.31E+02	2%
Carbon footprint per €, Italia	g CO2 eq./€	1.04E+03	1.14E+03	9.18E+02	8.99E+02	-13%
Carbon footprint per g dry matter, E.R.	g CO2 eq./g d.m.	1.26E-01	1.45E-01	1.54E-01	1.64E-01	30%
Carbon footprint per g dry matter, Italia	g CO2 eq./g d.m.	2.56E-01	2.75E-01	2.61E-01	2.83E-01	11%
Carbon footprint per Joule, E.R.	g CO2 eq./J	7.84E-06	8.90E-06	9.48E-06	1.00E-05	28%
Carbon footprint per Joule, Italia	g CO2 eq./J	1.55E-05	1.67E-05	1.58E-05	1.72E-05	11%
Carbon footprint (Livestock)	Unit	1980	1990	2000	2010	
Carbon footprint per €, (Livestock) E.R.	g CO2 eq./€	4.25E+02	5.08E+02	4.82E+02	5.91E+02	39%
Carbon footprint per €, (Livestock) Italia	g CO2 eq./€	4.77E+02	5.90E+02	5.28E+02	5.61E+02	17%
Carbon footprint per g of dry matter, E.R.	g CO2 eq./g d.m.	1.69E+00	1.97E+00	2.07E+00	2.36E+00	39%
Carbon footprint per g of dry matter, Italia	g CO2 eq./g d.m.	1.81E+00	2.18E+00	2.31E+00	2.32E+00	28%
Carbon footprint per Joule, E.R.	g CO2 eq./J	7.88E-05	3.36E-05	9.73E-05	1.10E-04	40%
Carbon footprint per Joule, Italia	g CO2 eq./J	8.69E-05	1.04E-04	1.10E-04	1.10E-04	27%
Carbon footprint (Aviculture)	Unit	1980	1990	2000	2010	
Carbon footprint per € (aviculture), E.R.	g CO2 eq./€	4.25E+02	5.08E+02	4.82E+02	5.91E+02	39%
Carbon footprint per € (aviculture), Italia	g CO2 eq./€	4.77E+02	5.90E+02	5.28E+02	5.61E+02	17%
Carbon footprint per g of dry matter, E.R.	g CO2 eq./g d.m.	4.55E+00	4.48E+00	3.95E+00	5.15E+00	13%
Carbon footprint per g of dry matter, Italia	g CO2 eq./g d.m.	3.77E+00	4.47E+00	3.96E+00	3.72E+00	-1.1%
Carbon footprint per Joule, E.R.	g CO2 eq./J	1.94E-04	1.90E-04	1.68E-04	2.19E-04	13%
Carbon footprint per Joule, Italia	g CO2 eq./J	1.60E-04	1.90E-04	1.68E-04	1.58E-04	-1.0%

Capitolo 9. Caso di studio: LCA di un sistema agricolo aziendale

9.1 Definizione dell'obiettivo dello studio (Goal)

Lo studio è svolto con l'obiettivo di analizzare le variazioni del profilo ambientale del latte in seguito all'introduzione di soluzioni tecnologiche rinnovabili nella produzione dell'energia elettrica dell'azienda agricola produttrice. Quest'ultima nell'anno 2011, aveva installato due impianti fotovoltaici (della potenza di 98.44 KW e 99.22 KW) sui tetti delle stalle adibite al ricovero degli animali allevati e un impianto a biogas della potenza di 330 KW alimentato da soli effluenti zootecnici.¹³⁵

9.2 Definizione del campo di applicazione

9.2.1 La funzione

La funzione principale e quindi caratteristica del sistema è di tipo alimentare.

9.2.2 Unità funzionale

I flussi dell'inventario sono riferiti alla produzione annuale dell'azienda che è pari a 66,000 quintali di latte. I risultati dello studio sono presentati facendo riferendo agli impatti ambientali ed energetici per unità funzionale, che è rappresentata da un chilogrammo di latte, così da poterli eventualmente confrontare con quelli di altri studi presenti nella letteratura.

9.2.3 Il sistema agricolo studiato

L'azienda agricola produttrice di latte è localizzata nella provincia di Reggio Emilia e nell'ambito della zona di produzione del Formaggio Parmigiano Reggiano (**Figura 9.1**).¹³⁶ In

¹³⁵ Nell'area di produzione del latte per Parmigiano-Reggiano la produzione del biogas è molto legata all'impiego degli effluenti zootecnici come materia prima per l'alimentazione dell'impianto. La recente deliberazione assembleare n. 51 del 26-7-2011 della Regione Emilia-Romagna, relativa alla localizzazione degli impianti di produzione di energia rinnovabile, ha indicato che il territorio del "Comprensorio di produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano», produzione a denominazione di origine protetta (dop), non è idoneo all'installazione di impianti di produzione di energia da biogas e produzione di biometano che utilizzino come materia prima il silomais o altre essenze vegetali insilate, fatto salvo il caso in cui l'utilizzazione agronomica del residuo del processo di fermentazione (digestato), tal quale o trattato, avvenga in terreni ubicati all'esterno del medesimo comprensorio", Fabbri et al., 2011, Biogas da soli effluenti zootecnici, buona la resa energetica, Informatore Agrario.

¹³⁶ La zona di produzione del latte e di trasformazione in formaggio Parmigiano Reggiano e alcuni ingredienti (latte, sale, caglio) sono gli elementi essenziali e caratteristici del processo di produzione del formaggio. La qualità del formaggio è garantita attraverso il rispetto delle norme del Regolamento di produzione. I disciplinari e le normative del Consorzio del Parmigiano Reggiano sono disponibili a:

quest'area di produzione sono presenti circa 4000 allevamenti, dove le bovine sono alimentate principalmente con foraggi locali. Il Regolamento di Produzione del Parmigiano Reggiano impedisce, infatti, l'utilizzo di foraggi insilati e alimenti fermentati (Emilia Romagna Ambiente, 2011).



Figura 9.1. Fonte: Le strade del Parmigiano Reggiano, Reggio Emilia, 2011.

L'azienda è a conduzione familiare. Nell'attività aziendale oltre ai famigliari sono impegnati anche 6 dipendenti. I terreni destinati al ricovero degli animali hanno una superficie pari a 5.40 ettari mentre le superfici destinate alla coltivazione dei foraggi e dei cereali (per garantire un'adeguata rotazione colturale) sono pari a 289.43 ettari

I capi allevati dall'azienda studiata sono in totale 1850. Circa la metà dei capi sono vacche di peso pari a circa 7 quintali mentre la rimanente parte è suddivisa in manze (5 quintali circa) e manzette (4 quintali circa). Le vacche in lattazione sono 850. La produzione annuale di latte nel 2011 è stata pari a 66,000 quintali. L'intera produzione di latte annuale è conferita ad un caseificio per la trasformazione in formaggio Parmigiano Reggiano. La maggior parte del reddito dell'azienda deriva dalla produzione ed vendita del latte. Nel 2011 l'attività tradizionale dell'azienda è stata integrata con la produzione di servizi energetici attraverso l'installazione di due impianti fotovoltaici e un impianto di produzione di biogas. Gli impianti fotovoltaici nel 2011, hanno generato una produzione elettrica pari a 154,865 kWh che è stata tutta diretta all'autoconsumo aziendale. L'impianto a digestione anaerobica, entrato in esercizio nel 2011, è stato ipotizzato (sulla base dell'attività di monitoraggio semestrale attuata nel 2011 dalla CRPA di Reggio Emilia; Fabbri et al., 2011) che nel 2011, abbia

http://www.parmigianoreggiano.it/consorzio/disciplinare_produzione/default.aspx

Le origini di questo formaggio risalgono a ben nove secoli fa, nei monasteri dei benedettini, nei quali vi era la necessità di trasformare le grandi quantità di latte prodotto in un formaggio a lunga durata. Vedere per ulteriori dettagli: Le strade del Parmigiano Reggiano, Reggio Emilia, Reggio Emilia, 2011, disponibile a: http://www.parmigiano-reggiano.it/dove_trova/guida_caseifici_modena/default.aspx

prodotto un'elettricità annua pari a 2,153,861 kWh. Il 2011 è l'anno al quale si riferiscono i dati raccolti sull'attività tradizionale di produzione del latte.

9.2.4 Confini del sistema

Il ciclo di vita dello studio inizia dalla filiera di produzione degli input utilizzati nell'azienda agricola fino alla fase di produzione del latte pronto per la vendita al caseificio di produzione del formaggio Parmigiano Reggiano. Lo studio rientra nella tipologia di analisi del ciclo di vita denominate "from cradle to gate" ovvero dalla culla fino ai cancelli dell'azienda di produzione. Sono stati analizzati 3 scenari. In tutti e tre i scenari sono inclusi i flussi dei seguenti input: lubrificanti, gasolio agricolo, sementi, macchinari agricoli utilizzati dall'azienda agricola nelle operazioni colturali per la produzione dei foraggi e per le attività di allevamento delle bovine (questi input sono collocati in alto a destra della **Figura 9.2**). Nella **Figura 9.2** a sinistra sono inoltre rappresentati i flussi di input rinnovabili. Nello studio è considerata. In basso a destra della **Figura 9.2**, si nota che dal sistema agricolo escono i flussi di prodotti finali, latte conferito al caseificio e mais venduto all'esterno.

L'alimentazione delle bovine da latte è costituita quasi interamente (97% del totale) dai foraggi autoprodotti (erba medica e mais) mentre solo una piccola parte è costituita da foraggi (erba medica) e mangimi (Nucleo) acquistati all'esterno. Prima dell'installazione dell'impianto a digestione anaerobica, gli effluenti zootecnici erano utilizzati direttamente per la fertilizzazione in campo. In seguito all'entrata in esercizio dell'impianto, la sostanza organica degli effluenti è trasformata in biogas attraverso il processo di digestione anaerobica. Al termine del processo la quota residua di prodotto non trasformato in biogas, il cosiddetto digestato, è scaricato dall'impianto e in seguito utilizzato come nutriente per le colture. L'impianto a digestione anaerobica dell'azienda è dotato di un sistema di separazione solido-liquido del digestato prodotto. La parte solida può essere utilizzata come ammendante mentre la frazione liquida ha proprietà simili a un concime liquido a pronto effetto con titolo ridotto (Fabbri, 2010).

Per i consumi di energia elettrica nello scenario 1 il fabbisogno dell'azienda è totalmente soddisfatto prelevando l'energia elettrica dalla rete nazionale di distribuzione. Nello scenario 2 quasi la metà (49% dei consumi totali) del fabbisogno totale dell'azienda è soddisfatto attraverso il prelievo dell'energia elettrica dalla rete nazionale di distribuzione mentre la rimanente parte del fabbisogno è coperta dalla produzione elettrica dei propri impianti

fotovoltaici e infine nello scenario 3 l'azienda ha l'autosufficienza elettrica e il fabbisogno è coperto dall'elettricità prodotta dagli impianti fotovoltaici e dall'impianto a digestione anaerobica.

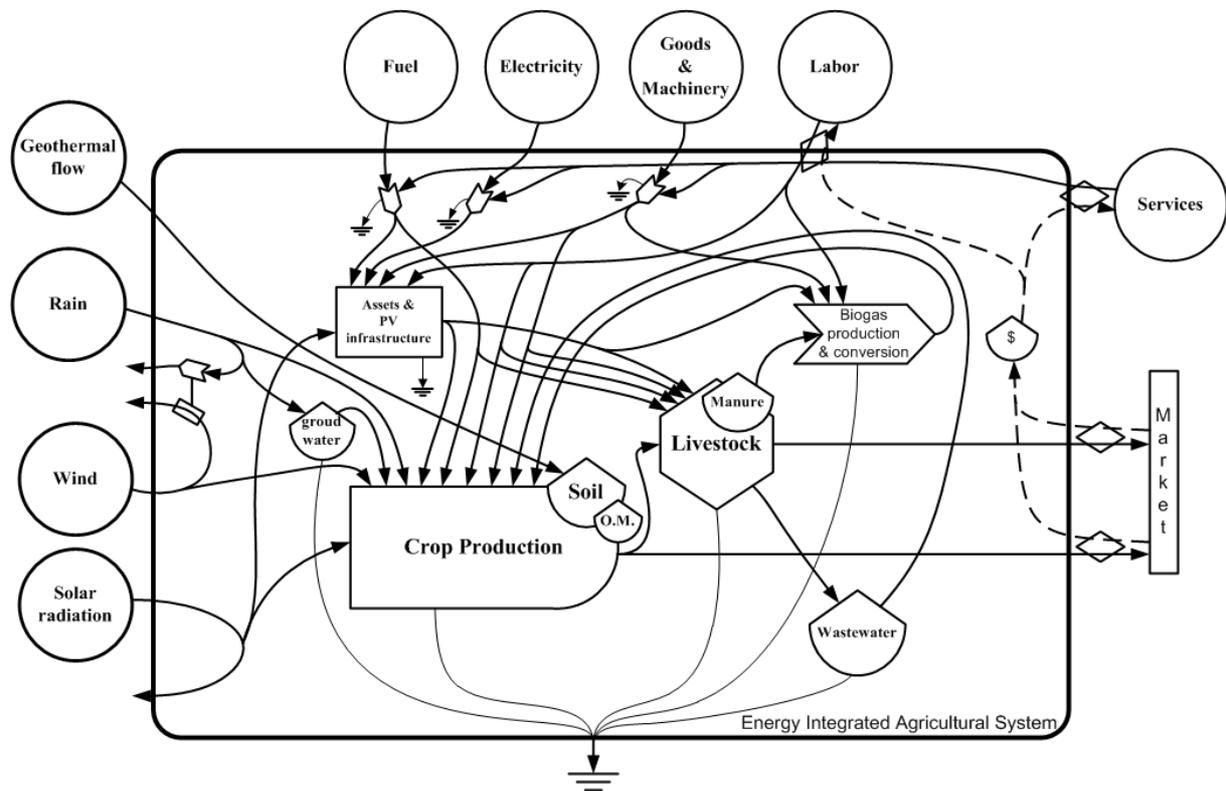


Figura 9.2. Rappresentazione del sistema agricolo aziendale e dei flussi di input e prodotti e servizi finali venduti (latte ed energia elettrica da biogas).

9.2.5 Qualità dei dati

I requisiti di qualità dei dati riflettono in genere le caratteristiche dei dati richiesti dallo studio.

Dal punto di vista della qualità dei dati si considerano:

- *per l'aspetto temporale*: i dati dei flussi di input e dei prodotti finali agricoli (foraggi autoprodotti e latte) e servizi energetici (energia elettrica da fotovoltaico e da biogas) relativi all'anno 2011;
- *per gli aspetti geografici*: i dati sull'energia elettrica fanno riferimento al mix elettrico ipotizzato nei diversi scenari.
- *per la completezza*: i flussi di input, emissioni e prodotti finali (output) nel limite della disponibilità dei dati primari a disposizione;

- *per la rappresentatività*: i dati raccolti direttamente sul campo (dati primari) attraverso interviste ad uno dei proprietari dell'azienda, al personale delle associazioni di categoria (Confagricoltura di Reggio Emilia) e delle diverse organizzazioni private che hanno collaborato alla realizzazione degli impianti fotovoltaici e degli impianti a biogas; l'uso di dati primari provenienti dalle statistiche agricole regionali. Sono stati utilizzati anche dati secondari per la quantificazione dei flussi di energia, materiali ed emissioni indiretti legati alle produzioni dei diversi input (fertilizzanti, pesticidi, mangimi, sementi, elettricità). I dati secondari, riferiti ad es. alle filiere di produzione dei mangimi acquistati all'esterno, sono stati recuperati dalla Banca Dati di Ecoinvent.¹³⁷
- *per la riproducibilità* sono riportate le procedure di calcolo utilizzate e le procedure di allocazione. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software OpenLCA (<http://www.openlca.org/>).

9.2.6 Procedure di allocazione

Non è stato necessario applicare le procedure di allocazione degli input poiché il latte nella fase di allevamento è l'unico prodotto finale in uscita dal sistema considerato. Gli effluenti zootecnici sono anch'essi un prodotto finale in uscita dalla fase di allevamento, essi tuttavia a loro volta entrano come input nell'impianto a biogas. Di seguito sono impiegati come fertilizzanti nei campi dell'azienda agricola destinati alla produzione dei mangimi e vanno quindi a evitare l'acquisto di fertilizzanti chimici da parte dell'azienda agricola.

9.2.7 Categorie d'impatto considerate

L'analisi degli impatti è stata attuata considerando il metodo di valutazione degli impatti CML 2001 sviluppato dall'Università di Leiden.¹³⁸

Le categorie d'impatto considerate in questo studio sono state:

- Acidificazione potenziale (indicatore d'impatto: kg SO₂ equivalenti); Metodo di riferimento di valutazione degli impatti: CML 2001;
- Cambiamenti climatici (indicatore d'impatto: kg CO₂ equivalenti); Metodo di valutazione degli impatti: CML 2001;

¹³⁷ Ecoinvent Database: <http://www.ecoinvent.ch/>

¹³⁸ Universiteit Leiden, Institute of Environmental Sciences (CML), Faculty of Science: <http://cml.leiden.edu/>

- Eutrofizzazione potenziale (indicatore d'impatto: kg PO₄ equivalenti); Metodo di valutazione degli impatti: CML 2001;
- Uso del territorio (indicatore d'impatto: m₂ di terreno arabile);
- Sfruttamento delle risorse abiotiche (indicatore d'impatto: kg di antimonio equivalente);
- Consumo di risorse fossili (indicatore d'impatto: Megajoule equivalente; Metodo: Cumulative Energy Demand - Ecoinvent);

9.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (Life Cycle Inventory, LCI)

Nelle **Tabelle 9.1, 9.2, 9.3** sono elencati tutti gli input e output (prodotti finali) utilizzati nella fase di produzione dei foraggi e nella fase di allevamento.

Tabella 9.1. Descrizione dei flussi input e output (prodotti finali) dell'azienda agricola nello scenario 1.

Scenario base	
	INPUT
Lubrificanti	383 kg
Diesel agricolo	200,293 kg
Elettricità	390,646 kWh
Acqua per irrigazione	2,500 m ³
Acqua per allevamento	27,000 m ³
Macchinari agricoli	507 kg
Sementi	3,762 kg
Rifiuti di plastica	8,000 kg
Rifiuti di vetro	300 kg
Rifiuti di ferro	8,000 kg
Paglia per lettiera	1,365,000 kg
Mangime (Nucleo)	24,000 kg
Erba medica (acquistata all'esterno)	85,000 kg
Superficie agricola coltivata	289 ha
Superficie ricovero animali	54,000 m ²
	OUTPUT
Prodotti finali fase agricola di autoproduzione dei foraggi	
Erba medica (destinata interamente all'alimentazione delle bovine)	2,700,000 kg
Mais (553000 kg destinati all'alimentazione delle bovine mentre il rimanente; 237000 kg è venduto)	790,000 kg
Residui agricoli del mais (impiegati nella fase di allevamento)	323,000 kg
Prodotti finali fase di allevamento	
Latte (venduto all'esterno per la trasformazione in Parmigiano Reggiano)	6,600,000 kg
Letame (destinazione agronomica)	13,687,500 kg
Liquami (destinazione agronomica)	21,900,000 kg

Tabella 9.2. Descrizione di flussi input e output (prodotti finali) dell'azienda agricola nello scenario 2.
 Scenario elettricità prodotta da fotovoltaico (consumata nell'azienda) e biogas (venduta alla rete elettrica)

	INPUT
Lubrificanti	383 kg
Diesel agricolo	200,293 kg
Elettricità	190,969 kWh
Acqua per irrigazione	2,500 m ³
Acqua per allevamento	27,000 m ³
Macchinari agricoli	507 kg
Sementi	3,762 kg
Rifiuti di plastica	8,000 kg
Rifiuti di vetro	300 kg
Rifiuti di ferro	8,000 kg
Paglia per lettiera	1,365,000 kg
Mangime (Nucleo)	24,000 kg
Erba medica (acquistata all'esterno)	85,000 kg
Superficie agricola coltivata	289 ha
Superficie ricovero animali	54,000 m ²
	OUTPUT
Prodotti finali fase agricola di autoproduzione dei foraggi	
Erba medica (destinata interamente all'alimentazione delle bovine)	2,700,000 kg
Mais (553000 kg destinati all'alimentazione delle bovine mentre il rimanente; 237000 kg è venduto)	790,000 kg
Residui agricoli del mais (impiegati nella fase di allevamento)	323,000 kg
Prodotti finali fase di allevamento	
Latte (venduto all'esterno per la trasformazione in Parmigiano Reggiano)	6,600,000 kg
Letame (destinazione agronomica)	13,687,500 kg
Liquami (destinazione agronomica)	21,900,000 kg
IMPIANTI FOTOVOLTAICI	
	OUTPUT
Elettricità prodotta dall' impianto di 98.44 KW	74861 kWh
Elettricità prodotta dall' impianto di 99.22 KW	80004 kWh
IMPIANTO A BIOGAS (330 KW)	
	INPUT
Elettricità per il funzionamento dell'impianto a biogas	310156 kWh
	OUTPUT
Biogas prodotto	1230768 m ³
Elettricità prodotta dal biogas	2153861 kWh
Digestato solido	13,003 tonne
Digestato liquido	20,805 tonne

Tabella 9.3. Descrizione dei flussi input e output (prodotti finali) dell'azienda agricola nello scenario 3.

Scenario elettricità prodotta da fotovoltaico (consumata tutta) e biogas (consumata per una parte 190969 kWh)	
	INPUT
Lubrificanti	383 kg
Diesel agricolo	200,293 kg
Elettricità	-
Acqua per irrigazione	2,500 kg
Acqua per allevamento	27,000 kg
Macchinari agricoli	507 kg
Sementi	3,762 kg
Rifiuti di plastica	8,000 kg
Rifiuti di vetro	300 kg
Rifiuti di ferro	8,000 kg
Paglia per lettiera	1,365,000 kg
Mangime (Nucleo)	24,000 kg
Erba medica (acquistata all'esterno)	85,000 kg
Superficie agricola coltivata	289 ha
Superficie ricovero animali	54,000 m ²
	OUTPUT
Prodotti finali fase agricola di autoproduzione dei foraggi	
Erba medica (destinata interamente all'alimentazione delle bovine)	2,700,000 kg
Mais (553000 kg destinati all'alimentazione delle bovine mentre il rimanente; 237000 kg è venduto)	790,000 kg
Residui agricoli del mais (impiegati nella fase di allevamento)	323,000 kg
Prodotti finali fase di allevamento	
Latte (venduto all'esterno per la trasformazione in Parmigiano Reggiano)	6,600,000 kg
Letame (destinazione agronomica)	13,687,500 kg
Liquami (destinazione agronomica)	21,900,000 kg
IMPIANTI FOTOVOLTAICI	
	OUTPUT
Elettricità prodotta dall' impianto di 98.44 KW	74861 kWh
Elettricità prodotta dall' impianto di 99.22 KW	80004 kWh
IMPIANTO A BIOGAS (330 KW)	
	INPUT
Elettricità per il funzionamento dell'impianto a biogas	310156 kWh
	OUTPUT
Biogas prodotto	1230768 m ³
Elettricità prodotta dal biogas	2153861 kWh
Digestato solido	13003 tonne
Digestato liquido	20805 tonne

9.4 Analisi degli impatti del ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

Nella **Tabella 9.4** e nella **Figura 9.3** sono rappresentati i risultati riguardanti gli impatti totali generati dalla produzione di un chilogrammo di latte nei diversi scenari. Possiamo notare che il contributo del processo di produzione del latte agli impatti potenziali totali si riduce in tutte le categorie d'impatto passando dallo scenario 1 allo scenario 2 e ulteriormente nello scenario 3 che è quello più virtuoso.

Tabella 9.4. Potenziali impatti della produzione di latte nei diversi scenari.

LCIA Category	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Unit
Acidification potential	5.48E-04	4.38E-04	3.69E-04	kg SO2-Eq
Climate change - GWP 100a	5.52E-02	3.87E-02	2.39E-02	kg CO2-Eq
Eutrophication potential	6.56E-04	5.54E-04	5.17E-04	kg NOx-Eq
Land use - competition	3.07E-02	2.71E-02	2.70E-02	m2a
Abiotic resources depletion	9.60E-04	7.79E-04	6.75E-04	kg antimony-Eq
Fossil energy demand	2.08	1.71	1.51	MJ-Eq

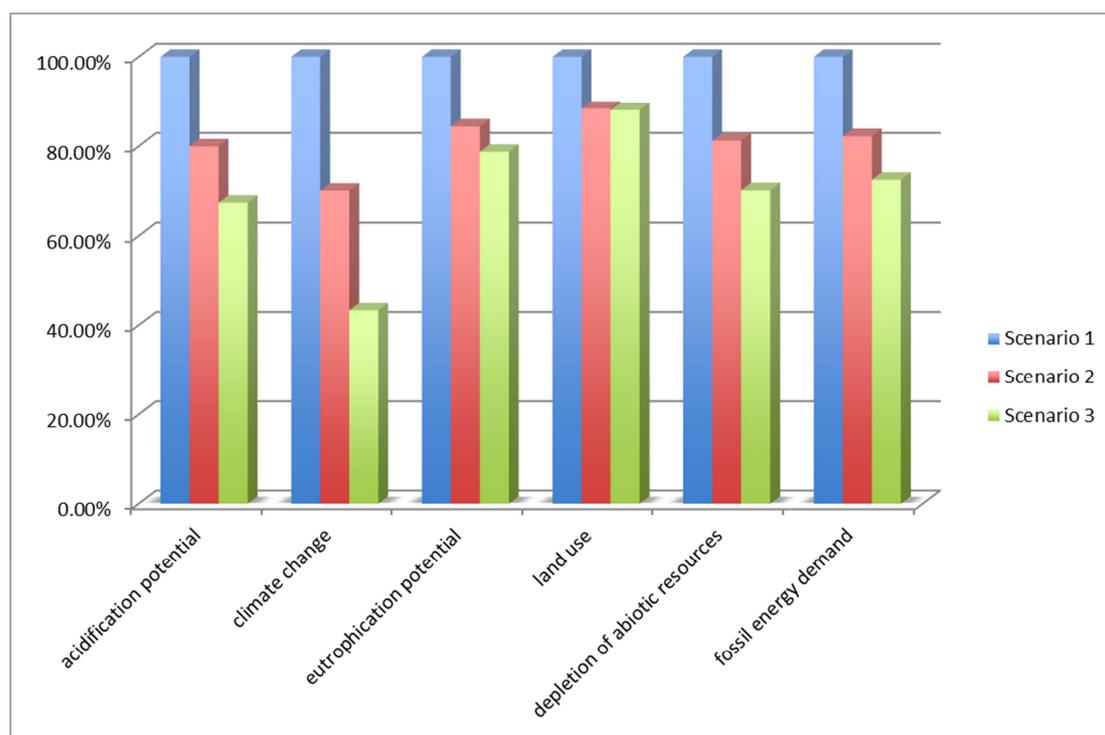


Figura 9.3. Distribuzione degli impatti potenziali relativi alle diverse categorie nei diversi scenari

Per le categorie d'impatto "climate change" (cambiamenti climatici) e "fossil energy demand" (consumo di risorse fossili), la riduzione del contributo della produzione di 1 kilogrammo di

latte, nel passaggio dallo scenario 1 allo scenario 3, è pari rispettivamente a -57% (cambiamenti climatici) e -27% (consumo di risorse fossili).

Nelle **Figura 9.4, 9.5 e 9.6** sono invece rappresentati i contributi relativi dei diversi fattori produttivi alla categoria d'impatto consumo di risorse fossili nei diversi scenari. In particolare si nota che la quota relativa dell'elettricità si riduce progressivamente passando dallo scenario 1 allo scenario 3 mentre quella del gasolio agricolo aumenta.

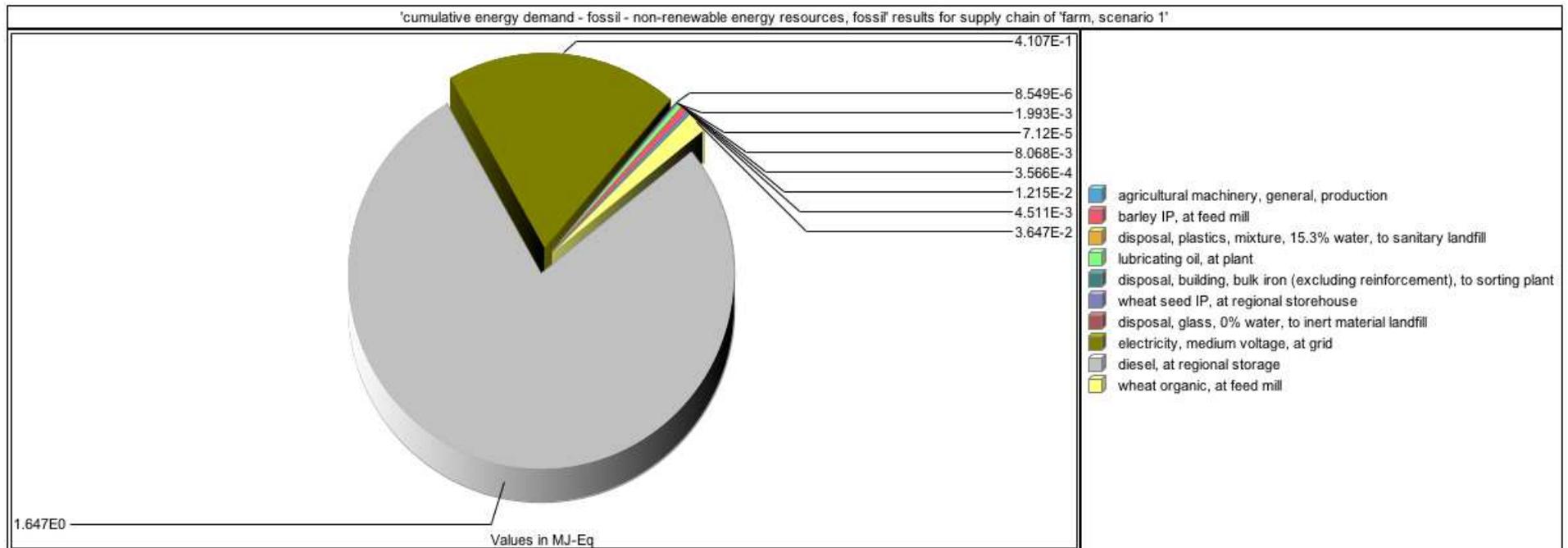


Figura 9.4. Distribuzione degli impatti del consumo di risorse fossili nello scenario 1.

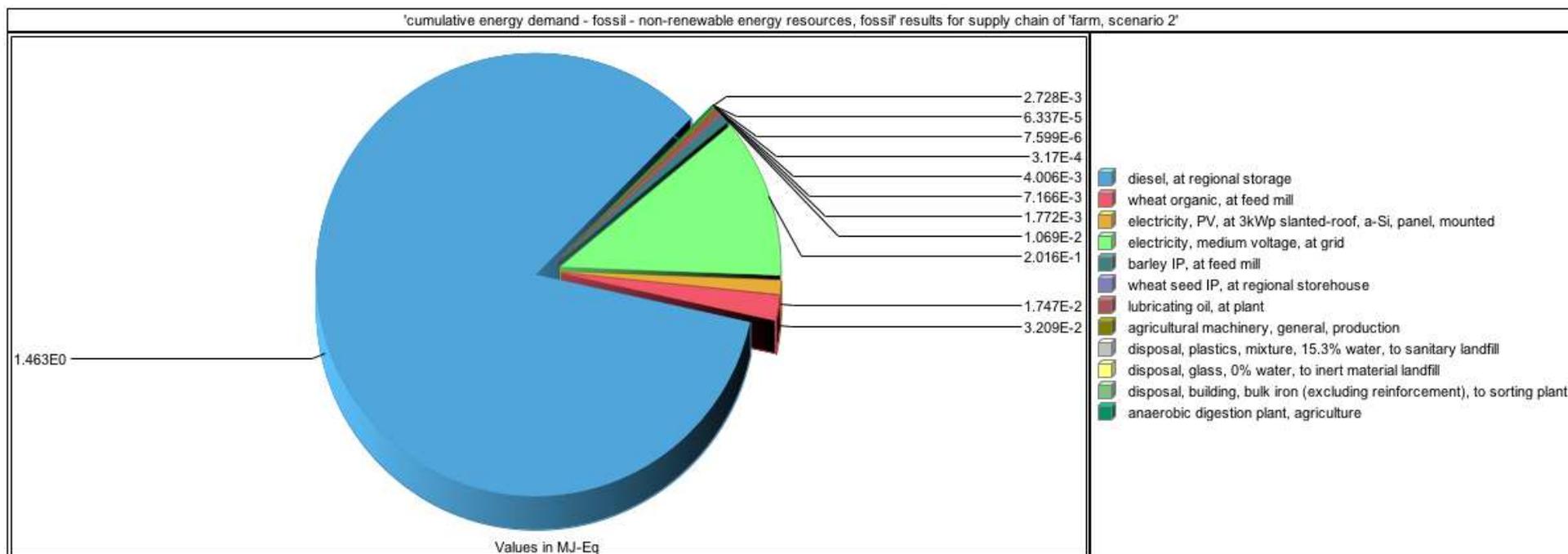


Figura 9.5. Distribuzione degli impatti del consumo di risorse fossili nello scenario 2.

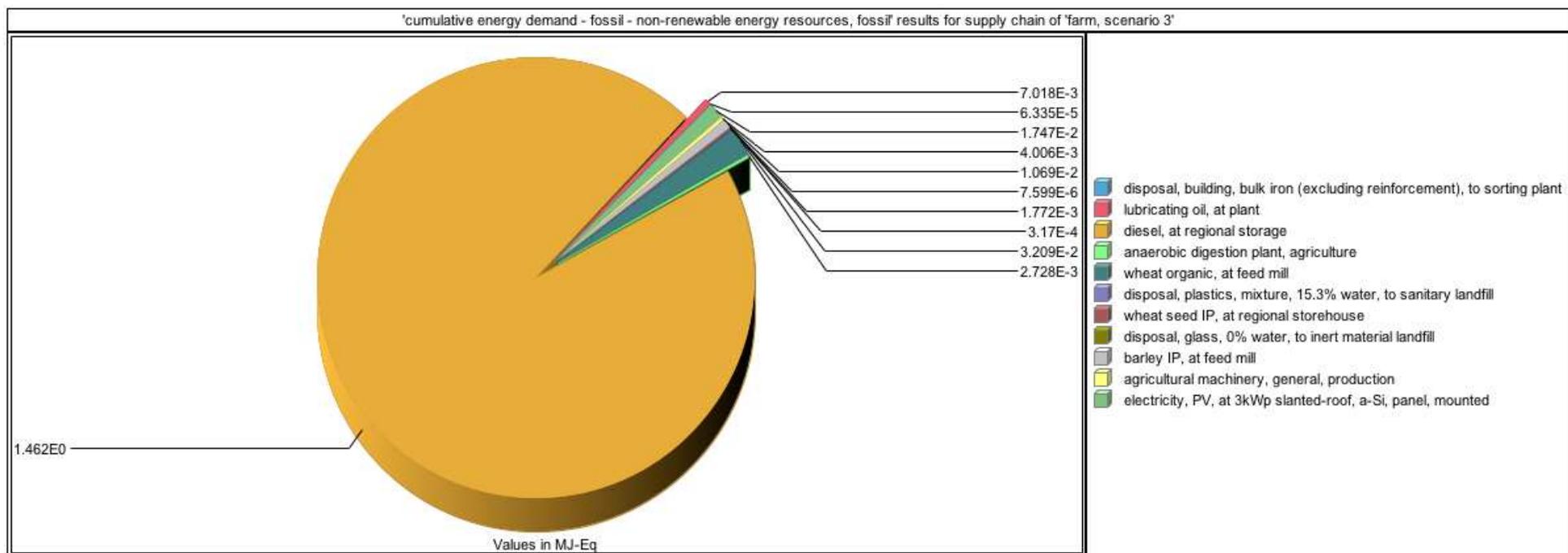


Figura 9.6. Distribuzione degli impatti del consumo di risorse fossili nello scenario 3.

9.5 Interpretazione dei risultati del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation)

Dalla modellizzazione dei diversi scenari si evince che riducendo progressivamente la dipendenza dagli input di origine fossile il profilo ambientale del chilogrammo di latte prodotto migliora in modo rilevante. Gli impatti ambientali sul cambiamento climatico si riducono di oltre la metà sostituendo completamente l'elettricità da fonti rinnovabili con quella fossile.

Abbiamo confronto i risultati raggiunti con altri studi presenti nella letteratura internazionale (i cui risultati sono presentati nella Tabella 5). Il confronto con altri studi presenta tuttavia difficoltà e incertezze a causa delle diverse unità funzionali adottate (ad es. 1 litro di latte, 1kg di Fat Protein Corrected Milk) e assunzioni (De Boer 2003; Basset-Mens et al., 2009). Dalla **Tabella 9.5** possiamo in ogni caso notare che l'azienda agricola reggiana nella produzione di un chilogrammo di latte genera un minore contributo al cambiamento climatico (0.04 kg CO₂ eq./kg di latte) rispetto alla media nazionale del latte prodotto in Nuova Zelanda (0.9 kg CO₂ eq./kg di latte) e alla tipologia media di azienda agricola produttrice di latte in Portogallo (1 kg CO₂/kg di latte) e alle categorie di acidificazione e eutrofizzazione e uso del territorio. Per quanto riguarda i consumi di energia il contributo al consumo di risorse fossili è superiore per l'azienda reggiana (1.7 MJ/kg di latte) rispetto ai consumi dell'azienda media in Nuova Zelanda (1.4 MJ/kg di latte).

Come abbiamo potuto notare nelle prime fasi dello studio, le peculiarità ambientali dell'azienda produttrice sono molto legate alla destinazione del latte prodotto alla produzione del Parmigiano Reggiano, sia per quanto riguarda i prodotti destinati all'alimentazione delle bovine (che sono alimentate per il 95% con foraggi autoprodotti) sia per il riutilizzo degli effluenti zootecnici a fini energetici ed agronomici (che portano ad azzerare l'apporto di concimi di origine chimica). Il processo di produzione del Parmigiano Reggiano pone le basi per la nascita sia di un modello di azienda agricola orientata al raggiungimento dell'autosufficienza energetica sia di un modello di sviluppo locale sostenibile nel quale il raggiungimento degli obiettivi economici tiene conto anche degli aspetti ambientali e sociali del territorio. I benefici ambientali ed economici (che saranno illustrati nel paragrafo successivo) che sono evidenziati in questo studio rappresentano solo una parte dei benefici complessivi. A questo riguardo studi effettuati in Emilia Romagna indicano che le aree agricole destinate alla produzione dei foraggi per il latte destinato a formaggio Parmigiano

Reggiano, siano più ricche di biodiversità (rispetto ad altre aree agricole nelle quali l'agricoltura è più intensiva e standardizzata) poiché in esse si concentrano un maggior numero di specie di fauna tipiche degli ambienti agricoli.¹³⁹

In futuro potrebbe essere interessante analizzare le soluzioni più ottimali per ridurre gli impatti del gasolio agricolo. Si potrebbero analizzare ad es. modificazioni delle operazioni colturali di produzione dei foraggi e della fase di allevamento dirette a ridurre i consumi di gasolio agricolo. A parità di consumi si potrebbero valutare inoltre scenari di sostituzione del gasolio agricolo con altri biocombustibili o biometano che potrebbe essere prodotto dalla stessa azienda ampliando e valorizzando ulteriormente i prodotti finali dell'azienda e gli impieghi ottenibili dalle stesse matrici zootecniche (**Figura 9.7**).

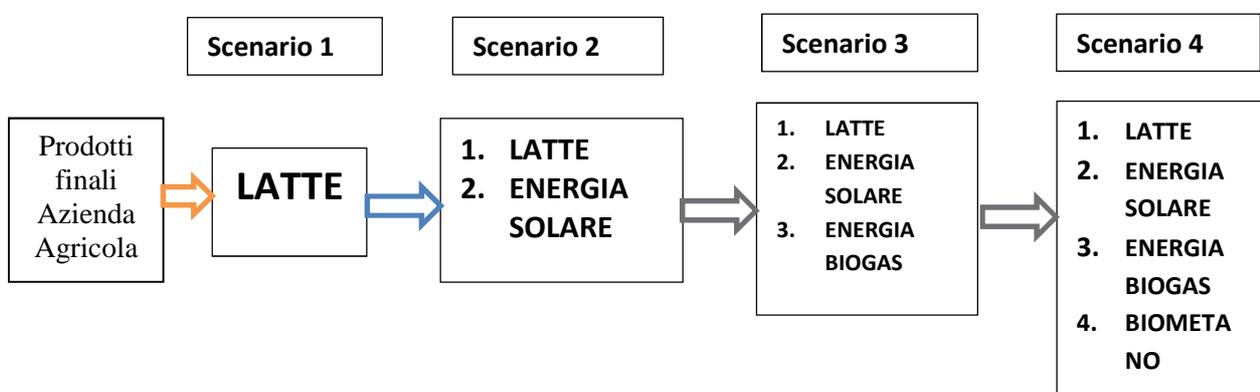


Figura 9.7. Schematizzazione degli scenari alternativi di sviluppo ecosostenibile per l'azienda agricola analizzata in questo studio.

¹³⁹ Le aree dedicate alla produzione di erba da foraggio e i prati stabili, rappresentano per gli uccelli luoghi dove nidificare e trovare cibo. Fra le specie possiamo trovare la Pavoncella, una specie di forte interesse per la conservazione degli uccelli essendo classificata come "Spec 2" (una specie presente soprattutto in Europa e in declino) nella graduatoria di BirdLife International sul rischio di estinzione delle specie di uccelli nel mondo. Anche specie rapaci come il Falco di palude, il Lodolaio e la Poiana sembrano beneficiare particolarmente della presenza dei prati stabili dell'area di produzione del Parmigiano Reggiano. Emilia Romagna ambiente, disponibile a: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2011/parmigiano-reggiano-ambiente>

Tabella 9.5. Selezione di alcuni studi di analisi del ciclo di vita con unità funzionale 1 kg di latte, presenti nella letteratura internazionale recente.

Global Warming Potential (kg CO2 eq.)	Acidification (SO2 eq.)	Eutrophication, kg PO4 equiv.	Fossil Energy demand, MJ	Land use, m2 year	Functional unit	Country	Reference
1.4	9.5E-03	1.1E-02	5.0	1.3	1 kg of FPC milk	The Netherlands (Conventional)	Thomassen et al., (2008)
1.5	1.1E-01	7.0E-02	3.1	1.8	1 kg of FPC milk	The Netherlands (Organic)	Thomassen et al., (2008)
0.9	7.5E-03	2.7E-03	1.4	1.1	1 kg of milk	New Zealand (Conventional)	Basset Mens et al., (2009)
1.0	7.6E-03	7.1E-03	0.01	1.4	1 kg of FPC milk	France (Conventional)	Van der Werf et al., (2009)
1.1	6.8E-03	5.0E-03	0.00	2.1	1 kg of FPC milk	France (Organic)	Van der Werf et al., (2009)
1.0	2.0E-02	7.1E-03			1 kg of milk	Portugal (Conventional)	Castanheira et al., (2010)
1.1	2.1E-02	7.5E-02	4.81	0.0	1 kg of FPC Milk	Italy (Conventional)	Penati et al., (2010)
5.4	1.4E-02	1.5E-02			1kg of ECMilk	Perù - Highlands (Conventional)	Barti et al., (2011)
1.7	7.5E-03	4.8E-03			1kg of ECMilk	Perù - Coast (Conventional)	Barti et al., (2011)
0.04	4.4E-04	5.5E-04	1.71	0.03	1kg of Milk	Italy (Conventional)	Our study (Scenario 2)

Nota: I risultati di Castanheira et al., 2010 presentati con unità funzionale pari a 1 tonnellata di latte sono stati convertiti in unità funzionale pari a 1 kilogrammo di latte.

9.6 Analisi dei costi di produzione dell'azienda agricola

Sono stati raccolti, nella fase d'inventario (par. 9.3), anche i dati riguardanti le principali voci di costo e ricavo di produzione del latte dell'azienda agricola. Nella **Tabella 9.6** sono evidenziati nei ricavi sia quelli che derivano dalla vendita del latte sia quelli che originano dalla vendita dell'energia elettrica prodotta dall'impianto a biogas. I costi totali sono calcolati sia in termini lordi sia netti detraendo in quest'ultimo caso, ai ricavi extra-vendita del latte, i costi totali.

Tabella 9.6. Costi e ricavi dell'azienda agricola produttrice di latte nei diversi scenari.

Voci di costo e ricavo	Unita di m.	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dati aziendali				
Vacche in lattazione	N.	850	850	850
Produzione per vacca	kg/anno	7,764	7,764	7,764
Produzione totale di latte	kg/anno	6,600,000	6,600,000	6,600,000
Ricavi				
Ricavi latte	€/yr	4,620,000	4,620,000	4,620,000
Ricavi vendita elettricità	€/yr		516,237	462,766
Contributi (^)	€/yr	207,240	207,240	207,240
Altri ricavi (vendita mais da granella)	€/yr	56,880	56,880	56,880
Totale Ricavi	€/yr	4,884,120	5,400,357	5,346,886
Costi				
Mangimi acquistati (Nucleo)(^)	€/yr	3,573	3,573	3,573
Foraggi acquistati	€/yr	85,000	85,000	85,000
Veterinario, genetica	€/yr	10,000	10,000	10,000
Carburanti	€/yr	169,200	169,200	169,200
Elettricità	€/yr	78,129	38,194	-
Acqua	€/yr	4,800	4,800	4,800
Manutenzione fabbricati (^)	€/yr	14,520	14,520	14,520
Manutenzione macchine (^)	€/yr	66,000	66,000	66,000
Manutenzione impianti biogas a fotovoltaico (+)	€/yr		50,390	50,390
Assicurazione impianti biogas e fotovoltaico (+)	€/yr		8,756	8,756
Totale costi diretti (esclusi salari)	€/yr	431,222	450,433	412,239
Ammortamento impianto solare PV e biogas (++)	€/yr		149,250	149,250
Affitto terreni	€/yr	40,600	40,600	40,600
Costo del lavoro familiare	€/yr	260,000	260,000	260,000
Costo del lavoro dipendente	€/yr	132,600	132,600	132,600
Totale costi dei fattori di produzione	€/yr	433,200	582,450	582,450
Costo totale lordo	€/yr	864,422	1,032,883	994,689
Costo netto (Costo totale - ricavi extra latte)	€/yr	600,302	252,526	267,803
Profitto (ricavi totali - costi totali)	€/yr	4,019,698	4,367,474	4,352,197
Reddito familiare (*)	€/yr	4,452,898	4,949,924	4,934,647
Reddito familiare aziendale (**)	€/yr	4279698	4776724	4761447

(^) Nostre stime di costo sul prezzo unitario di CRPA, Novembre 2010. (+) Nostre stime su dati Politecnico di Milano e AEEG, Dicembre 2010. (++) Nostre stime su dati Rossi, 2011.

In base ai dati raccolti il costo lordo di produzione del latte è risultato compreso tra 0.13 €/kg (scenario 1) e 0,16 €/kg (Scenario 2). La letteratura esistente riporta costi di produzione unitari del latte, destinato alla produzione del Parmigiano reggiano, superiori a quelli calcolati in questo studio. Ad es. la CRPA (2010) indica costi di produzione unitari pari a 0.53 €/kg di latte mentre Salghetti *et al.*, (2008) indicavano per un caso studio riferito al 2007 costi di produzione unitari pari a 50.16 €/kg di latte e infine Menghi e De Roest (2006) per un caso studio del 2005 costi unitari pari a 0.48€/kg.

Nella **Tabella 9.6**, nello scenario 2, nel quale l'azienda soddisfa parte del proprio fabbisogno di energia elettrica autoproducendo l'energia elettrica dal proprio impianto fotovoltaico, il profitto dell'azienda migliora del 13% rispetto allo scenario 1 mentre nello scenario 3 si ha una piccola diminuzione rispetto allo scenario 2 che tuttavia è compensata dalla possibilità di poter consumare parte dell'energia elettrica prodotta dall'impianto di biogas aziendale. All'interno dei costi diretti si nota dalla **Figura 9.8** (scenario 1) che i costi energetici (carburanti ed elettricità) detengono una quota relativa rilevante (57%) rispetto alle altri voci di costo. La quota relativa nei costi diretti totali dell'elettricità diminuisce dal 18% all'8% nel passaggio dallo scenario 1 (**Figura 9.8**) allo scenario 2 (**Figura 9.8**) mentre si azzerava completamente nello scenario 3 (**Figura 9.10**) nel momento in cui l'azienda acquista l'autosufficienza elettrica.

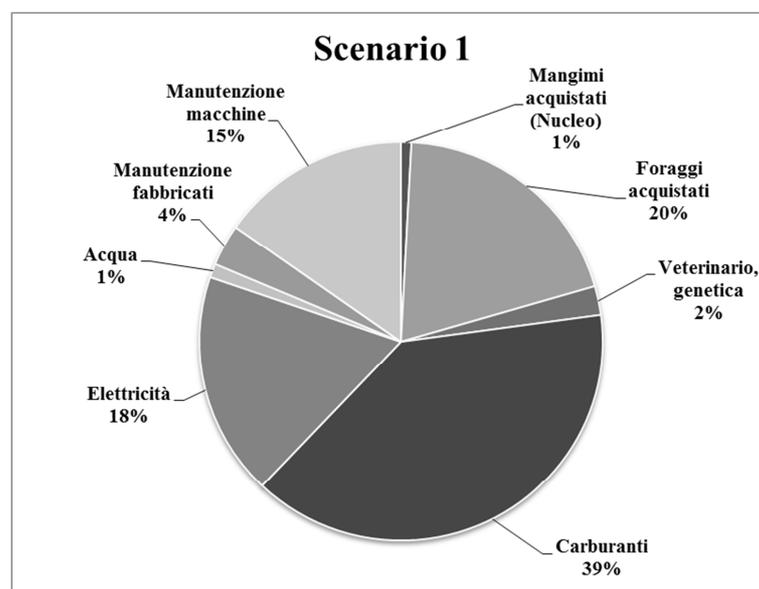


Figura 9.7. Ripartizione dei costi diretti totali nelle diverse tipologie di costi.

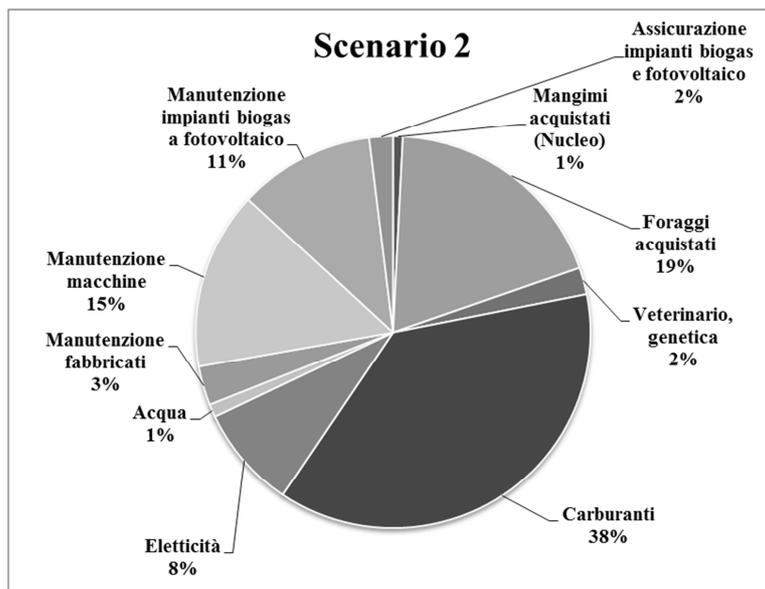


Figura 9.8. Ripartizione dei costi diretti totali nelle diverse tipologie di costi.

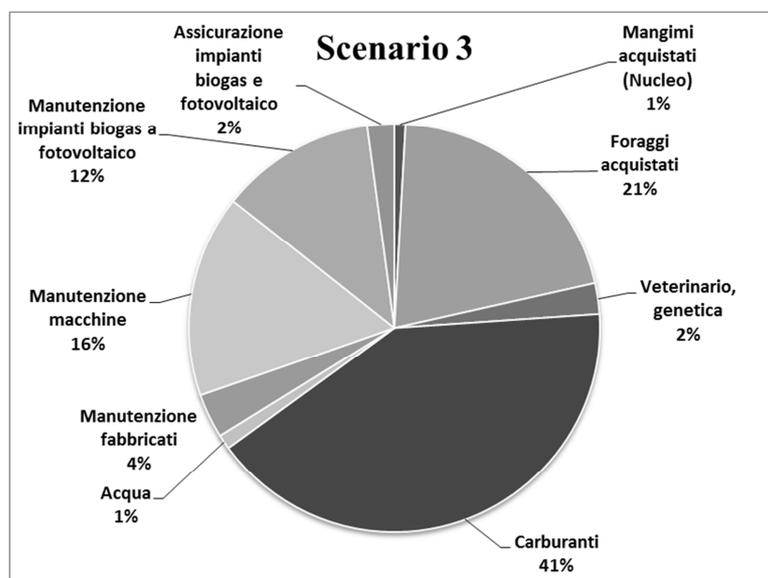


Figura 9.9. Ripartizione dei costi diretti totali nelle diverse tipologie di costi.

Capitolo 10. Caso di studio: valutazione contingente del danno ambientale di un impianto di biogas

10.1 La valutazione contingente

Secondo l'attuale teoria economica dominante il valore di un bene dipende dalla soddisfazione che un individuo può ricavare dal consumo di un bene (Nutti, 2010). Il valore di un bene secondo Menger (1871) “non è una cosa misteriosa o inspiegabile bensì un rapporto pratico ed esattamente definibile tra i beni economici e la soddisfazione dei nostri bisogni, cioè tra i beni e il nostro benessere”. I beni sono qualcosa di oggettivo mentre il valore è essenzialmente diverso, è soggettivo, in quanto “giudizio degli uomini intorno all'importanza che la disponibilità di certi beni ha per la conservazione della loro vita”(Menger,1871).

Sul mercato i beni sono scambiati non in base al loro valore ma in base ai loro prezzi, che “sono facilmente visibili e rappresentano grandezze oggettive” (Nutti, 2010). Non tutti i beni pur avendo un valore, hanno tuttavia, un prezzo, alcuni ad es. a causa della mancanza di diritti di proprietà, ne sono sprovvisti. E' il caso ad es. delle cosiddette esternalità negative o positive che rappresentano costi o benefici non compensati monetariamente che gravano o avvantaggiano soggetti non coinvolti direttamente nella transazione.¹⁴⁰ Altre tipologie di beni come quelli comuni o i beni pubblici sono anch'essi privi di prezzo pur essendo possibile attribuirvelo.

La determinazione di un valore economico ai cosiddetti beni senza mercato (esternalità, beni pubblici, beni comuni, ecc.) quali ad es. le risorse naturali (atmosfera, bacini idrici, boschi e foreste, specie animali e vegetali, etc) e ambientali (qualità dell'aria o dell'acqua di una certa area, regione o a livello mondiale) può avvenire attraverso due grandi classi di metodi di valutazione monetaria: esistono gli approcci che utilizzano curve di domanda e approcci che non prevedono la costruzione di curve di domanda.

Nell'ambito in particolare della prima classe troviamo i metodi di valutazione dei beni: diretti (analisi delle preferenze rilevate) ed indiretti (analisi delle preferenze espresse). Un modo per misurare le preferenze individuali e quindi il valore economico di un bene è di ricorrere alla rilevazione delle cosiddette disponibilità a pagare (DAP) o disponibilità ad accettare (DAA). A differenza dei metodi indiretti con i primi è possibile stimare sia i valori d'uso¹⁴¹ e di non uso¹⁴², che sommati danno origine al valore economico totale (Nutti, 2010), con i secondi è possibile valutare soltanto il valore d'uso. Nel caso dei metodi indiretti è necessaria infatti “una relazione di complementarità fra il bene ambientale e qualche bene di mercato, nei

¹⁴⁰ dse.ec.unipi.it/~giocoli/...file/EP.../Lezione%209-10-11.ppt

¹⁴¹ Il valore d'uso include: il valore diretto, il valore indiretto o secondario, il valore di opzione, il valore di quasi-opzione (Nutti, 2010)

¹⁴² Il valore di non-uso comprende: il valore di esistenza e il valore di lascito (Nutti, 2010).

confronti del quale gli individui esprimono comportamenti di tipo tradizionale, come appunto viaggiare per visitare un sito, o acquistare beni che comportano il godimento dei valori. Applicando questi metodi, tuttavia, è praticamente impossibile cogliere il valore delle componenti non collegabili ad un uso osservabile di un dato bene. (Per di più, la stessa quantificazione dei benefici derivanti dal valore di mercato del bene può risultare falsata dal fatto che le preferenze degli individui per il bene talora risentano anche della presenza di valori di non uso non separabili)” (Nutti, 2012).

La valutazione contingente, che applicheremo nella Tesi, fa parte dei metodi di valutazione economica diretta (**Figura 10.1**) delle preferenze espresse dal consumatore e che sono misurate negli indicatori della Disponibilità a pagare (DAP) o della Disponibilità ad accettare (DAA). Oggi è uno dei metodi maggiormente diffusi per la determinazione del valore dei beni senza mercato ed ha conseguito ampia popolarità in seguito al suo utilizzo nel processo ai danni provocati dall'incidente della petroliera Exxon Valdez sulle coste dell'Alaska nel 1989 (Arrow *et al.*, 2001; Carson *et al.*, 2003; Nutti, 2010). A livello teorico la metodologia è stata originariamente presentata da Ciriacy e Wantrup (1947) per stimare i benefici economici di un progetto diretto alla prevenzione dell'erosione del suolo. Secondo i due autori il progetto era in grado di generare benefici "extra" mercato di tipo ambientale, che non erano tuttavia valutabili attraverso i tradizionali metodi di analisi. L'unico modo per stimarli quindi era di ricorrere ad una "indagine diretta" che potesse rilevare la disponibilità a pagare della collettività o gruppo sociale interessata. Secondo gli autori, infatti, se ogni individuo del gruppo sociale è intervistato, tutti i valori (e non le quantità) saranno aggregati e i risultati porteranno alla costruzione della domanda di mercato per il bene. Il metodo è stato in pratica applicato in seguito da Davis, nel 1963.¹⁴³

L'applicazione della valutazione contingente si basa sulla creazione di un mercato ipotetico, poiché come abbiamo ricordato in precedenza, il mercato è inesistente per certi beni quali ad es. quelli ambientali.¹⁴⁴ Si cerca quindi di ricollegare il bene in questione, ad un mercato in modo da determinare il suo livello di domanda e quindi il suo valore economico.

La stima di quest'ultimo avviene attraverso interviste (dirette o indirette) o indagini campionarie con somministrazione di questionari finalizzati a rilevare opinioni, giudizi e

¹⁴³ <http://www.bankpedia.org/index.php/it/115-italian/m/21097-metodo-della-valutazione-contingente-enciclopedia>

¹⁴⁴ Dal punto di vista della teoria economica dell'ambiente (di derivazione della teoria economica neoclassica) il mercato è infatti lo strumento ottimale per l'allocazione delle risorse (Bresso, 1992).

valutazioni espresse direttamente dagli intervistati sui beni oggetto di analisi (Bernardini e Piazza, 2006).

Nel mercato ipotetico, gli intervistati (consumatori o cittadini), dovranno valutare le modifiche delle condizioni attuali (status quo) dei beni per i quali è stato simulato il mercato. Le modifiche possono generare effetti positivi o negativi ai beni e gli intervistati devono manifestare la propria disponibilità a pagare per il miglioramento della qualità o conservazione del bene oppure esprimere quanto sono disposti ad accettare per un peggioramento della qualità o mancata fruizione del bene (Nutti, 2010). All'intervistato è offerta quindi una situazione ipotetica nella quale egli per poter disporre di un certo bene o risorsa ambientale deve pagare una certa somma oppure la deve accettare nel caso debba sopportare il danno che deriva dal peggioramento o mancato utilizzo.

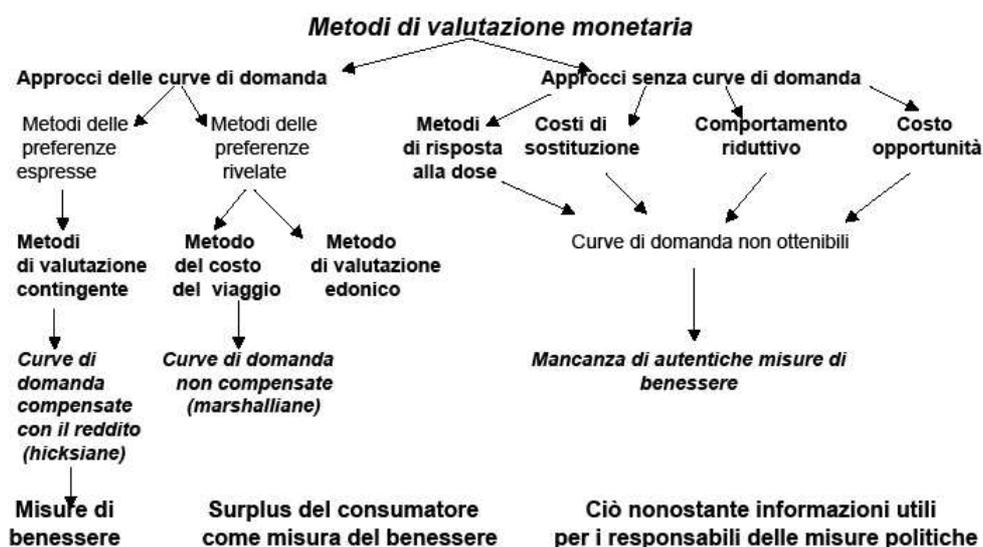


Figura 10.1. I Metodi per la valutazione monetaria dei beni ambientali e servizi ambientali.

10.2 Fasi della valutazione contingente

La metodologia si applica in diverse fasi che prevedono:

- l'identificazione del bene oggetto di valutazione;
- la definizione della popolazione dalla quale estrarre il campione di individui da intervistare;
- la scelta della modalità di attuazione dell'indagine (posta elettronica, telefono, interviste dirette sul campo, etc.) sul campione individuato;
- la descrizione del mercato ipotetico;

- definizione del metodo di pagamento ovvero della rilevazione della DAP e DAA. Tra questi ricordiamo:
 - il metodo open-ended: domanda diretta;
 - carte di pagamento: scelta tra valori alternativi,
 - gare d'offerta: individuazione tramite il meccanismo al rialzo o ribasso della massima disponibilità ad accettare o minima disponibilità ad accettare, etc.);
- stesura del questionario che dovrà comprendere sia domande riguardanti l'intervistato e il bene oggetto di analisi;
- definizione del piano di campionamento (ad es. campionamento casuale o non casuale, semplice o stratificato, etc.) e della numerosità campionaria ottimale (INEA, 2003);
- "pretesting (indagine pilota)" ed eventuale/successiva revisione del questionario;
- rilevazione ed elaborazione dei dati rilevati;
- specificazione del modello statistico mediante il quale stimare i parametri necessari alla successiva stima della disponibilità a pagare (WTP) media e mediana (Nutti, 2001; Cazzola).

10.3 Caratteristiche del progetto del caso di studio

Il progetto al quale è stato applicato la metodologia della valutazione contingente prevede la costruzione di un impianto di produzione dell'energia elettrica da biogas ottenuto dalla fermentazione anaerobica di colture agricole dedicate e di sottoprodotti agro-industriali della potenza di 2 MW. Attualmente il progetto è ancora nella fase di pianificazione.

L'area sulla quale dovrebbe sorgere l'impianto, estesa per circa 40.000 metri quadrati, si trova nell'area dell'ex zuccherificio dell'Eridania a Massa Finalese (dove si trovavano alcune delle vasche di raccolta e di riciclo dell'acqua usata nelle lavorazioni della barbabietola). L'ex zuccherificio ha cessato la sua attività produttiva nel novembre 2005 ed è stato completamente raso al suolo due anni fa.

Le ditte impegnate nella realizzazione dei diversi elementi dell'impianto sono diverse, tra queste ci sono: la ditta S.G.M geologia & ambiente srl di Ferrara che ha vinto l'appalto per le opere di urbanizzazione e del movimento terra (a sua volta è stato ceduto in subappalto all'impresa trevigiana Bortolato srl di Mogliano Veneto), la ditta CEMIR snc di Reggio Emilia (Reggio Emilia) si occuperà della costruzione delle cabine di trasformazione e gli elettrodotti, la ditta TEA Electric snc di Ferrara svolgerà l'installazione degli impianti elettrici, la ditta bolognese C.E.S.I. di Imola eseguirà le opere in calcestruzzo. Infine la ditta tedesca

Eisenmann di Boblingen costruirà il sistema integrato delle opere impiantistiche che rappresenta il vero e proprio cuore pulsante della centrale. La fine dei lavori era stata prevista per il mese di dicembre 2012 mentre la successiva entrata in funzione del complesso doveva avvenire nei primi mesi del 2013. Il costo totale dell'opera è di 5 milioni di euro, comprensivo dei 92.000 euro che servono per l'adempimento alle normative sulla sicurezza. Le materie prime dedicate che dovrebbero alimentare l'impianto a biogas sono il mais, il sorgo, la soia.¹⁴⁵

10.4 Caratteristiche del campione

Il campione di riferimento per la valutazione dei danni ambientali e socioeconomici derivanti dal progetto di costruzione dell'impianto di biogas nell'area dell'ex zuccherificio dell'Eridanea a Massa Finalese è costituito da 29 intervistati, tutti residenti nelle vicinanze dell'area del progetto.

Considerando i dati riguardanti le caratteristiche anagrafiche, professionali e di studio degli intervistati, le caratteristiche principali del campione che emergono evidenziano (**Figura 10.2**) che la percentuale più alta di intervistati (34% del campione) si colloca nella fascia di età tra i 30-39 anni. Seguono con le stesse percentuali (17% del campione) le quote d'intervistati nelle fasce di età tra i 40-49 anni e 60-69 anni. L'età media del campione è di 44.67 anni.

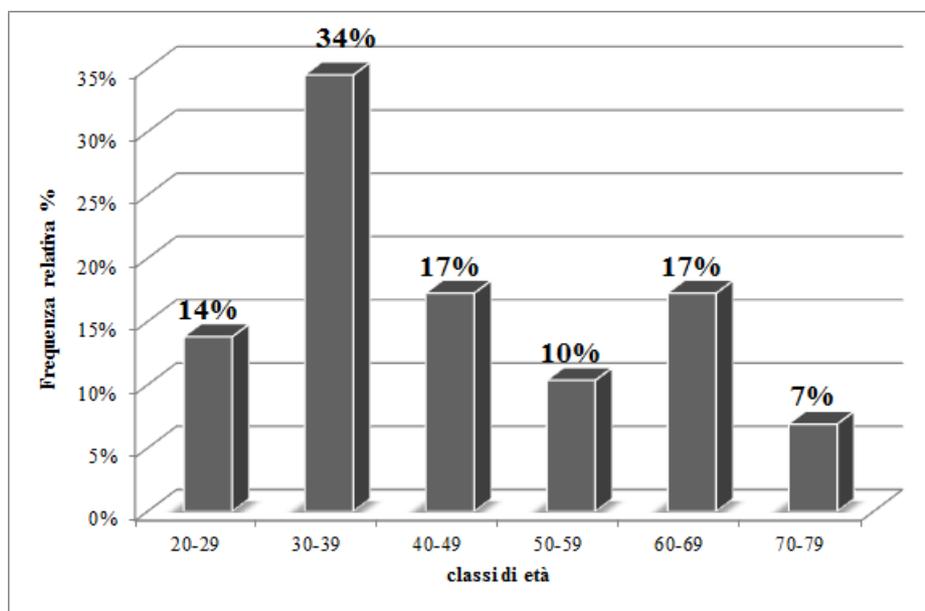


Figura 10.2: Ripartizione percentuale per età del campione

Gli intervistati maschi nel campione prevalgono rispetto alle femmine (**Figura 10.3 a, b**) mentre il titolo studio principalmente posseduto è il diploma di scuola secondaria superiore

¹⁴⁵ <http://www.sermidiana.com/tutte-le-notizie/16-notizie-locali/3489-massa-finalese-una-nuova-energia.html>

(41% degli intervistati), seguito dalla licenza media (31% degli intervistati) e dalla laurea (14% degli intervistati).

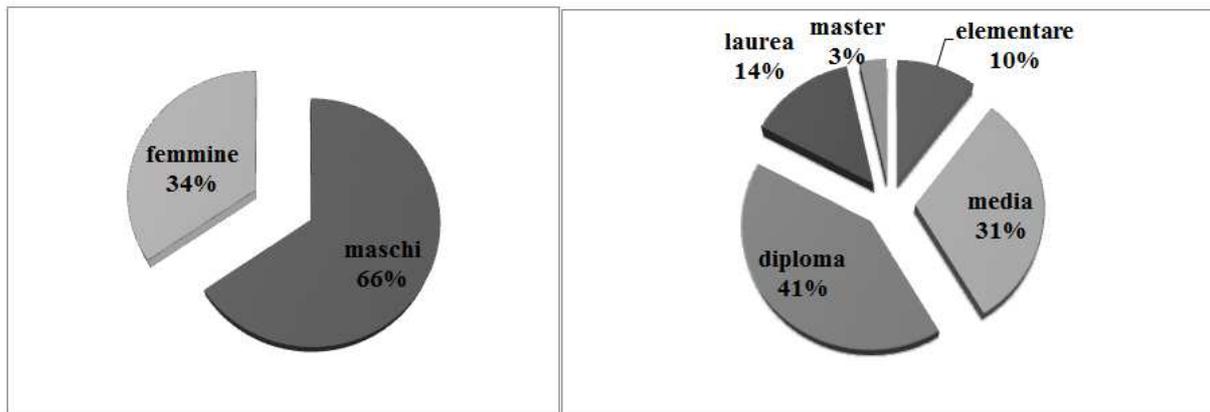


Figura 10.3 a, b: Ripartizione percentuale per sesso e titolo di studio del campione.

Vi è una preponderanza d'intervistati proprietari delle abitazioni (69% rispetto al totale) rispetto ai non proprietari (31% rispetto al totale) (**Figura 10.4**). Infine oltre la metà degli intervistati (56%) risiede ad una distanza compresa fino a 2000 metri dall'area del progetto (**Figura 10.5**).

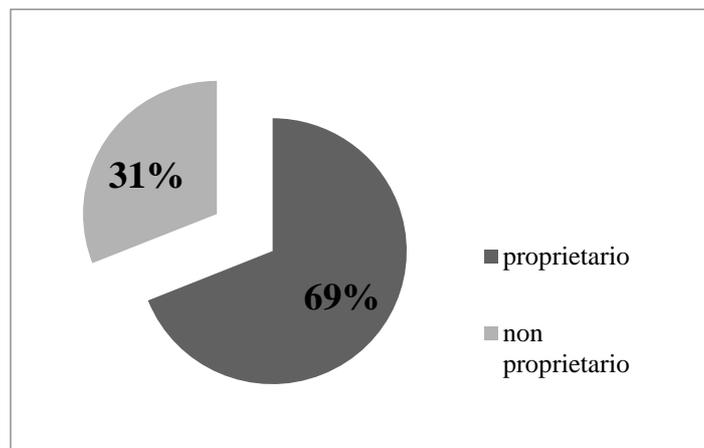


Figura 10.4. Ripartizione percentuale per titolo di possesso dell'abitazione

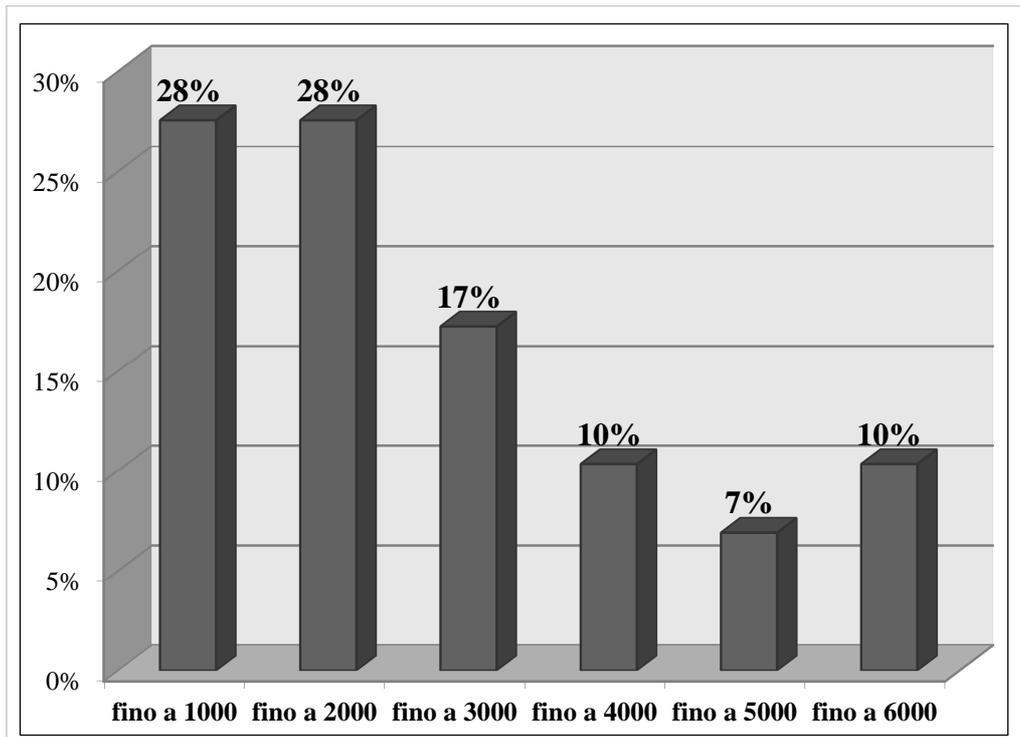


Figura 10.5. Ripartizione percentuale del campione rispetto alla distanza dell'abitazione dall'area del progetto.

10.5 Analisi dei risultati più significativi

Nel questionario sono state incluse due domande dirette a valutare da un lato il livello di conoscenza riguardante il progetto e dall'altro l'opinione degli intervistati in merito al progetto. Com'è possibile notare dalla **Figura 10.6** oltre la metà del campione (58% degli intervistati) ha dichiarato di avere una buona (48%) ed elevata (10%) conoscenza rispetto al progetto. Quest'aspetto è importante ai fini della validità della domanda successiva poiché indica che l'opinione si è espressa su una conoscenza adeguata in merito a quelli che sono i principali elementi caratterizzanti il progetto.

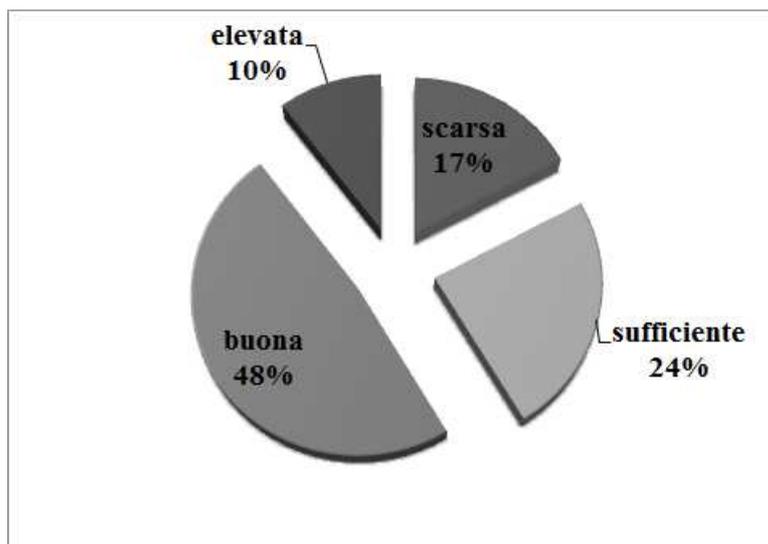


Figura 10.6. Ripartizione percentuale del campione per livello di conoscenza sul progetto.

Tenendo presente i risultati sul livello di conoscenza, alla domanda successiva oltre la maggioranza degli intervistati si dichiara sfavorevole (59%) e abbastanza sfavorevole (17%) al progetto mentre il 24% si dichiara invece favorevole (**Figura 10.7**).

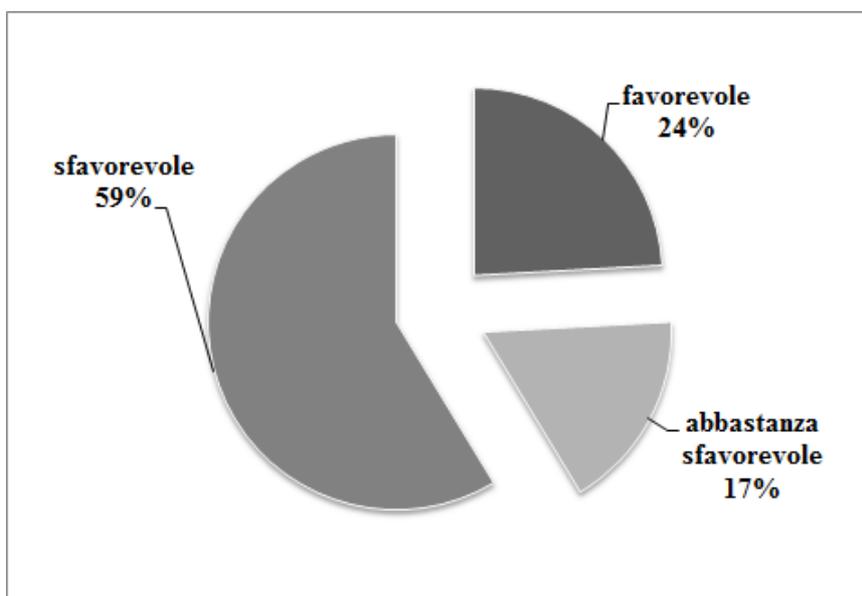


Figura 10.7. Ripartizione percentuale del campione in funzione del parere sul progetto

Dall'analisi delle risposte sembra emergere che il parere di coloro che si sono dichiarati favorevoli al progetto non sembra essere influenzato dalla distanza dell'abitazione rispetto all'area del progetto ma più dai benefici che esso potrebbe generare. La distanza potrebbe, infatti, influenzare l'opinione degli intervistati. Invece anche residenti la cui abitazione si colloca entro i 1000 e fino a 2000-3000 metri si sono dichiarati favorevoli al progetto.

10.5.1 Analisi della disponibilità ad accettare

Com'è possibile vedere anche dalla **Figura 10.8**, l'analisi della disponibilità ad accettare per sopportare un danno potenziale è stata compiuta prevedendo diverse forme di compensazione o meno. Le risposte, di tipo chiuso, variano nel questionario da quella che prevede: "Nessuna riduzione del prezzo della bolletta" ad es. di quella dell'energia elettrica o altre riduzioni come ad es. della tariffa sui rifiuti, alle successive che prevedono invece offerte differenti in funzione della distanza dall'abitazione rispetto all'area del progetto. La maggior parte degli intervistati (41% rispetto al totale) ha dichiarato di non voler accettare nessuna riduzione del prezzo della bolletta per un ipotetico danno ambientale causato dalla costruzione e attivazione dell'impianto a biogas. Il danno ambientale è considerato da alcuni intervistati un elemento non commerciabile al pari un qualsiasi altro bene. Una parte del campione (17%) ha dichiarato invece di non voler accettare nessuna forma di compensazione perché si ritiene che il progetto sia fonte di costi per la società mentre un'ulteriore 17% degli intervistati è disposta ad accettare una riduzione del 25% della bolletta dell'energia elettrica e il 14% di essi ha dichiarato che non è necessaria nessuna riduzione della bolletta perché il progetto è percepito come vantaggioso per la società. Percentuali minori degli intervistati sono disponibili ad accettare le altre tipologie di compensazione.

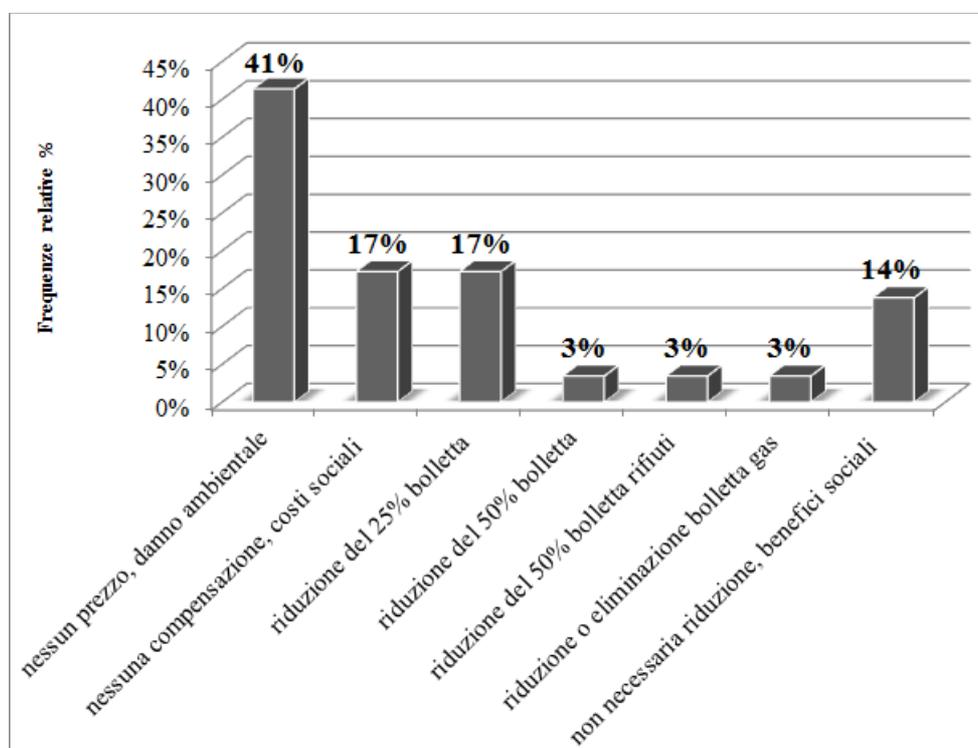


Figura 10.8. Ripartizione percentuale del campione in base alle diverse forme di compensazione o di non compensazione.

10.5.2 Percezione del progetto

Il questionario termina chiedendo nell'ultima domanda quali sono gli aspetti del progetto che potrebbero essere più negativi e quindi influenzare negativamente la qualità della vita degli intervistati. Dalla **Figura 10.9** si nota che gli aspetti ritenuti più negativi dagli intervistati sono: i cattivi odori (52% del campione), l'inquinamento (45% del campione) e il traffico (34%). Seguono con percentuali minori (ma rilevanti ugualmente), lo spreco dei fondi pubblici destinati al progetto (10% del campione), mancanza di attenzione all'interesse dei cittadini nelle scelte che li riguardano (3%), possibili esplosioni (3%), sottrazione di terre all'agricoltura (3%), rumore (3%). Una parte del campione (3%) ritiene che il progetto possa invece determinare effetti positivi come ad es. la produzione di energia pulita (3%).

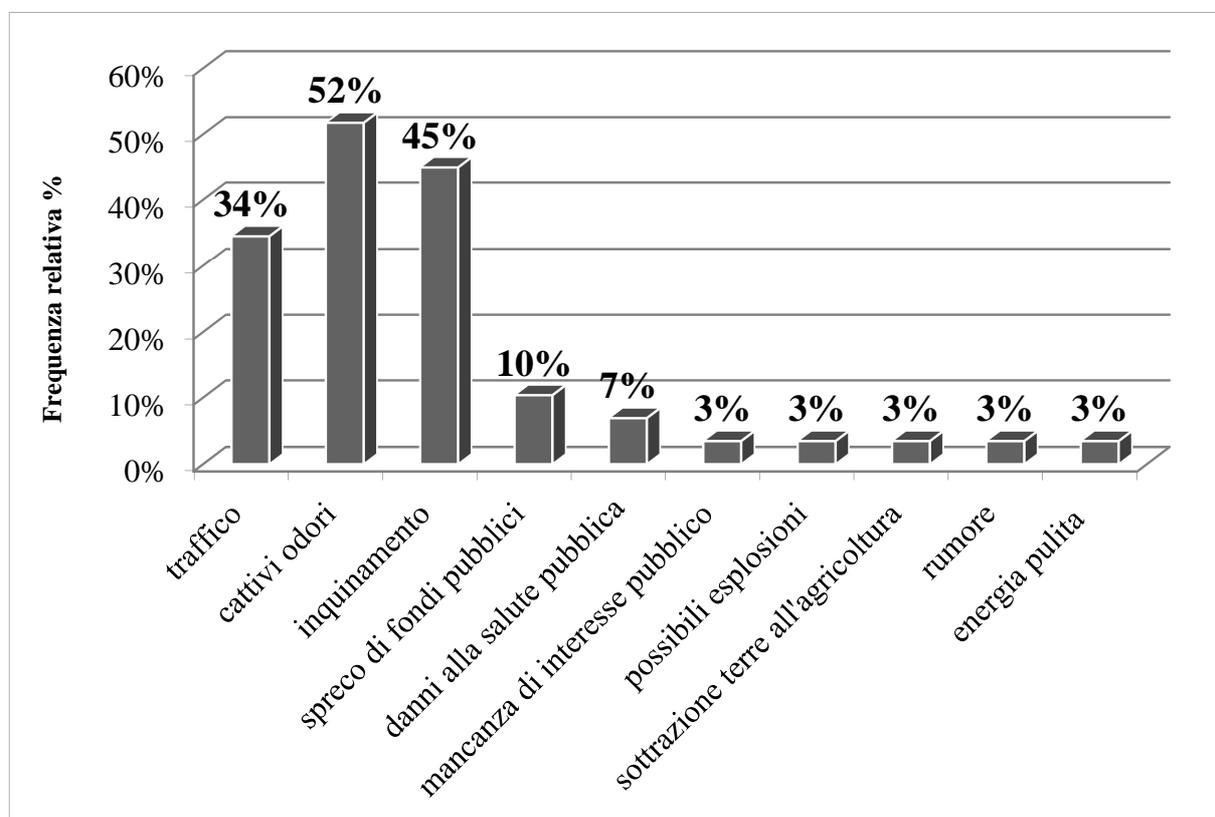


Figura 10.9 Ripartizione percentuale del campione in relazione agli aspetti negativi e positivi del progetto.

Appendice capitolo 10

Questionario per la Valutazione Contingente

Dati sull'intervistato

Anni:

Genere (Maschile o Femminile):

Professione:

Luogo di residenza:

Località di lavoro/studio:

Titolo di studio:

Dati sul territorio e il progetto

Domanda 1: E' proprietario del terreno o dell'abitazione in cui risiede?

Domanda 2: In riferimento all'abitazione, da quanti anni è proprietario?

Domanda 3: Quali sono le motivazioni che l'hanno portata ad acquistare l'abitazione nella zona in cui dovrebbe essere costruito l'impianto di biogas?

Ad es. vicinanza al luogo di lavoro, servizi comunali adeguati per le famiglie, buona qualità dell'aria, elevata qualità del paesaggio, etc.

Domanda 4: Qual è il suo grado di conoscenza del progetto dell'impianto di biogas che dovrebbe essere costruito vicino all'area occupata dalla sua abitazione?

Indicare una delle seguenti opzioni: scarso, sufficiente, buono, elevato.

Domanda 5: Quanti metri di distanza separano la sua abitazione dall'area in cui dovrebbe essere costruito l'impianto di biogas?

Domanda 6: Qual è il suo parere sul progetto della centrale di biogas?

Indicare se siete favorevoli o non favorevoli spiegando le motivazioni della vostra risposta.

Domanda 7: Quanto sareste disposti ad accettare in termini di riduzione della bolletta dell'energia elettrica o altre forme di compensazione (come ad es. riduzione della tassa sui rifiuti) per sopportare la presenza dell'impianto di biogas nella vostra zona di residenza?

Indicare una delle seguenti opzioni:

Nessuna riduzione della bolletta;

Riduzione del 50% della bolletta se risiedete a una distanza minore di 300 metri dall'area dell'impianto di biogas;

Riduzione del 40% della bolletta se risiedete a una distanza compresa tra 300 e 500 metri dall'area dell'impianto di biogas;

Riduzione del 25% della bolletta se risiedete a una distanza compresa tra 500 e 1000 metri dall'area dell'impianto di biogas.

(le distanze sono indicative, se risiedete ad una distanza maggiore indicare la distanza e quanto sareste disposti ad accettare in termini di riduzione della bolletta o altre forme di compensazione come ad es. riduzione della tassa sui rifiuti, etc)

Domanda 8: Quali sono gli aspetti dell'impianto che ritenete potrebbero risultare più sgradevoli da sopportare? (ad es. cattivi odori, rumore, traffico, etc.).

Capitolo 11. Conclusioni

11.1 Discussione dei principali risultati raggiunti

Nell'Introduzione sono stati delineati alcuni importanti aspetti che questo lavoro di tesi si proponeva di chiarire e sono anche state poste alcune "Research Questions" cui tentare di fornire una seppur parziale risposta. E' infatti evidente che la messa a punto e applicazione di un approccio integrato di analisi a poco servirebbero se non consentissero di affrontare, approfondire, e comprendere la realtà esaminata così da fornire una base per ulteriori passi in avanti e un punto fermo per proposte di policy economica, ambientale e sociale.

Gioverà riprendere qui, per maggiore praticità, l'elenco delle Research Questions considerate.

1. *Come si sono evoluti i principali indicatori economici (PIL agricolo, PIL procapite, % della forza lavoro agricola, % del PIL agricolo sul PIL totale) e sociali (sicurezza alimentare) dei settori agricoli dei Paesi più protagonisti dell'agricoltura globale?*
2. *E' migliorata l'eco-efficienza del PIL agricolo nei paesi analizzati?*
3. *Ci sono segnali di miglioramento della sostenibilità ambientale ed energetica nei sistemi agricoli dei paesi europei e degli Stati Uniti, dove sono disponibili tecnologie e diverse politiche a favore di una migliore compatibilità ambientale dei processi economici di sviluppo agricolo sono state attuate?*
4. *Come si colloca riguardo alla sostenibilità e la dipendenza energetica l'agricoltura della Regione Emilia Romagna, una regione leader nel settore da oltre 150 anni, rispetto a quella italiana?*
5. *E' sostenibile per la società raggiungere un'agricoltura meno dipendente dalle fonti fossili ed energeticamente autosufficiente attraverso l'adozione dei modelli agricoli alternativi a quelli intensivi?*

Il presente lavoro di tesi ha fornito un quadro di riferimento e una sufficiente quantità di dati e indicatori (a diverse scale spaziali e temporali), consentendo anche di acquisire informazioni circa il comportamento dei sistemi analizzati su intervalli temporali compresi tra i 20 e i 30 anni.

1. Evoluzione dei principali indicatori economici e sociali (sicurezza alimentare) dei settori agricoli dei Paesi più protagonisti dell'agricoltura globale

In tutti i Paesi selezionati e in particolare nei Paesi in via di sviluppo (Bangladesh, Brasile, India e Cina) il tasso di crescita del PIL procapite tra il 1990 e il 2010 raggiunge livelli molto elevati. I valori del reddito pro-capite annuo in India e in Bangladesh sono molto bassi rispetto ai Paesi sviluppati e rispettivamente pari a 675 \$ e 1375\$. In questi Paesi la popolazione cresce a ritmi sostenuti e un elevato numero di persone soffre di problemi di malnutrizione. In India il numero di persone malnutrite si è ridotto di solo il 10% dal 1990 mentre ad es. in Cina la riduzione è stata più consistente (-38%).

Nell'area europea il PIL procapite registra tassi di crescita elevati tra il 1990 e il 2010, in special modo in Albania e Polonia. L'Albania nel 2010 aveva un PIL procapite pari 3,701 \$ mentre la Polonia pari a 12,303 \$. Nonostante gli alti tassi di crescita, i valori del PIL procapite, nel 2010, rispetto agli altri Paesi, come l'Italia (33,787 \$), la Francia (39,170 \$) e la Spagna (29,956 \$) sono ancora molto bassi.

Tra il 1990 e il 2010 il settore agricolo riduce in modo rilevante, nei Paesi in via di sviluppo, il suo contributo relativo sia alla formazione del PIL totale sia in termini occupazionali, segno evidente di processi agricoli in rapida trasformazione. Negli altri Paesi, tranne i casi di Albania e Polonia, il contributo dell'agricoltura al PIL totale e all'occupazione totale è molto limitato e intorno ad alcuni punti percentuali in tutto il periodo.

Infine l'analisi dei dati riguardanti l'andamento dei flussi commerciali (valore delle importazioni ed esportazioni agricole) evidenzia un saldo negativo nell'intero periodo di studio per Albania, Bangladesh, Italia e Cina (dal 2002). L'Italia con Albania e Spagna evidenzia inoltre un'elevata dipendenza dall'estero per le importazioni di cereali (40%). La dipendenza dall'estero aumenta nel tempo per i paesi europei appena citati mentre per la Cina si riduce. Nei paesi europei: Albania, Polonia, Spagna, Italia e Francia, si evidenzia una riduzione nel periodo analizzato delle superfici coltivate (con processi di sostituzione tra terre dedicate all'alimentazione umana e animale) che espone ulteriormente questi paesi a rischi d'insicurezza nell'approvvigionamento alimentare e di maggiore dipendenza dall'estero.

2. Evoluzione dell'eco-efficienza del PIL agricolo nei paesi analizzati.

Tra il 1990 e il 2010 il valore lordo delle produzioni agricole vegetali e animali (GPV) a prezzi costanti (anno base 2004-2006) aumenta in tutti i Paesi tranne che in Francia e in Polonia. I tassi più elevati di crescita tra il 1990 e il 2010 si osservano in special modo per le produzioni animali rispetto a quelle vegetali e in particolare in Bangladesh, India, Cina e

Brasile. In questi Paesi inoltre le quantità prodotte in termini fisici, per le produzioni animali, registrano tassi di crescita compresi tra il 115% del Bangladesh e il 219% della Cina.

Nonostante i tassi di crescita più elevati, in termini assoluti i valori dei GPV delle coltivazioni vegetali sono più alti rispetto ai valori delle produzioni animali in quasi tutti i Paesi tranne che in Albania, Polonia e USA.

La valutazione dell'eco-efficienza dei processi di sviluppo agricolo, attraverso gli indicatori dell'intensità energetica del ciclo di vita per \$ di GPV (calcolati nel nostro studio), evidenzia che (per le produzioni vegetali e animali) le più elevate intensità energetiche per \$ di GPV si osservano, nel 2010, per la Polonia e l'India mentre quelle più basse per l'Albania, l'Italia e la Francia e la Spagna. Nei primi Paesi il trend è crescente mentre in questi ultimi Paesi e quelli con intensità energetica intermedia (Bangladesh, Argentina, Cina e USA) il trend è costante nel tempo.

La valutazione dell'eco-efficienza mediante gli indicatori d'intensità energetica per \$ di GPV attuata per alcuni Paesi (Bangladesh, Italia, USA) mostra alcune interessanti differenze. Il Bangladesh ha la più elevata intensità energetica (sia con e senza il lavoro e i servizi) per la produzione di un dollaro di GPV vegetale mentre gli USA la più elevata intensità energetica per dollaro di GPV di produzioni animali. Le differenze coi risultati dell'analisi energetica sono chiare e ciò non dipende solo dal GPV (altrimenti si avrebbe la stessa "graduatoria"). In realtà entra in gioco il fatto che l'emergia non è la stessa cosa dell'energia. Quest'ultima fa riferimento alle sole risorse fossili trasformabili in calore, mentre l'emergia introduce nell'analisi l'uso di risorse di altro tipo (rinnovabili, minerali, lavoro e servizi, tempo di generazione) e ovviamente considera alcuni input che l'analisi energetica non include. Tali input (pioggia, acqua di irrigazione, ore di lavoro diretto e indiretto, acciaio dei macchinari, fertilizzanti) possono anche avere un valore energetico, ma sono portatori di un "lavoro ambientale incorporato" fornito dalle grandi forze motrici della biosfera (sole, calore geotermico e potenziale gravitazionale). Ovviamente la presenza di questi input non-energetici è differente nei tre sistemi ed è tale da modificare l'ordine delle intensità calcolate secondo le due metodiche. Il valore aggiunto è che, oltre a sapere quanta energia fossile si consuma per unità di valore economico generato, si riesce a valutare anche quanto supporto ambientale i processi considerati hanno ricevuto sotto forma di altre tipologie di input (oltre che sotto forma di energia). Il fattore "tempo di generazione delle risorse" costituisce un valore aggiunto anche rispetto ai risultati della LCA. Infatti, mentre la LCA chiarisce le conseguenze ambientali dirette del processo di generazione del valore economico, l'emergia

indica da dove provengono le risorse e fornisce una misura di sostenibilità del processo economico considerato nel suo insieme.

3. Evoluzione della sostenibilità ambientale ed energetica nei sistemi agricoli “maturi” dei paesi europei e degli Stati Uniti a confronto con i paesi in via di sviluppo

Nei paesi in via di sviluppo, tra il 1990 e il 2010, le produzioni agricole vegetali e animali sono state ottenute attraverso l'aumento delle superfici coltivate e degli input di origine chimica (fertilizzanti e pesticidi). A questi aumenti, sono associati un incremento degli impatti sul consumo di risorse energetiche complessive misurato dagli indicatori energetici globali (*cumulative energy*), calcolati nel nostro studio. Nei paesi sviluppati, invece, a fronte di crescite delle produzioni vegetali e animali, in termini fisici, più modeste e in certi casi negative, le produzioni sono state ottenute attraverso la progressiva meccanizzazione dei processi agricoli e quindi il maggiore impiego d'input quali gasolio agricolo ed elettricità e la riduzione della superficie coltivate. Gli indicatori energetici globali si riducono in quasi tutti i Paesi europei influenzati dalla riduzione delle superfici coltivate. Casi a parte sono i sistemi agricoli di Spagna e Polonia che a fronte di riduzioni delle superfici aumentano i consumi di energia globali. Queste trasformazioni evidenziano un'intensificazione dei processi produttivi agricoli e portano a valori d'intensità energetica per ha e per g di sostanza secca, in particolare per le produzioni agricole vegetali, molto più alti nei Paesi sviluppati rispetto a quelli in via di sviluppo nonostante la presenza di tecnologie più evolute e più efficienti. Per le produzioni animali l'andamento è un po' differente. Le più elevate intensità per ha si riscontrano in Polonia, India, Bangladesh, Italia e Francia mentre per massa di prodotto (g di sostanza secca), Polonia, USA e Cina hanno le più elevate intensità. Le intensità per ha degli altri Paesi sono più o meno simili intorno ad un'intensità media pari a 30 kilojoule/g di sostanza secca.

4. Evoluzione della sostenibilità e la dipendenza energetica nell'agricoltura della Regione Emilia Romagna e dell'Italia

La valutazione della sostenibilità è stata attuata, rispetto al caso studio dei sistemi agricoli internazionali, oltre che con gli indicatori di sfruttamento delle risorse energetiche, anche con gli indicatori globali di consumo di risorse abiotiche, idriche, acidificazione, riscaldamento climatico. La valutazione della sostenibilità dell'agricoltura nazionale, regionale e locale in

Italia è stata invece attuata utilizzando indicatori intensivi d'intensità energetica, emergetica e carbon footprint.

In Emilia Romagna tra il 1980 e il 2010, si osservano trascurabili aumenti del GPV delle coltivazioni vegetali (+0.4%) e appena un po' più alti per l'Italia (+3.7%). In entrambi i sistemi agricoli sono considerevoli le riduzioni delle superfici coltivate e delle produzioni in termini di massa (in peso secco). A fronte di queste dinamiche, ed in particolare quelle relative alle superfici, in entrambi i sistemi agricoli, si riducono gli impatti globali per le produzioni vegetali nelle seguenti categorie: contributo allo sfruttamento globale di risorse abiotiche (-28.8% per E.R. e -26.2% per l'Italia), al riscaldamento climatico (+1.9% per l'E.R. e -10.1% dell'Italia), all'acidificazione potenziale (-2.4% per l'E.R. -11.7% per l'Italia), alla riduzione dell'emergia totale senza lavoro e servizi (-9.7% per l'E.R. e -18.1% per l'Italia) e al consumo di risorse rinnovabili (-21.1% per l'E.R. e -28.1% per l'Italia). Per le risorse idriche e le risorse energetiche, le riduzioni riguardano solo l'Italia e non l'Emilia Romagna.

Per le produzioni animali, il contributo a tutte le categorie d'impatto aumenta, nonostante le superfici dedicate all'alimentazione animale si riducano. Il valore economico cresce in special modo per i prodotti dell'avicoltura (+37% per l'Emilia Romagna e +30% per l'Italia).

Nel periodo 1980-2010, gli indicatori d'impatto energetico intensivi (che misurano l'eco-efficienza dei processi di produzione agricola riguardo ai prodotti finali ottenuti), evidenziano una riduzione dell'intensità energetica per € di valore economico delle produzioni vegetali e quindi un miglioramento dell'eco-efficienza solo per l'Italia (la diminuzione per l'E.R. è stata dello 0.4%, mentre per l'Italia del 14%). Le intensità energetiche, per valore economico delle produzioni animali, sono invece in aumento per entrambi i sistemi agricoli. Gli altri indicatori d'intensità energetica: per g di sostanza secca prodotta, per J di contenuto energetico e per ha di superficie coltivata sia per le produzioni vegetali e animali sono peggiorati nel periodo considerato. Lo stesso andamento si evidenzia per gli indicatori di carbon footprint e per gli indicatori emergetici (con e senza il lavoro e i servizi). Il rapporto d'impatto ambientale basato sull'emergia, Environmental Loading Ratio (ELR), aumenta sia per l'Emilia Romagna sia per l'Italia, per le coltivazioni vegetali e per le produzioni animali a causa dello sbilanciamento nel consumo delle diverse tipologie di risorse (le risorse non rinnovabili locali, N, e quelle acquistate all'esterno dei sistemi agricoli, F, crescono mentre quelle rinnovabili, R, diminuiscono rispetto al totale. Come conseguenza di questo peggioramento nella gestione ambientale, si evidenzia una riduzione dell'indice di sostenibilità emergetica (Energy Sustainability Index, ESI), segnalando un aumento della dipendenza dei sistemi agricoli da risorse non rinnovabili e acquistate all'esterno del sistema agricolo. Il Rapporto di

rendimento energetico (Emergy Yield Ratio, EYR) nel 2010, si attesta per le coltivazioni vegetali dell'Emilia Romagna e dell'Italia, intorno a valori molto bassi pari a 1.15 e 1.17 (con e senza lavoro e servizi) mentre per le produzioni animali si raggiungono valori ancora inferiori (1.10 e 1.11). Questi risultati denotano una scarsa capacità di sfruttare le risorse rinnovabili locali in modo efficace. Un miglioramento della sostenibilità ambientale (ma che poi si traduce anche in vantaggi economici e sociali) e di questi indici deve necessariamente essere ottenuto aumentando l'utilizzo di risorse rinnovabili locali e riducendo il peso percentuale delle altre. E' interessante notare come questi indicatori siano influenzati dal livello di benessere raggiunto nel sistema agricolo. Se confrontiamo questi valori con quelli del caso studio sui sistemi agricoli internazionali, vediamo che il sistema agricolo del Bangladesh ha un EYR pari a 1.36 e un ELR pari a 3.01. Inoltre, dall'analisi degli indicatori economici nel capitolo 7, l'Italia ha un PIL procapite che nel 2010 era pari a 33,787 \$ mentre il Bangladesh era pari a 675 \$. Queste forti diseguaglianze in termini economici si riflettono negli indicatori appena analizzati. Il tenore di vita di un agricoltore in Italia è molto maggiore e pertanto è richiesto un più elevato supporto ambientale e un maggiore costo ambientale per supportare l'input di L&S.

5. E' sostenibile per la società italiana raggiungere un'agricoltura meno dipendente dalle fonti fossili ed energeticamente autosufficiente attraverso l'adozione dei modelli agricoli alternativi a quelli intensivi?

Lo svolgimento del caso studio aziendale ha dimostrato la fattibilità tecnica ed economica del modello di azienda agricola orientato al raggiungimento graduale dell'autosufficienza energetica. L'autosufficienza nel 2011 per l'azienda agricola, riguardava sia l'elettricità sia gli elementi nutritivi di natura chimica (fertilizzanti). Dal punto di vista della sostenibilità si è dimostrato che riducendo l'uso delle risorse fossili, attraverso la sostituzione di elettricità prodotta dal mix elettrico italiano con l'elettricità prodotta dal mix aziendale (impianti fotovoltaici e impianto a biogas), l'azienda agricola ottiene benefici economici, in termini di redditi aggiuntivi a quello principale, proveniente dall'attività di produzione e vendita del latte destinato alla produzione del Parmigiano Reggiano. I cittadini locali (dell'azienda agricola) e globali (a livello mondiale) traggono benefici di natura ambientale, derivanti dalla riduzione di gas serra, emissioni di biossido di zolfo, minore sfruttamento delle risorse fossili e anche benefici socio-economici poiché si tratta di percorsi di sviluppo che hanno ricadute anche territoriali sia in termini occupazionali sia nei confronti delle attività industriali e di

servizi. Abbiamo visto come nella realizzazione degli impianti fotovoltaico e di biogas siano coinvolti studi di progettazione, d'installazione tecnica degli impianti (a livello provinciale e regionale) e aziende di produzione degli impianti (a livello nazionale ed in particolare estero). In particolare, in Emilia Romagna sarebbe ottimale per la competitività della Regione poter realizzare un'intera filiera di produzione degli impianti fotovoltaici data la presenza dell'Università di Bologna impegnata nell'ambito della ricerca delle celle fotovoltaiche.

Lo sviluppo delle fonti rinnovabili, come il biogas, nella realtà dell'azienda studiata, anche dal punto di vista impiantistico (impianti di dimensioni limitate e alimentati con gli effluenti zootecnici dell'azienda) diventa un fattore di attrazione e competitività per il territorio provinciale ma anche per la regione stessa poiché gli impianti nel comprensorio del Parmigiano Reggiano non devono essere dipendenti da matrici esterne per l'alimentazione dell'impianto ed inoltre non sottraggono superfici all'alimentazione umana a scopi energetici. Anche ai fini di esportare i risultati ottenuti alla scala aziendale a scale più ampie come quelle regionali, è più che mai importante valutare in modo ottimale sia la dimensione dell'impianto sia il tipo di alimentazione. Nel caso degli impianti a biogas, questi due aspetti, se non correttamente pianificati e gestiti possono generare problemi d'insostenibilità ambientale per le popolazioni (Biagi e Corvaglia, 2011)¹⁴⁶, è quindi cruciale, per assicurare lo sviluppo sostenibile nel territorio, che la decisione d'installazione di questi impianti sia ben pianificata ex ante e successivamente all'entrata in esercizio degli impianti, sia bene gestita e monitorata. In particolare, l'attività di pianificazione è importante che sia condotta adottando un approccio di tipo partecipativo nei confronti dei cittadini che devono sopportare il costo esterno dell'attività di produzione elettrica. La valutazione contingente, attuata in questo studio, svolta per la stima ex-ante del danno ambientale potenziale, del progetto dell'impianto a biogas di potenza pari a 2 Megawatt (che dovrebbe sorgere nell'area dell'ex zuccherificio Eridanea di Massa Finalese, Modena), ha dimostrato che il progetto nato da un percorso non partecipativo è percepito come dannoso per l'interesse pubblico dei cittadini per il territorio. Le decisioni possono, infatti, creare conflitti nei confronti di tutte le parti interessate dal progetto e quindi i normali strumenti decisionali che operano dall'alto verso il basso, falliscono e devono essere integrati con altri di tipo partecipativo, che includano il parere delle persone coinvolte dagli effetti di tali decisioni. Secondo Funtowicz and Ravetz, 1991, when "facts are uncertain, values in dispute, stakes high and decisions urgent", the concept itself of

146

http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2012_4/biagicorvaglia_es4_12.pdf

“feasibility” must be converted from “technical and economic feasibility” into a more complex framework that includes aspects of “post-normal” science, namely the shift from the expert community to an "extended peer community" consisting of all those affected by an impact who are ready to enter into dialogue on it. They bring in alternate points of view, that include local knowledge and expertise not generally accounted for in normal scientific reports. It is not, therefore, a “to-do” list that should emerge out of such studies, but instead a call for multi-criteria strategies and the awareness of the need for more complex evaluation tools and participatory planning. (Ghisellini *et al.*, 2011).

11.2 Conclusioni, soluzioni, riflessioni e proposte

Il caso studio ha dimostrato che ridurre la dipendenza dai combustibili fossili è possibile e sostenibile per l’azienda agricola dell’Emilia Romagna. I programmi di sviluppo rurale, nella programmazione 2007-2013, a livello regionale stanno promuovendo la diffusione d’impianti a fonti rinnovabili e anche forme di agricoltura a ridotto apporto di combustibili fossili come l’agricoltura biologica e quella integrata. I risultati in termini di miglioramento della sostenibilità ambientale ed energetica sono visibili indirettamente a livello regionale nel nostro studio poiché sono in atto processi di sostituzione tra i diversi input utilizzati che vanificano certi risultati (ad es. si nota una diminuzione nel tempo del consumo di fertilizzanti e pesticidi ma altri fattori come il gasolio agricolo ed elettricità aumentano le loro quote relative). Gli indicatori d’impatto globale a livello regionale si riducono in seguito alle riduzioni consistenti delle superfici agricole ma molti degli indicatori intensivi (ha, g dry matter e Joule di contenuto energetico) dimostrano trend in aumento nel periodo considerato. Tuttavia lievi miglioramenti di eco-efficienza nell’uso delle risorse energetiche fossili si riscontrano per le coltivazioni agricole vegetali in particolare per l’Italia. Nel periodo 1980-2010 l’intensità energetica per € di GPV regionale e nazionale si riduce rispettivamente dello 0.4% e del 14%.

La meccanizzazione continua dei processi di sviluppo agricolo (e quindi la sostituzione di lavoro umano con energia), comporta consumi crescenti di combustibili liquidi ed elettricità. Questo trend si riscontra sia a livello regionale, nazionale che internazionale nei paesi in via di sviluppo e sviluppati. Abbiamo visto, infatti, come in tutti i paesi, i combustibili liquidi e l’elettricità aumentino mantenendo elevato l’impatto ambientale del settore nel complesso. Nei paesi europei in particolare Italia, Spagna e Francia, le progressive riduzioni dell’uso di fertilizzanti e pesticidi sono state vanificate dall’aumento dei consumi di elettricità e

combustibili liquidi. Questo risultato si riscontra anche a livello regionale dove in seguito anche alla promozione dell'agricoltura biologica, integrata e misure agroambientali si sono ottenuti riduzioni dell'uso di fertilizzanti e pesticidi. A livello europeo per la Polonia invece si riscontra un aumento anche dei consumi di fertilizzanti in seguito all'intensificazione progressiva dell'agricoltura umana e la specializzazione dell'agricoltura verso l'alimentazione animale.

Se da un lato la sostituzione di elettricità fossile con quella rinnovabile, sembra consolidarsi negli ultimi anni, (anche in seguito agli incentivi e finanziamenti pubblici e per gli investimenti), dimostrando la fattibilità di soluzioni alternative alle fonti di energia fossile, resta ancora molto da percorrere nella strada verso l'autosufficienza energetica. Il problema di più difficile soluzione appare quello della sostituzione dei combustibili liquidi (gasolio agricolo) per il quale non esistono soluzioni attuali. La produzione dei biocombustibili comporta concorrenza delle superfici agricole dirette all'alimentazione umana e animale con le superfici per la produzione a fini energetici. La produzione di biocombustibili di prima generazione appare, dal nostro studio, difficilmente attuabile a livello europeo, nazionale e regionale, per non aggravare ulteriormente l'attuale continua riduzione delle superfici agricole dirette all'alimentazione umana e animale. L'Italia e altri paesi europei hanno una dipendenza dell'ordine del 40% per l'approvvigionamento di cereali (FAO, 2010). Anche nei paesi in via di sviluppo come ad es. Cina e India, la sottrazione di terre all'agricoltura umana e animale potrebbe portare ad aumentare ulteriormente l'impatto ambientale e la dipendenza energetica delle loro agricolture, dato il loro stadio di sviluppo agricolo ancora in una fase iniziale e con popolazioni molto elevate e con gravi problemi di malnutrizione.

11.3 Contributo del lavoro di ricerca

L'obiettivo principale del lavoro era di contribuire all'attività di valutazione della sostenibilità dei sistemi agricoli alle diverse scale: internazionale, nazionale, regionale e aziendale, mediante la messa a punto di un approccio valutativo multidimensionale e multiscala. Tale attività si considera cruciale, data la necessità attuale di ottimizzare i processi di sviluppo agricoli e ridurre la loro dipendenza dalle risorse fossili. Gli effetti negativi che derivano dal loro uso richiamano l'urgente bisogno di promuovere e valutare percorsi produttivi alternativi. L'attività di valutazione è stata attuata adottando una metodologia di analisi multi-metodo e multi-scala in chiave storica. Le diverse scale sono state analizzate utilizzando differenti categorie d'impatto, dove possibile, in modo da fornire una panoramica più ampia degli

impatti generati. Si è cercato in particolare di valutare la sostenibilità ambientale, economica ed energetica dei vari sistemi agricoli in relazione alle loro dinamiche produttive e di performance economica e sociale. E' essenziale poter creare questi collegamenti ma non è tuttavia facile quando si analizzano più sistemi agricoli. Il raggruppamento in cluster di sistemi agricoli, secondo criteri omogenei, può facilitare il lavoro ma comporta la perdita di informazioni sui sistemi analizzati.

Come appena accennato, è stata adottata inoltre una finestra d'indagine multi-scala combinando l'analisi di diversi sistemi agricoli: aziendali, regionali, nazionali e internazionali. Ciò ha inevitabilmente distolto l'attenzione dalla ricerca di un approfondimento migliore concentrando l'analisi solo a una scala ad es. quella aziendale. Tuttavia, l'analisi di un singolo caso, può nascondere la realtà ai livelli successivi e quindi l'utilizzo di più scale è una condizione necessaria per cercare di comprendere meglio, come i processi di sviluppo agricolo si stanno evolvendo anche in seguito alle politiche attuate. L'analisi della scala aziendale è utile per valutare come gestire meglio l'attività di una specifica azienda. Non è detto che quel modo di gestione possa essere esportato in seguito ad altre aziende, in altre aree geografiche, tale da pregiudicare il raggiungimento di obiettivi a livello nazionale.

Per quanto riguarda i prodotti finali, sono stati valutati gli impatti generati su intere produzioni agricole annuali sia vegetali sia animali e per diverse unità funzionali così da poter analizzare la sostenibilità in relazione ai prodotti finali misurati sia in termini fisici che economici. Spesso nella letteratura scientifica, l'analisi della sostenibilità riguarda solo alcune colture oppure è attuata analizzando solo gli aspetti ambientali senza tenere conto degli aspetti economici e sociali o ancora è attuata considerando solo un certo periodo, che in genere non va oltre un'annata agraria, è importante invece, poter contare su serie storiche delle prestazioni per riprogettare i processi agricoli in direzione di una loro migliore sostenibilità.

Per quanto concerne i metodi di analisi utilizzati, sono state incontrate difficoltà di armonizzazione tra le loro diverse scale di indagine e la loro diversa definizione concettuale. Tuttavia, tali difficoltà si sono dimostrate superabili, in particolare alla luce della possibile integrazione tra energia, emerggia ed LCA. Un inevitabile vantaggio dell'approccio multidimensionale biofisico adottato a complemento dell'approccio economico è nella possibilità di utilizzare lo stesso set di dati per ricavarne indicatori e punti di vista differenti e renderli integrabili e compatibili, con evidenti effetti sinergici nella comprensione dei processi, dei trend e delle ricadute delle soluzioni proposte.

Bibliografia

Bibliografia

Agostinho F., Ambrosio A. L., Ortega E., 2011. Assessment of Emergy Indices Dynamics on Agricultural Production of Mogi-Guaçu and Pardo Watershed, Brazil., Proceedings from the Sixth Biennial Emergy Conference, January 14 – 16, 2010, Gainesville, Florida.

Antoniou M., Robinson C., Fagan J., 2012. “GMO Myths and Trust: an evidence based examination of the claims made for the safety and efficacy of genetically modified crops”, Earth Open Source.

Aquastat, FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, disponibile a: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>

Arrow K., Solow R., Portney P. R., Leamer E. E., Radner R., Schuman H., Report on NOAA Panel on Contingent Evaluation, disponibile:
<http://www.cbe.csueastbay.edu/~alima/courses/4306/articles/NOAA%20on%20contingent%20valuati on%201993.pdf>

Agricoltura. 2002. Quarant'anni di cambiamenti per la nostra agricoltura, disponibile:
http://www.ermesagricoltura.it/var/portale_agricoltura/storage/file/quarantanni_1244543309.pdf

Baldassarre F., 2011. Prodotti agricoli di qualità fuori...mercato. Gazzetta dell'economia, disponibile a: <http://www.gazeco.it/component/content/article/77-personal-tech/827-prodotti-agricoli-di-qualita-fuori-mercato>

Balducci E., “Strategie di sviluppo sostenibile: applicazione della metodologia di analisi degli scenari in campo agroambientale”, Alma Mater Studiorum, University of Bologna, PhD Thesis, 2008.

Banca dati Unioncamere Emilia Romagna, statistiche per l'agricoltura, disponibili a: <http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt>

Bargigli, S., 2004b. Enhancing MFA And LCA Techniques by Means of Integrated Upstream and Downstream Flow Evaluation. The Case of Aluminum Production. In: Book of Proceedings of the International Conference "Integrative Approaches towards Sustainability in the Baltic Sea Region - Environmental Education, Communication and Sustainability. vol. 15, pp. 491-499. Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften – Frankfurt am Main. Walter Leal Filho/Arnold Ubelis (eds.).

Bargigli, S., Ulgiati, S., 2003. Emergy and Life-Cycle Assessment of Steel 781 Production in Europe. In: Brown, M.T., Odum, H.T., Tilley, D., Ulgiati, S. (Eds.), Emergy 782 Synthesis. 2. Theory and Applications of the Emergy Methodology. Proceedings 783 of the Second Biennial Emergy Conference. The Center for Environmental 784 Policy, University of Florida, Gainesville, FL USA, ISBN 0-9707325-1-1, pp. 785 141–156.

Barilla Centre for Food and Nutrition, 2011. Il costo del cibo e la volatilità dei mercati agricoli: le variabili coinvolte, disponibile: http://www.barillacfn.com/wp-content/uploads/2012/06/PP_PDF_IT_Costo_Cibo.pdf

Barker D., 2007. “The rise and predictable fall of globalized industrial agriculture”, The International forum on globalization.

Basile E., Cecchi C (2006). Il ruolo dell'agricoltura nella lotta contro la fame e la povertà rurale. In: Basile E., Cecchi C. (eds.) *Diritto all'alimentazione, agricoltura e sviluppo*. p. 25-76, Milano, Franco Angeli,

Basset-Mens, C., Ledgard, S., Boyes, M., 2009. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological Economics* 68: 1615-1625.

Beerman, M., 2007. Increasing sustainability in irrigated agriculture. *Emergy* 786 based decision support. In: Brown, M.T., Bardi, E., Campbell, D.E., Huang, S.L., Ortega, E., Rydberg, T., Tilley, D.R., Ulgiati, S. (Eds.), *Emergy Synthesis 4. Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Book of Proceedings of the Fourth International Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 19–21 January, 2006. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL, ISBN 0-9707325-3-8, pp. 10.1–10.12.

Belletti G., Marescotti A., 2012. Le produzioni di qualità e il Censimento. *Agriregionieuropa*, 31, disponibile a: http://agrireregionieuropa.univpm.it/riviste/agrireregionieuropa_n31.pdf

Bennet R., M., Phipps R., H., Strange A., M., 2006. “The use of life cycle assessment to compare the environmental impact of production and feeding of conventional and genetically modified maize for broiler production in Argentina” *Journal of animal and feed sciences*, 15: 71-72.

Bhardwaj A., 2010. From the green revolution to the gene revolution: Understanding the risks and benefits of genetically modified crops, *Research in Social Problems and Public Policy*, 18: 241-259.

Biagi G., Corvaglia A., 2012. Biogas, dal controllo a prescrizioni risolutive. *Ecoscienza*, 4, disponibile a: http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2012_4/biagicorvaglia_es4_12.pdf

Biondi P., Farina, G., Panaro, V., 1989. *Le Richieste di Energia del Sistema Agricolo* 796 Italiano.

CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto Finalizzato 797 Energetica, Sottoprogetto Biomasse ed Agricoltura, Report LB-20, Roma, 798 Italia.

Bonari E., Jodice R., Masini S., 2009. L’impresa agroenergetica: ruolo e prospettive nello scenario “2 volte 20 per il 2020”, Gruppo 2013 Quaderni, disponibile: <http://www.gruppo2013.it/working-paper/Documents/L'impresa%20agroenergetica.pdf>

Bressanini D., 2011. Gli effetti del cotone OGM sulla salute, *Il Fatto quotidiano*, disponibile a: <http://www.ilfattoquotidiano.it/2011/11/09/effetti-cotone-sulla-salute/166603/>

Brandt-Williams, S. and Lagerberg Folgerberg, C. 2002. Nested comparative emergy assessment using milk production as a case study. in: *Emergy Synthesis 3: Theory and Applications of the Emergy Methodology* .M T. Brown, ed. Proceedings from the Third Biennial Emergy Analysis Research Conference, 2002. Centre for Environmental Policy. University of Florida. Gainesville. Florida, p. 1-14

Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004a. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling*, 178, pp. 201-213.

Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004b. *Emergy analysis and Environmental Accounting*. Encyclopedia of Energy, Vol. 2. Elsevier, pp. 329-354.

Burgess, R., 2011. The use of emergy analysis for measuring the environmental costs and benefits of agricultural practices in Scotland. In: Brown, M.T., Sweeney, S., Campbell, D.E., Huang, S.L., Ortega, E., Rydberg, T., Tilley, D.R., Ulgiati, S. (Eds.), *Emergy Synthesis 6. Theory and applications of the Emergy Methodology*. Book of Proceedings of the Sixth International Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 14–16 January, 2010. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL, ISBN 978-0-9707325-5-2, pp. 265–272.

Burzo A., 2010. *La compatibilità ambientale dei piani di sviluppo rurale*. Tesi di Dottorato, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dottorato di Ricerca in Zoonomia, disponibile: http://amsdottorato.cib.unibo.it/2923/1/burzo_antonella_tesi.pdf

ENEA, Ente per le Nuove Tecnologie, l'energia e lo sviluppo sostenibile. 2011. *Le filiere del sistema agricolo per l'energia e l'efficienza energetica*. Campiotti C., Viola C., Scoccianti M., Giagnacovo G., Lucerti G., disponibile a: <http://titano.sede.enea.it/Stampa/Files/cs2011/rapportotecnocampiotti.pdf>

Camera di Commercio di Bologna, listini annuali dei prezzi dei beni agricoli e fattori di produzione, disponibile a: <http://www.bo.camcom.gov.it/regolazione-del-mercato/borsa-merci-e-rilevazione-prezzi-1/listino-annuale/listino-dei-prezzi-annuale?searchterm=listino+annuale>

Cazzola A., 2012, *La valutazione di un'opera pubblica*, materiale didattico Università di Bologna, disponibile: <http://www2.stat.unibo.it/cazzola/didattica/sondaggi/1.11%20Valutazione%20contingente.pdf>

Carson R. T., Mitchell R. C., Hannemann M., Kopp R. J., Presser S., Ruud P. A., *Contingent Valuation and lost passive use: damages from the Exxon Valdez Oil Spill*, disponibile: http://www2.stat.unibo.it/cazzola/didattica/valutazione/contingent_valuation_and_passive_use.pdf

Castanheira, E.G., Dias, A.C., Arroja, L., Amaro, R., 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. *Agricultural Systems* 103: 498-507.

Cavalett, O., Ferraz de Queiroz, J., and Ortega, E., 2006, *Emergy assessment of integrated production systems of grains pig and fish in small farms in the South Brazil*. *Ecological Modelling*, 193:205-224.

Ciolfi M., 2013. Lo sviluppo sostenibile, disponibile a:
<http://www.ing.unitn.it/~ciolfi/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf>

Cialani, C., Russi, D., Ulgiati, S., 2005. Investigating a 20-year national economic dynamics by means of emergy-based indicators. In: Brown, M.T., Campbell, D., Comar, V., Huang, S.L., Rydberg, T., Tilley, D.R., Ulgiati, S. (Eds.), *Emergy Syn-thesis. Theory and Applications of the Emergy Methodology*, Part 3. Book of Proceedings of the Third International Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 29–31 January, 2004. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL.

Civitillo D.F., 2012. LCA della produzione agricola e della trasformazione industriale del pomodoro. Università degli Studi di Napoli Parthenope, Corso di laurea magistrale in Scienze Ambientali.

Coletto L., Agricoltura e biodiversità: rilievi sperimentali, indicatori di valutazione ed elaborazioni in ambiente GIS. Tesi di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie. Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali. Anno Accademico 2001-2002, disponibile: http://tesi.cab.unipd.it/10269/1/TESI_Coletto_laurea.pdf

Commissione delle Comunità Europee, Libro Verde dell'8 marzo 2006, "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura" COM (2006) 105 def, disponibile a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:IT:PDF>

Commissione Europea, Direzione Generale dell'Agricoltura e dello Sviluppo Rurale. 2008. Agricoltura UE- Affrontare la sfida del cambiamento climatico, disponibile a: http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_it.pdf

Comune di Modena. 2013. Gli otto obiettivi del Millennio, disponibile a: http://www.comune.modena.it/modenacooperazione/formazione/materiali-didattici/copy_of_modulo-17-18-dicembre-2013-introduzione-generale-alla-cooperazione-internazionale/8-obiettivi-millennio/view

Conforti P., 2006. Sviluppo agricolo, mercati internazionali e sicurezza alimentare. Dispense didattiche, disponibile a: http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamenti/252_1285.pdf

Conforti P., 2011. Tendenze e prospettive dei consumi agro-alimentari mondiali nel lungo periodo, In Quaderni gruppo 2013, I consumi alimentari, evoluzione strutturale, nuove tendenze, risposte alla crisi. Atti del Workshop tenuto a Palazzo Rospigliosi, Roma, 2011.

Consorzio del Parmigiano Reggiano, 2011. Le strade del Parmigiano Reggiano, Reggio Emilia, disponibile a: http://www.parmigiano-reggiano.it/dove_trova/guida_caseifici_modena/default.aspx

Corriere del Web, Dalla culla alla culla, 30 ottobre 2009, disponibile: <http://ilcorrieredelweb.blogspot.it/2009/10/dalla-culla-alla-culla-m-braungart.html>

Council of the European Union, 9 March 2007, 7224/07, Presidency Conclusions, disponibile a:

http://europa.eu/rapid/press-release_DOC-07-1_en.htm

C.R.P.A., Centro Ricerche Produzioni Animali, 2010. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia Romagna, disponibile a:

http://www.crpa.it/media/documents/crpa_www/Pubblicazi/Opuscoli-C/Archivio_2010/CRPA_7_2010.pdf

Cuadra, M., Rydberg, T., 2006. Emery evaluation on the production, processing, and export of coffee in Nicaragua. *Ecological Modelling* 196, 421–433.

Dalgaard T., Haldberg N., Porter J. R., 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agricultural Ecosystem & Environment*, 87: 51-65.

De Schutter O., 2009. International trade in agriculture and the right to food. *Dialogue on Globalization*, Occasional paper Geneva, n.46, Friedrich Ebert Stiftung, FES, disponibile: library.fes.de/pdf-files/bueros/genf/06819.pdf

Ecoinvent database disponibile a: <http://www.ecoinvent.ch/>

Emilia Romagna Ambiente, 2011. Parmigiano Reggiano e ambiente, un legame indissolubile, disponibile a: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2011/parmigiano-reggiano-ambiente>

EUR-Lex, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Versione consolidata del Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea, disponibile a: <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ%3AC%3A2010%3A083%3ASOM%3AIT%3AHTML>
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:083:0047:0200:IT:PDF>

Europa, Sintesi della legislazione dell'Unione Europea, Energia, disponibile a: http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/lisbon_treaty/ai0024_it.htm

Europa, Sintesi della legislazione dell'Unione Europea, Una politica energetica per l'Europa, disponibile a: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27067_it.htm

European Commission, Directorate – General for Energy, Key figures for Energy, June 2011, disponibile a: http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/doc/key_figures.pdf

European Commission, Joint Research Centre, “Economic impact of dominant GM crops worldwide: a review”, 2006.

Falconi F., Neri P., Di Stefano M., Zanirato G., “Monitoraggio ambientale della produzione degli allevamenti per la produzione di latte crudo di alta qualità”, 2009.

Fabbi C., Piccinini S., Verzellesi P., 2011, Biogas da soli effluenti zootecnici, buona la resa energetica, *Informatore Agrario*, n.38.

Fabbri C., 2010. Come migliorare la gestione ambientale del digestato, in “Agricoltura”, disponibile a: <http://www.ermesagricoltura.it/Informazioni/Agricoltura/Archivio-Agricoltura/MAGGIO-2010-anno-38-n.5>

Fahd S., 2011. Assessment of non-food crops as renewable alternative for energy and materials. A biorefinery concept for Southern Italy. PhD Thesis, Parthenope University of Naples.

Falconi F., 2009. L'analisi del ciclo di vita. Materiale didattico del Master in Sviluppo sostenibile e gestione dei sistemi ambientali, Università di Bologna, a.a. 2009-2010.

Fanfani R., Gutierrez L., 2011. L'ottovolante che sta sconvolgendo i prezzi delle commodities agricole mondiali.

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, FAOSTAT, disponibile a: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2013. Millennium Development Goals, disponibile a: FAO, <http://www.fao.org/mdg/en/>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2012. Energy-Smart Food at FAO: An overview, disponibile: <http://www.fao.org/docrep/015/an913e/an913e.pdf>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2010. La deforestazione diminuisce a livello globale ma rimane allarmante in molti Paesi, disponibile a: <http://www.fao.org/news/story/it/item/40948/icode/>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2009. Souvenir, 4th World Congress on Conservation Agriculture. 4-7 February, New Delhi, India, Innovation for improving efficiency, equity and environment, disponibile a: <http://www.fao.org/ag/ca/doc/wwcca-souvenir.pdf>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2009. 2050- la sfida alimentare in Africa, disponibile a: <http://www.fao.org/news/story/it/item/35816/icode/>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations. 2008. Soaring food prices: facts, perspectives, impacts and actions required, disponibile a: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2005, Nutrition country profile Republic of Albania, disponibile a: <http://www.bvsde.paho.org/texcom/nutricion/alb.pdf>

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, 2005, disponibile a: <http://www.fao.org/docrep/008/a0015i/a0015i00.htm>

Fanfani R., 2011. Agricoltura: il cammino dall'Unità d'Italia ad oggi. In Agricoltura, rivista della Regione Emilia Romagna, disponibile a:

Fanfani R., Gutierrez L., 2011. Rapporto sull'andamento dei prezzi delle commodities agricole (1972- 2011). L'"otto volante" che sta sconvolgendo i prezzi delle commodities agricole.

Federici M., 2008. Le Metodologie di Analisi Termodinamica Applicata nell'Environmental Accounting, Università di Siena, disponibile a:
<http://www.chim.unisi.it/basosi/didattica/08.pdf>

Felice E., 2011. L'Emilia Romagna Regione guida dell'agricoltura italiana da 150 anni. Filiera Grano Duro News. Archivio Società produttori sementi, disponibile a:
http://www.prosementi.com/images/uploads/graphics_2011/filiera/Filiera_Grano_duro_mews_n.18_-_apr_2011.pdf

Ferrari E., 2012. Riusciremo a gestire la volatilità? Nuove proposte contrattuali, in Filiera Grano Duro News, N.21, febbraio 2012, disponibile a:
http://www.prosementi.com/images/uploads/graphics_2011/Filiera_Grano_duro_news_n._21_-_feb_2012.pdf

Ferreira, C., 2006. Emergy Analysis of one century of agricultural production in the Rolling Pampas of Argentina. *Int. J. Agricultural Resources Governance and Ecology*, 5(2/3): 185-205.

Fieschi M., 2006. La valutazione del ciclo di vita. Available: <http://www.iris-sostenibilita.net/iris/docs/formazione/cfd2-2006/0809-Fieschi.pdf>
FIRE, Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, 2013, Obiettivi del 20-20-20, disponibile a: http://www.fire-italia.it/caricapagine.asp?target=20_20_20/20_20_20.asp

Fondazione Enrico Mattei-Cariplo, 2008. Progetto eat-ing – Educare alla responsabilità agroalimentare del territorio: inchieste natura giornalismo, disponibile a: <http://www.eat-ing.net/attach/zootecnia.pdf>

Francescato, G., Agostinho, F., Nachtigall, G.R., Nobre, A.de A. Jr, Ortega, E., 2009. In: Brown, M.T., Sweeney, S., Campbell, D.E., Huang, S.L., Ortega, E., Rydberg, T., Tilley, D.R., and Ulgiati, S., (Eds.), *Emergy Synthesis 5. Theory and applications of the Emergy Methodology. Book of Proceedings of the Fifth International Emergy Research Conference*, Gainesville, FL., 31 January-2 February, 2008. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL. ISBN 978-0-9707325-4-5. Pp. 299-312.

Franzese, P.P, Rydberg, T., Russo, G.F., Ulgiati, S., 2009. Sustainable biomass production: A comparison between Gross Energy Requirement and Emergy Synthesis methods. *Ecological Indicators* 9, 959–970.

Frascarelli A., 2011. Le energie rinnovabili in agricoltura. *Agriregionieuropa*, 24, disponibile a: http://www.agrireregionieuropa.univpm.it/pdf.php?id_articolo=766

Fumagalli M., Acutis M., Mazzetto F., Vidotto F., Sali G., Bechini L., 2011. An analysis of agricultural sustainability of cropping systems in arable and dairy farms in an intensively cultivated plain. *European Journal of Agronomy*, 34: 71-82.

Gasparatos, A., 2011. Resource consumption in Japanese agriculture and its link to food security. *Energy Policy*, 39(3): 1101–1112.

Ghisellini P., 2010, Analisi ambientale ed economica dell'energia elettrica da fonte nucleare. Tesi di Master in "Sviluppo sostenibile e gestione dei sistemi ambientali", Università di Bologna, a.a. 2009/2010.

Giampietro M., Pimentel D., 1994. Energy utilization in agriculture, in *Encyclopedia of agricultural science*, 2° vol., New York, Academic Press, pp. 62-76.

Giovannetti M., 2011. Riduzionismo e complessità del vivente: dalla rivoluzione verde agli OGM. *Naturalmente*, La Limonaia Scienza viva, disponibile a:
<http://www.naturalmentescienza.it/pdf/NATfesta2011-M.Giovannetti.pdf>

Godfray H. Charles J., Beddington J. R., Crute I. R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 Billion people. *Science* 327, 812. Available:
<http://www.sciencemag.org/content/327/5967/812.full.pdf> (accessed August 1, 2012).

Gomiero T., Paoletti M. G., Pimentel D., 2008. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. *Critical Review in Plant Sciences*, 27: 239-254.

Gomiero T., Pimentel D., Paoletti M., G., 2011. Is there a need of a more sustainable agriculture? *Critical Review in Plant Sciences*, 30: 6-23.

Gorgoni M., 2009. L'agricoltura mondiale XXI, disponibile a:
[http://www.treccani.it/enciclopedia/l-agricoltura-mondiale_\(XXI-Secolo\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/l-agricoltura-mondiale_(XXI-Secolo)/)

Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., and Rydberg, T., 2011. Life Cycle Assessment: past, present, and future. *Environmental Science and Technology*, 45: 90-96.

Hansen N. R., 2012. La seconda rivoluzione scientifica –scienze biologiche e la medicina: la biologica agricola, in *Treccani, l'enciclopedia Italiana*, disponibile a:
[http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_(Storia-della-Scienza)/)

Heinberg R., Bonford M., 2009. The food and farming transition: toward a post-carbon food system. Post Carbon Institute available: <http://www.postcarbon.org/files/PCI-food-and-farming-transition.pdf>

IAASTD, International Assessment of Agriculture Knowledge, Science and Tecnology for Development, 2009, Executive Summary, disponibile a:
[http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Executive%20Summary%20of%20the%20Synthesis%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Executive%20Summary%20of%20the%20Synthesis%20Report%20(English).pdf)

IFAD, (International Fund for Agricultural Development) 2011. Il futuro della sicurezza alimentare nel Mondo, disponibile a: http://www.ifad.org/pub/factsheet/food/foodsecurity_i.pdf

INEA, 2003. La valutazione e monitoraggio dei programmi finanziati dai fondi strutturali dell'Unione Europea. Metodologia e tecnica dell'indagine campionaria, disponibile a: http://www1.inea.it/ops/altriprog/corso%20valutazione/secondomodulo/gstorti_INEA.PDF
INEA, 2009. I metodi di produzione sostenibile nel sistema agroalimentare, a cura di Lucia Briamonte e Raffaella Pergamo, disponibile a: http://www.inea.it/public/pdf_articoli/1529.pdf

INRAN, Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione, tabelle nutrizionali, disponibili a: http://www.inran.it/646/tabelle_di_composizione_degli_alimenti.html

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, database sull'agricoltura, disponibile a: <http://agri.istat.it/>

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, serie storiche coltivazioni in Italia, disponibili a: [http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=6&user_100ind_pi1\[uid_categoria\]=13&cHash=fa14802db6624a2c316381137419fd3e](http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=6&user_100ind_pi1[uid_categoria]=13&cHash=fa14802db6624a2c316381137419fd3e)

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, Censimento Generale dell'agricoltura 2010. 2012. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole, disponibile a: http://www.istat.it/it/files/2011/03/1425-12_Vol_VI_Cens_Agricoltura_INT_CD_1_Trimboxes_ipp.pdf

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, Censimento Generale dell'agricoltura 2010. 13 luglio 2012. Comunicato Risultati definitivi, disponibile a: <http://www.ermesagricoltura.it/Strutture-e-attivita-istituzionali/Altre-attivita-istituzionali/Statistica-e-Osservatorio-agro-alimentare/Censimenti-general-dell-agricoltura/Il-censimento-generale-dell-agricoltura-2010>

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, Censimento Generale dell'agricoltura 2010. 13 luglio 2012. Risultati definitivi, disponibile a: <http://www.istat.it/it/archivio/66591>

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, Censimento Generale dell'agricoltura 2000, disponibile a: <http://censagr.istat.it/dati.htm>

Joint Research Centre European Commission, 2010. General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. Available: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>

Labory S., Politica europea per l'ambiente, Università degli Studi di Ferrara, Facoltà di Economia, disponibile: www.unife.it/economia/economia/.../ea-lezione-16-pol-ambiente.ppt

Lagerberg, C., Brown, M.T., 1999. Improving agricultural sustainability: The case of Swedish greenhouse tomatoes. *Journal of Cleaner Production*, 7: 421-434.

Lan, S.F., Odum, H.T., Liu, X.M., 1998. Energy flow and emergy analysis of the agroecosystems of China. *Ecologic Science*, 17(1): 32-39.

Landesmann M., 2009. L'integrazione economica fra Sud e Nord del Mondo, disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/l-integrazione-economica-fra-sud-e-nord-del-mondo_\(XXI-Secolo\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/l-integrazione-economica-fra-sud-e-nord-del-mondo_(XXI-Secolo)/)

Lefroy, E., Rydberg, T., 2003. Emergy evaluation of three cropping systems in Southwestern Australia. *Ecological Modelling*, 161: 195-211.

Legambiente, *Acqua in agricoltura, politiche di risparmio, efficienza e tutela ambientale*. Legambiente propone un'alleanza per l'acqua: "Una strategia complessiva per un uso più efficiente e sostenibile della risorse", disponibile a:
<http://www.legambiente.it/contenuti/comunicati/acqua-agricoltura-politiche-di-risparmio-efficienza-e-tutela-ambientale-legambi>

Leone M., *Nascita e sviluppo della politica agricola comunitaria (PAC)*, disponibile a:
www.istitutoserpieri.it/MANUALE%20LEONE/PAC.ppt

Lombardo M., Marletta M., Parisi N., 2012. L'azione dell'Unione nel settore dell'energia, n.1, Centro di documentazione europea – Università di Catania – Online Working Paper 2012/n.1, disponibile a: http://www.lex.unict.it/cde/quadernieuropei/energia/1_2012.pdf

Lou B., Ulgiati S., 2013. Identifying the environmental support and constraints to the Chinese economic growth—An application of the Emergy Accounting method. *Energy Policy*, 55: 217-233.

Lu H., Bai Y., Ren H., Campbell E. D., 2010. Integrated emergy, energy and economic evaluation of rice and vegetable production systems in alluvial paddy fields: Implications for agricultural policy in China. *Journal of Environmental Management*, 91: 2727-2735.

Luciani R., Masoni P., Santino D., *Indicatori di sostenibilità ambientale: la carbon footprint*.

Luise A., 2012. *Il ruolo dell'agricoltura nel dibattito internazionale sullo sviluppo sostenibile*. Prospettive, ENEA, disponibile: <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-eai/maggio-giugno-2012/agricoltura-sostenibile.pdf>

Malthus T., 1798. *An Essay on the Principle of Population*. Printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard. London, disponibile a:
<http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>

Marescotti A., 2012. *I cambiamenti dell'agricoltura dalla modernizzazione al nuovo modello di sviluppo*. Materiale didattico del corso di economia dei mercati agro-alimentari. Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Economia, disponibile:

http://www.webalice.it/andrea.marescotti/Didattica/EMAA2/LUCIDI-Mod2_Trasformazioni01.pdf

Sito Internet Professore: http://www.webalice.it/andrea.marescotti/Didattica_EMMAA2.htm

Millenium Ecosystem Assessment, disponibile: <http://www.unep.org/maweb/en/index.aspx>
<http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Rete Rurale Nazionale, 2012. *Low Carbon economy: il settore agroalimentare di fronte all'opportunità di coniugare la valorizzazione del made in Italy e la difesa dell'ambiente*.

Mc Donald K., FAO report warns about fossil fuel dependence in Global Agriculture, 6 december 2011, disponibile: <http://www.bigpictureagriculture.com/2011/12/fao-report-warns-about-fossil-fuel.html>

Momigliano S., Nuti Giovanetti F., La valutazione dei costi e dei benefici nell'analisi dell'impatto della regolazione: analisi e strumenti per l'innovazione.
<http://www3.unisi.it/cipas/ref/AIR/Intro.pdf>

Monteleone C., 2012. Politiche di sicurezza e cambiamento globale. Franco Angeli, Milano.

Munda G., 2007. Social Multi-Criteria Evaluation (SMCE). Knowledge Assessment Methodologies, Fall School.

Munda G., 2003. "Measuring sustainability": a Multi-Criterion Framework . Environment, Development and Sustainability, 7: 117:134.

Nuti Giovanetti F., 2010. Valutazione economica e beni ambientali, i primi passi. Ecoscienza, 2, disponibile a:
http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2010_2/giovanetties2_10.pdf

Nuti Giovanetti F., 2010. La valutazione contingente, materiale didattico del corso di Economia dell'ambiente, Università di Bologna, disponibile per gli studenti:
<http://campus.unibo.it/97421/>

OECD-FAO, 2011. Agricultural Outlook 2011-2020. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Also available at http://www.agri-outlook.org/pages/0,2987,en_36774715_36775671_1_1_1_1_1,00.html)

Odum, H.T., 2000. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No.2 – Emergy of Global Processes. Center 161
for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, Gainesville, 16 pp. (<http://www.emergysystems.org/>).

Odum, H.,T., Environmental Accounting. *Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons, New York, USA, 370 pp. 1996.

Odum, E.C., Odum, H.T., 1980. *Energy systems and environmental education*. In: Bakshi, T.S., Naveh, Z. (Eds.), Environmental Education—Principles, Methods and Applications, Plenum Press, New York, pp. 213-231.

ONU, 2010. Obiettivi del Millennio ancora lontani: serve un efficace piano d'azione, disponibile a:
http://www.dirittiglobali.it/index.php?view=article&catid=17:globalizzazioniviluppo-multinazionali&id=1246:onu-obbiettivi-del-millennio-ancora-lontani-serve-un-efficace-piano-dazione&format=pdf&ml=2&mlt=yoo_explorer&tmpl=component

Ortega E., Miller M., Anami H. M., Beskow R. P., 2003. From Emergy Analysis to Public Policy: Soybean in Brazil Proceedings of the 2nd Biennial Emergy Conference "Emergy Synthesis 2_Theory and Applications of the Emergy Methodology". Edited by: Mark T. Brown, Howard T. Odum, David Tilley and Sergio Ulgiati. Published by the Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL USA. ISBN 0-9707325-1-1

Paoletti G. M., Gomiero T., 2009. Opportunità e limiti delle agroenergie, la necessità di un approccio multicriteriale alla sostenibilità dell'energia verde. Aracne. Roma.

Penati, C., Sandrucci, A., Tamburini, A., de Boer, I.J.M., 2010. Effect of farming system changes on life cycle assessment indicators for dairy farms in the Italian Alps. Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. Bari, Italy, 22e24 September 2010.

Pereira, L., Zucaro, A., Ortega, E. and Ulgiati, S., 2012. Wealth, Trade and the Environment. An emergy-based comparison of carrying capacity, economic performance and wellbeing in Brazil and Italy. Energy Policy, submitted.

Pettenella D., Ciccarese L., 2010. Agricoltura, selvicoltura e cambiamenti climatici. Agriregionieuropa, anno 6, numero 21, available:
http://agriregionieuropa.univpm.it/dettart.php?id_articolo=635

Piccarolo P., Gasolio agricolo sempre più a caro prezzo, disponibile a:
<http://www.georgofili.info/detail.aspx?id=720>

Pimentel D., 2011. Food for Thought: a review of the role of energy in current and evolving agriculture. Critical Reviews in Plant Sciences, 30: 35-44.

Pimentel D., 2009. Energy inputs in food crop production in developing and developed Nations. Energy 2, 1-24.

Pimentel D., Hepperly P., Hanson J., Douds D., Seidel R., 2005. Environmental, energetic and economic comparison of organic and conventional farming systems. Bioscience 565, disponibile a:
http://www.ce.cmu.edu/~gdrgr/readings/2007/02/20/Pimental_EnvironmentalEnergeticAndEconomicComparisonsOfOrganicAndConventionalFarmingSystems.pdf

Pimentel D., 2004. Industrial Agriculture, Energy Flows in. Encyclopedia of Energy, Volume 3.

Pimentel D., Herz M., Glickstein M., Zimmerman M., Allen R., Becker K., Evans J., Hussain B., Sarsfeld R., Grosfeld A., Seidel T., 2002. Renewable Energy: Current and potential issues. BioScience Vol 52, No. 12.

Pimentel D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., McNair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, Volume 267.

Pipia D., Pantini D., 2005. Il ruolo dell'agricoltura per il fabbisogno energetico. Agricoltura, disponibile a:
http://www.ermesagricoltura.it/var/portale_agricoltura/storage/file/supp30006_1244543850.pdf

Politecnico di Milano, Dipartimento di energia, 2010. Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano. Costi di produzione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili, disponibile a:
http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/11/103-11arg_rtalla.pdf

Rabboni T., 2009. Agricoltura, i nuovi traguardi della sostenibilità e della sicurezza alimentare. ARPA rivista N. 1, disponibile:
http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/arparivista/arparivista2009n1/rabboniar1_09.pdf

Raimondi A., 2005. L'impresa agricola di fronte ad una nuova politica energetica. Agricoltura, disponibile a:
http://www.ermesagricoltura.it/var/portale_agricoltura/storage/file/supp30022_1244543851.pdf

Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia 2004, Agricoltura, disponibile:
<http://ita.arpalombardia.it/ita/console/files/download/46/01agricoltura.pdf>

Regione Emilia Romagna. Biologico. Biologico dell'Emilia Romagna: mangiare sano è possibile, disponibile: <http://www.ermesagricoltura.it/La-pagina-del-consumatore/Biologico>

Regione Emilia Romagna. Risultati Censimento Generale dell'agricoltura 2010. Prima nota risultati definitivi, disponibile a: <http://www.ermesagricoltura.it/Strutture-e-attivita-istituzionali/Altre-attivita-istituzionali/Statistica-e-Osservatorio-agro-alimentare/Censimenti-general-dell-agricoltura/Il-censimento-generale-dell-agricoltura-2010>

Regione Emilia Romagna, Energia, Secondo Piano di attuazione del Piano Energetico Regionale 2011-2013, disponibile a:
<http://energia.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/programmazione-regionale/piano-energetico-regionale>

Regione Emilia Romagna, Statistiche Agrarie, Indagini congiunturali sulle coltivazioni agricole, disponibili a: <http://www.ermesagricoltura.it/Strutture-e-attivita-istituzionali/Altre-attivita-istituzionali/Statistica-e-Osservatorio-agro-alimentare/Indagini-congiunturali-sulle-coltivazioni>

Regione Emilia Romagna statistica. Occupati per settori macroeconomici. Disponibile:
http://statistica.regione.emilia-romagna.it/factbook/lavoro/occ_ec

Regione Emilia Romagna, Legge 149/2004. Norme in materia di organismi geneticamente modificati, disponibile a: <http://www.sementi.it/normative/L-16-nov-2004-ogm-emilia-romagna.pdf>

Regione Emilia Romagna, Agricoltura, La condizionalità in Emilia Romagna, disponibile a:
<http://www.ermesagricoltura.it/Sportello-dell-agricoltore/Come-fare-per/Produrre-nel->

rispetto-dell-ambiente/Rispettare-gli-adempimenti-di-Condizionalita/La-condizionalita-in-Emilia-Romagna

Regione Emilia Romagna, Investire nell'Agrolimentare in Emilia Romagna, disponibile a: http://www.investinemiliaromagna.it/wcm/investiner/pagine/schede_filiere_produttive/Investire_nell_agroalimentare.pdf

Restaino D., Tirimberio G., 2012. Analisi del ciclo di vita (LCA) della produzione di cioccolato: fondente, latte e bianco. Rapporto tecnico Università degli Studi di Napoli Parthenope, Facoltà di Scienze e Tecnologie.

Rete Rurale Nazionale, 2010. L'Health Check e il futuro della PAC, disponibile a: <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/271>

Ribaudò F., 1974. Prontuario di agricoltura, Edagricole, Bologna.

Ribaudò F., 1986. Prontuario di agricoltura, Edagricole, Bologna.

Ribaudò F., 1989, Prontuario di agricoltura, Edagricole, Bologna.

Ribaudò F., 2000. Prontuario di agricoltura, Edagricole, Bologna.

Ribaudò F., 2009. Prontuario di agricoltura, Hoepli, Milano, Italia.

Rifkin J., 2003. Economia all'idrogeno. Oscar Mondadori, Milano.

Romano D., 2010. L'agricoltura nello sviluppo economico. Agriregionieuropa, numero 22, disponibile a: http://www.agriregionieuropa.univpm.it/dettart.php?id_articolo=668

Romano D., 2012. L'agricoltura italiana ai tempi della crisi. Agriregionieuropa, numero 8, disponibile a: http://www.agriregionieuropa.univpm.it/dettart.php?id_articolo=974

Rossi P., 2011. La questione energetica esige nuove risposte., in Supplemento n.47 della rivista Agricoltura, disponibile a:

<http://www.ermesagricoltura.it/Informazioni/Agricoltura/Archivio-Agricoltura/SUPPLEMENTO-N.47-Consumi-energetici-e-produzione-di-energia-fotovoltaiica-in-zootecnia>

Rostow W. W., 1960. The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto. Cambridge: Cambridge University Press.

Rotolo G., Charlon V., Franzese P.P., 2010. Emergy accounting of an integrated grazing-milking system in Argentina's Pampas.

Rugani B., Benetto E., 2012. Improvements to emergy evaluations by using life cycle assessment. Journal of Environmental Science & Technology, 46: 4701-4712.

Russi D., 2007. Social Multi-Criteria Evaluation and renewable energy policy. Two case studies.

PhD Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.

Rydberg T., Gustafson G., Boonstra W., 2007. Farming in a prosperous way down – a system ecology approach. Proceedings from the Fourth Biennial Emergy Conference, Gainesville, Florida. Emergy synthesis 4: Theory and application of emergy methodology.

Searchinger T., 2011. How biofuels contribute to the food crisis. In The Washington Post, disponibile a: <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2011/02/10/AR2011021006323.html>

Sansavini S., 2011. Romagna oltre i confini: le radici e le strategie del comparto ortofrutticolo. Istituto Tecnico Agrario G., Garibaldi, Cesena, 21 maggio 2011.

Sassi M., 2010. Cambiamento climatico e agricoltura nei paesi in via di sviluppo: nuove sfide per la povertà e l'insicurezza alimentare, disponibile: http://www.agrireregionieuropa.univpm.it/dettart.php?id_articolo=678

Sassolini E., 2012. Il clima dell'Italia, disponibile a: <http://www.centrometeoitaliano.it/il-clima-dell-italia/>

Sen A., 1982. Poverty and Famine. An Assay on Entitlement and Deprivation. Oxford University Press. New Delhi.

Smith A., 1776. An inquiry into the nature and of the wealth of nations. A Penn State Electronic Classic Series Publication. Pennsylvania State University, 2005.

Smil V., 2000. Feeding the world: A challenge for the twenty-first century. The MIT Press, Cambridge, MA.

Stone G. D., 2002. Fallacies in the genetic-modification wars, implications for developing countries, an anthropological perspective. *Current Anthropology* 43: 611-630.

Terra e Vita, 2008. Le novità dell'Health Check, disponibile a: http://www.unisa.it/uploads/1702/le_novita%20C3%A0_dellhealth_check.pdf

The World Bank Indicators, Agricultural Value Added (% of GDP), disponibile a: <http://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS>

The World Development Report 2008: Agriculture for Development, disponibile a: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/EXTWDRS/0,,contentMDK:23092267~pagePK:478093~piPK:477627~theSitePK:477624,00.html>

Thomassen, M.A., Calker, K.J., Smits, M.C.J., Iepema, G.L., de Boer, I.J.M., 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural System* 96: 95-107.

Tilman D., 1998. The greening of the green revolution. *Nature*, 396: 211-212.

Tilman D., Cassman K., G., Matson P., A., Naylor R., Polasky S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677, disponibile a: <http://www.nature.com/nature/journal/v418/n6898/full/nature01014.html>

Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B., L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, available:

<http://www.pnas.org/content/early/2011/11/16/1116437108.full.pdf+html>

Treccani, l'enciclopedia italiana. 2012. La seconda rivoluzione scientifica, scienze biologiche e la medicina: la biologia agricola, disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-scienze-biologiche-e-la-medicina-la-biologia-agricola_(Storia-della-Scienza)/)

Ulgiati S, Buonocore E, Fiorentino G, Mellino S (2012). Chimica da Biomasse. LA CHIMICA E L'INDUSTRIA, p. 100-105, ISSN: 0009-4315.

Ulgiati, S., Ascione, M., Bargigli, S., Cherubini, F., Franzese, P.P., Raugei, M., Viglia, S., Zucaro, A., 2011. Material, Energy and Environmental Performance of Technological and Social Systems under a Life Cycle Assessment Perspective. *Ecological Modelling*, 222(1): 176-189.

Ulgiati S., 2009. L'analisi energetica, un'arte complessa: il caso delle agroenergie, in Opportunità e limiti delle agroenergie, la necessità di un'approccio multicriteriale alla sostenibilità dell'energia verde, a cura di Gomiero T., e Paoletti M., 2009. Aracne, Roma.

Ulgiati S., Brown M., T., "Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems", *Ecological Modelling* 108: 23-26 (1998).

Ulgiati S., Raugei M., Bargigli S., 2006. Overcoming the inadequacy of a single criterion approach to life cycle assessment. *Ecological Modelling*, 190: 432-442.

Ulgiati S., LCA basic concept. Materiale didattico del corso di LCA. Università Parthenope di Napoli. a.a. 2009-2010.

UMA, Utenti Motori Agricoli, disponibile a: <http://www.ucer.camcom.it/studi-ricerche/banche-dati/bd/agricolt> (Banca dati Unioncamere Emilia Romagna)

FEDERUNACOMA, Federazione Nazionale Costruttori Macchine per l'Agricoltura, disponibile a:

http://www.federunacoma.it/it/informati/ind_meccanizzazione.php

UNDP, United Nation Development Program. 2005. Energizing the Millennium Developing Goals: A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty, New York, NY: UNDP

UNDP, United Nation Development Program, Millenium Development Goals, 2013, disponibile a:

<http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/mdg/mdg-reports/>

United Nation Statistic Division, Millenium Development Goals Indicators, 2013, disponibile a: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Host.aspx?Content=Data/snapshots.htm>

UICRI, United Nations Interregional Crime and Justice Research Institute. 2013. Gli obiettivi del Millennio, disponibile a: <http://www.onuitalia.it/component/content/article/34/50-obiettivi-di-sviluppo-del-millennio>

Università di Perugia, La domanda alimentare, l'effetto delle variazioni del reddito sulla domanda, le curve di Engel, disponibile a:

http://www.agr.unipg.it/didattica/corsi_triennali/scienze_agr_amb/mat_dida/7%20-%20il%20sistema%20agroalimentare/Capitolo%201.pdf

Viganò E., 2011. Agricoltura e sviluppo economico, modelli e politiche. In Quali modelli per l'agricoltura? Problemi ed esperienze dalle Marche all'Europa, I quaderni europei, disponibile a: http://www.lex.unict.it/cde/quadernieuropei/serie_speciale/5_2011.pdf

Viglia, S., Zucaro, A., Franzese, P.P., Blackstock, K.L., Matthews, K.B., Ulgiati, S., 2011. Exploring resource use and biophysical constraints on Scottish agriculture, at regional and national scales. In: Brown, M.T., Sweeney, S., Campbell, D.E., Huang, S.L., Ortega, E., Rydberg, T., Tilley, D.R., Ulgiati, S. (Eds.), *Emergy Synthesis. Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Book of Proceedings of the Sixth International Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 14–16 January, 2010. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, FL, ISBN 978-0-9707325-5-2, pp. 359–372.

Van der Werf, H.M.G., Kanyarushoki, C., Corson, M.S., 2009. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management* 90: 3643-3652.

Volpi A., 2003. *Le società globali: risorse e nuovi mercati*, Carrocci, Roma.

Wuppertal Institut, fuer Klima, Umwelt, Energie, Gmbh, disponibile a:

<http://wupperinst.org/home/>

WWF, 2008. *Millenium Ecosystem Assessment*. Scheda a cura di Gianfranco Bologna, disponibile a:

<https://www.wwf.it/UserFiles/File/News%20Dossier%20Appti/DOSSIER/Sostenibilit/MillenniumAss.pdf>

WWF, *Verso RIO -20, Cibo, acqua, energia per tutti*, disponibile a:

https://www.wwf.it/UserFiles/File/News%20Dossier%20Appti/DOSSIER/Clima/DOSSIER_WWF_VERSORIO_giugno2012.pdf

Zero Emission, *Prodotti biologici in crescita del 7.3% nel 2012*, disponibile a: <http://www.zeroemission.eu/portal/news/topic/Consumi/id/20629/Prodotti-biologici-in-crescita-del-73-nel-2012>

Zucaro A., Mellino S., Ghisellini P., Viglia S., 2013. Environmental performance and biophysical constraints of Italian agriculture across time and spatial scales. *Journal of Environmental Assessment and Management* 1: 65-85.

Zucaro A., 2011. *Assessing the performances of agricultural systems across time and spatial scales. An extended LCA approach*, P.h.D Thesis. Parthenope University of Naples,.

Appendice 1, Pubblicazioni sui temi dell'agricoltura

Nel corso del dottorato sono stati pubblicati i seguenti articoli riguardanti i temi trattati nella Tesi:

- Ghisellini P., Zucaro A., Viglia S., Ulgiati S., 2013. *Monitoring and evaluating the sustainability of agricultural systems*. Ecological Modelling. In press.
- Zucaro A., Mellino S., Ghisellini P., Viglia S., 2013. *Environmental performance and biophysical constraints of Italian agriculture across time and spatial scales*. Journal of Environmental Assessment and Management 1: 65-85.
- Ghisellini P., Setti M., Ulgiati S., 2013. *Sustainability of worldwide agriculture: energy, emergy, carbon and water footprints*. In Proceeding of the 8th Biennial Workshop "Advances in Energy Studies", Energy security and development; the changing global context, Mumbai 2012. Accettato per la pubblicazione.
- Ghisellini P. Ulgiati S., Setti M., 2013. *Energy sustainability issues in agriculture. Lessons from developing and developed countries*. Submitted to the International Journal of Agricultural Systems.
- Ghisellini P., Zucaro A., Ulgiati S., 2012. *Emergy-based sustainability assessment and perspectives of regional agriculture in northern and southern Italy*. In Proceeding of the 7th Emergy Conference, University of Florida, Gainesville, 2012. Accettato per la pubblicazione.

Appendice 2, Altre Pubblicazioni

Sono stati pubblicati inoltre questi altri articoli:

- Ulgiati S., Ghisellini P., 2012. *Environmental, economic and financial uncertainties of nuclear electricity*. A closer look at the situation worldwide and in Italy. In: Proceedings of “Science and democracy/Scienza e democrazia 5”, Napoli 2011: <http://www.dmi.unipg.it/~mamone/sci-dem/scidem.htm>;
- Ghisellini P., 15 aprile 2011, *Dopo Fukushima*, Rivista web del Mulino, Bologna: http://www.rivistaimulino.it/news/newsitem/index/Item/News:NEWS_ITEM:984
- Ghisellini P., Rota C., Ulgiati S., 2011, *Environmental, economic and financial uncertainties of nuclear electricity*. In: Proceedings of Seventh Biennial Workshop “Advances in energy studies 2010”, Can we break the addiction to fossil energy? Barcelona, 2010.
- Ghisellini P., 22 settembre 2010, *Al mercato dell’uranio* Rivista web del Mulino, Bologna: http://www.rivistaimulino.it/news/newsitem/index/Item/News:NEWS_ITEM:662