



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**FACOLTÀ DI AGRARIA**

**Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali**

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**Valutazione ambientale della produzione del  
frumento tenero: biologico vs. convenzionale**

Relatore

Prof. Stefano Bona

Correlatore

Dott.ssa Lucia Coletto

Laureanda

Elena Manni

n. matr. 546535 TG

Anno Accademico 2010 – 2011

Alla mia famiglia

# INDICE

<b>Acronimi.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introduzione.....</b>	<b>9</b>
1.1. La coltivazione del frumento tenero .....	9
1.2. Il frumento biologico .....	15
1.3. La valutazione ambientale del ciclo di vita del prodotto .....	16
1.3.1 L'analisi LCA.....	17
1.3.2 Metodologia LCA .....	18
1.3.3 ALCA e CLCA .....	20
1.3.4 Applicazione dell'LCA .....	22
1.3.5 Alcuni Limiti dell'LCA .....	23
<b>2. Scopo del Lavoro .....</b>	<b>25</b>
<b>3. Materiali e metodi .....</b>	<b>27</b>
3.1. Fase di elaborazione.....	28
3.2. ALCA.....	28
3.2.1 ALCA: Goal and Scope.....	28
3.2.2 ALCA: Life Cycle Inventory .....	29
3.2.3 ALCA: Life Cycle Assessment .....	32
3.3. CLCA .....	33
3.3.1 CLCA: Goal and Scope.....	33
3.3.2 CLCA: Life Cycle Inventory .....	33
3.3.3 CLCA: Life Cycle Assessment .....	36
<b>4. Risultati.....</b>	<b>37</b>
4.1. ALCA.....	37
4.1.1 Unità Funzionale "10 ha" .....	37
4.1.2 Unità Funzionale "65 t".....	41
4.2. CLCA .....	44
<b>5. Conclusioni.....</b>	<b>53</b>
<b>6. Bibliografia .....</b>	<b>57</b>

## Acronimi

ALCA	Attributional Life Cycle Assessment
CLCA	Consequential Life Cycle Assessment
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCII	Life Cycle Interpretation and Improvement
SAU	Superficie Agricola Utilizzabile
UF	Unità Funzionale

## Riassunto

Negli ultimi anni l'attività agricola è stata partecipe di notevoli cambiamenti dovuti all'accrescersi di una certa sensibilità per l'ambiente e le sue risorse. Una diversa considerazione sulla qualità della vita intesa come benessere personale e come guadagno energetico ed economico ha contribuito a fondere l'obiettivo primario della produttività con l'interesse della gestione del territorio e la tutela dell'ambiente. Questi concetti recepiti e diffusi fin dagli anni '90 hanno contribuito a porre maggiormente l'attenzione nello sviluppo di tecnologie, pratiche, modelli di produzione e norme per rendere l'agricoltura un'attività sostenibile sia dal punto di vista produttivo che ambientale. Il presente lavoro di tesi aveva lo scopo, infatti, di valutare se per la medesima produzione di frumento tenero fosse più vantaggiosa, dal punto di vista di riduzione di impatto ambientale, la coltivazione in biologico rispetto al convenzionale. È stata scelta la coltivazione del frumento tenero data la sua importanza e diffusione sia a livello internazionale che nazionale. Lo studio e la raccolta di dati hanno riguardato un'ipotetica "azienda tipo" situata in provincia di Padova, dove questa coltura è presente con una certa rilevanza nel territorio.

Per analizzare l'impatto delle due differenti produzioni è stata utilizzata la metodologia LCA, strumento decisionale utile alla valutazione dei costi ambientali dei processi produttivi, al fine di individuare eventuali possibilità di miglioramento del prodotto o dei processi del prodotto stesso. Specificatamente sono stati impiegati due diversi tipi di LCA: con la Attributional LCA sono state raffrontate le tecniche di produzione del frumento tenero in convenzionale e del frumento tenero in biologico; mentre, in seguito, con l'approccio Consequential LCA sono stati proposti e sviluppati 5 tra i possibili scenari di sviluppo produttivo e commerciale che potrebbero derivare come conseguenza della conversione colturale. Il primo scenario ha previsto la completa "sostituibilità" del frumento convenzionale con quello biologico; mentre gli altri 4 scenari sono stati pensati considerando la granella biologica come un prodotto nuovo, non sostituibile e quindi con rete di commercializzazione diversa nel mercato.

I risultati sono stati ottenuti mediante il software SimaPro 7.2.4., il metodo di valutazione utilizzato è stato Ecoindicator 99H/A.

I risultati rilevati dai 4 scenari derivati dalla “non sostituibilità”, sono stati dapprima comparati e poi confrontati con quelli ottenuti dalla tipologia della coltivazione convenzionale. I risultati finali hanno riportato evidenti differenze tra la produzione in biologico e quella in convenzionale, in quanto la prima è risultata la meno impattante. Se i prodotti finali fossero perfettamente sostituibili, al fine ambientale, si potrebbe pensare di convertire la produzione da convenzionale a biologico. In realtà le due produzioni presentano una diversa allocazione nel mercato che comporta variazioni sostanziali nei processi di filiera, soprattutto nei flussi relativi ai trasporti legati ai canali commerciali, siano essi nazionali o mondiali; la produzione in biologico è risultata vantaggiosa, solamente se commercializzata a breve distanza. Gli scenari considerati, ovviamente, sono limitati e avrebbero potuto includere tante altre possibili sostituzioni. Attraverso questo lavoro si è illustrato come può essere utile ed interessante applicare la metodologia LCA e come attraverso la metodica impiegata Consequential LCA, pur nella limitatezza dei confini del sistema adottato, si sia potuto valutare adeguatamente l'effettivo peso di una trasformazione aziendale in termini ambientali.

## **Abstract**

In the last decades farming has changed in a significant way, it was due to an increase of environment sensitivity. The necessity to improve the life quality in economic, energetic and wellbeing point of view took as consequence the need to link the agricultural productivity with the interests of land management and environmental protection. These concepts, originated and spread in the '90s, focused attention on development of technologies, practices of production and agricultural rules concerning sustainability both on environmental and productivity point of view.

The purpose of this thesis was to describe the different environmental impact of organic wheat against intensive one.

The soft wheat was chosen because of its international and national importance. The study and data collection focused on a hypothetical "farm type" closed to Padova.

In order to analyze the impact of these two different types of production, to evaluate the environmental impacts of production processes and to identify possible improvements of the product or its processing, LCA decision-making tool was used.

Specifically, two different approaches of LCA were used: the Attributional LCA was adopted to compare intensive wheat production techniques and organic ones. The Consequential LCA approach dealt with the developing of five possible scenarios resulting from cropping system conversion.

The first scenarios involved the complete "substitutability" of intensive wheat and organic one, while the other four scenarios were created considering organic production as a new product, therefore, with a different allocation in the market.

The results were obtained using the software SimaPro 7.2.4., the evaluation method used was Ecoindicator 99H/A. The final results showed distinct differences between organic and intensive production.

Organic production seems to be the optimal environmental solution to reduce impact, under the "substitutable" hypothesis. Instead when the two types of production have different distribution in the market, the organic production is advantageous only within a short transport distance.

The scenarios considered were limited and could include many other possible variables. This work showed how it could be useful and interesting to use the LCA methodology and how, through the Consequential LCA method used, within the limits of this system, it could be assess the consequences of farm changes on the environment.



# 1. Introduzione

## 1.1. La coltivazione del frumento tenero

Il frumento è una pianta nota fin dai tempi antichi e rappresenta ancor oggi, soprattutto nelle zone temperate, la principale fonte di cibo per l'uomo. E' originario dell'Asia sud-occidentale e attualmente viene coltivato in tutti i continenti. Per quanto riguarda la varietà tenero si è registrata, nel 2009, una produzione mondiale di 668 milioni di tonnellate . I principali paesi produttori sono Canada e Russia, mentre tra i paesi dell'Unione Europea spiccano Francia, Germania, Ucraina e Ungheria (Serra, 2010).

La superficie agricola nazionale attualmente investita per la produzione di frumento tenero in convenzionale è rappresentata da una SAU di 700.000 ha con una resa di circa 4 milioni di tonnellate, equivalenti a 5,7 t/ha (Tabella 1).

Un punto forte che caratterizza questa produzione è dato dalla disponibilità di varietà in grado di soddisfare le varie esigenze degli attori della filiera, vale a dire buone rese, a costi contenuti e qualità soddisfacente alle diversificate esigenze del trasformatore e del consumatore (Ghelfi *et al.*, 2010).

In considerazione di ciò va rilevato che in Italia, secondo i dati di certificazione, esiste un'ampia scelta varietale, con una disponibilità commerciale di ben 106 cultivar. Considerato che le destinazioni d'uso del frumento tenero sono diverse e che la coltivazione è diffusa su tutto il territorio nazionale, un così elevato numero di cultivar rappresenta un patrimonio di notevole importanza per tutta la filiera. Esiste, quindi, per il produttore agricolo un'ampia possibilità di scelta tra le nuove varietà per soddisfare le proprie esigenze produttive in funzione dell'ambiente pedoclimatico in cui opera e della destinazione di mercato che preferisce privilegiare (Boggini, 2007).

Tabella 1: Superficie, produzione e resa media nazionale del frumento tenero convenzionale (Fonte: Agrit, 2008).

<b>Regione</b>	<b>Frequenza Prod. (%)</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Produzione (t)</b>	<b>Resa Media (t/ha)</b>
<b>EMILIA ROMAGNA</b>	35,8	227.901	1.410.628,0	6,19
<b>VENETO</b>	20,1	127.670	792.037,5	6,20
<b>PIEMONTE</b>	14,3	109.517	563.856,6	5,15
<b>LOMBARDIA</b>	11,6	81.276	458.820,2	5,65
<b>UMBRIA</b>	6,5	57.662	256.652,4	4,45
<b>LAZIO</b>	3,1	26.269	120.632,2	4,59
<b>TOSCANA</b>	2,1	21.982	84.705,4	3,85
<b>FRIULI V. GIULIA</b>	2,0	15.315	77.926,3	5,09
<b>ABRUZZO</b>	1,0	9.914	41.143,1	4,15
<b>CAMPANIA</b>	1,0	13.148	38.698,9	2,94
<b>MARCHE</b>	0,8	8.547	36.664,9	4,29
<b>BASILICATA</b>	0,5	5.382	21.424,5	3,98
<b>PUGLIA</b>	0,3	4.173	12.273,5	2,94
<b>CALABRIA</b>	0,3	4.177	10.790,6	2,58
<b>SICILIA</b>	0,2	2.075	6.432,5	3,10
<b>MOLISE</b>	0,2	2.047	6.362,8	3,11
<b>SARDEGNA</b>	0,1	553	995,4	1,80
<b>LIGURIA</b>	0,1	179	698,1	3,90
<b>VALLE D'AOSTA</b>	0,0	0	0	0,0
<b>TRENTINO</b>	0,0	0	0	0,0
<b>ITALIA</b>	<b>100,0</b>	<b>717.787</b>	<b>3.940.742,9</b>	<b>5,49</b>

Per quanto riguarda, invece, l'agricoltura biologica, secondo i dati Ismea-Fiao del 2005, il grano duro è ancora di gran lunga il cereale biologico più coltivato in Italia; con più di 87.000 ha esso copre infatti il 42% della SAU cerealicola a destinazione biologica (Tabella 2). Negli anni passati la seconda coltura cerealicola per diffusione era facilmente identificabile con il grano tenero, ma le variazioni strutturali che sembrano interessare l'agricoltura biologica hanno fatto slittare la posizione di questo prodotto, al quarto posto. Con un'estensione di 13.000 ha, il frumento tenero appare comunque, tra le coltivazioni biologiche più significative. La resa media nazionale si attesta attorno alle 3,13 t/ha (Tabella 3).

Tabella 2: Superficie dei cereali biologici per Regione e per coltura nel 2003 (ha) (Fonte Ismea-Fiao, 2005). \* *Comprensivo della differenza tra il dato ISMEA-FIAO stimato e quello ufficiale ministeriale.*

Regioni	Grano Tenero	Grano Duro	Farro	Orzo	Segale	Avena	Mais da granella	Riso	Altri cereali	Cerealicolo * indifferenziato	Totale Cereali
Emilia Romagna	6.954,1	420,88	383,08	3.737,82	22,25	359,6	2.233,74	45,77	58,28	4.036,41	18.251,94
Friuli V. Giulia	220,74	-	27,12	160,41	1,3	0,37	108,47	-	4,28	115,22	637,91
Liguria	3,03	0,41	-	-	0,22	4,66	10,1	-	0,62	3,96	23
Lombardia	1.280,94	279,36	49,1	452,3	75,8	10,46	2.583,95	4.563,52	96,45	3.009,57	12.401,44
Piemonte e Val d'Aosta	884,36	50,65	73,24	655,67	40,68	108,03	911,35	2.713,93	7,84	2.430,25	7.876,01
Trentino A. Adige	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86,14	86,14
Veneto	1.390,49	602,59	18,23	563,5	-	7,9	1.855,48	21,39	95,52	1.002,94	5.558,06
<b>Nord</b>	<b>10.733,66</b>	<b>1.353,89</b>	<b>550,78</b>	<b>5.569,71</b>	<b>140,25</b>	<b>491,02</b>	<b>7.703,09</b>	<b>7.344,61</b>	<b>263</b>	<b>10.684,49</b>	<b>44.834,50</b>
Lazio	276,85	7.819,54	51,7	935,66	41,53	493,8	3.385,51	-	77,62	4.123,58	17.205,78
Marche	472,61	7.063,27	302,34	1.482,52	2,81	332,21	727,93	0,2	227,87	2.271,74	12.883,51
Toscana	403,18	12.226,63	309,85	1.646,31	13,59	1.562,51	1.833,55	-	218,5	5.055,92	23.270,05
Umbria	914,7	2.147,57	983,5	1.593,49	78,14	986,59	1.116,41	-	31,17	1.697,69	9.549,24

<b>Regioni</b>	<b>Grano Tenero</b>	<b>Grano Duro</b>	<b>Farro</b>	<b>Orzo</b>	<b>Segale</b>	<b>Avena</b>	<b>Mais da granella</b>	<b>Riso</b>	<b>Altri cereali</b>	<b>Cerealicolo * indifferenziato</b>	<b>Totale Cereali</b>
<b>Centro</b>	<b>2.067,34</b>	<b>29.257,01</b>	<b>1.647,39</b>	<b>5.657,98</b>	<b>136,07</b>	<b>3.375,11</b>	<b>7.063,39</b>	<b>0,2</b>	<b>555,16</b>	<b>13.148,93</b>	<b>62.908,58</b>
Abruzzo	172,36	1.313,85	67,73	267,43	1,83	48,79	217,86	-	51,46	490,16	2.631,46
Basilicata	21,67	8.023,1	7,36	221,89	-	383,5	75,25	-	70,99	2.295,14	11.098,90
Calabria	51,91	2.404,95	-	260,18	7	309,63	37,25	-	4,88	2.604,96	5.680,76
Campania	22,48	968,44	1,8	151,87	-	385,52	149,32	-	2,98	374,13	2.056,53
Molise	9,57	1.226,45	57,96	119,99	-	71,84	125,63	-	27,23	371,66	2.010,34
Puglia	21,59	17.525,46	13,02	617,6	-	1.790,94	78,26	-	12,07	6.058,94	26.117,87
<b>Sud</b>	<b>299,58</b>	<b>31.462,25</b>	<b>147,87</b>	<b>1.638,97</b>	<b>8,83</b>	<b>2.990,22</b>	<b>683,57</b>	<b>-</b>	<b>169,61</b>	<b>12.194,99</b>	<b>49.595,87</b>
Sardegna	51,21	9.353,29	-	1.265,66	-	3.064,48	227,53	85,13	183,51	3.762,71	17.993,51
Sicilia	45,25	16.276,74	-	771,23	-	421,42	57,95	-	103,25	16.367,7	34.043,54
<b>Isole</b>	<b>96,46</b>	<b>25.630,03</b>	<b>-</b>	<b>2.036,89</b>	<b>-</b>	<b>3.485,89</b>	<b>285,48</b>	<b>85,13</b>	<b>286,76</b>	<b>20.130,41</b>	<b>52.037,05</b>
<b>Totale</b>	<b>13.197,03</b>	<b>87.703,18</b>	<b>2.346,04</b>	<b>14.903,55</b>	<b>285,15</b>	<b>10.342,24</b>	<b>15.735,53</b>	<b>7.429,94</b>	<b>1.274,53</b>	<b>56.158,82</b>	<b>209.376,00</b>

Tabella 3: Superficie, produzione e resa media nazionale frumento tenero biologico (Fonte: Ismea-Fiao, 2005).

<b>Regione</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Produzione (t)</b>	<b>Resa Media (t/ha)</b>
Emilia Romagna	6.954,10	34.771	5,00
Friuli V. G.	220,74	360	1,63
Liguria	3,03	9	3,00
Lombardia	1.280,94	4.996	3,90
Piemonte e Valle d'Aosta	884,36	3.891	4,40
Trentino A.A.	-	-	n.d.
Veneto	1.390,49	6.257	4,50
<b>Nord</b>	<b>10.733,66</b>	<b>50.284</b>	<b>3,74</b>
Lazio	276,85	858	3,10
Marche	472,61	917	1,94
Toscana	403,18	1.714	4,25
Umbria	914,7	1.738	1,90
<b>Centro</b>	<b>2.067,34</b>	<b>5.227</b>	<b>2,80</b>
Abruzzo	172,36	603	3,50
Basilicata	21,67	69	3,20
Calabria	51,91	104	2,00
Campania	22,48	-	n.d.
Molise	9,57	33	3,50
Puglia	21,59	43	2,00
<b>Sud</b>	<b>299,58</b>	<b>852</b>	<b>2,84</b>
Sardegna	51,21	-	n.d.
Sicilia	45,25	-	n.d.
<b>Isole</b>	<b>96,46</b>	<b>-</b>	<b>n.d.</b>
<b>Totale</b>	<b>13.197,03</b>	<b>56.363</b>	<b>3,13</b>

Va evidenziato che, l'agricoltura biologica nazionale, estesa su circa 1.000.000 di ettari di SAU e con numerose aziende che operano sul territorio, ha raggiunto negli ultimi anni, un notevole sviluppo (Tabella 4). Sempre in riferimento alla SAU, i cereali, dopo le colture foraggere, rappresentano il raggruppamento più importante (Ismea, 2005). Questo primato di superficie favorisce lo sviluppo dell'agricoltura biologica intesa come agricoltura di qualità, con l'obiettivo di costruire un'alleanza sempre più forte tra agricoltura e cittadino – consumatore. Ma la visione strategica per il biologico si inserisce anche nelle politiche di relazioni comunitarie ed internazionali che il nostro Paese sta attuando: la

globalizzazione caratterizza sempre più fortemente il commercio dei prodotti agroalimentari e la riforma delle Organizzazioni Comuni di Mercato sta creando un contesto che mira, sempre più chiaramente, verso un'apertura ai mercati internazionali (Ismea, 2008).

Tabella 4: Superfici biologiche e in conversione per regione italiana (ha) (Fonte: Ismea-Fiao, 2005).

<b>Regione</b>	<b>Biologico</b>	<b>Conversione</b>	<b>Totale</b>
Emilia Romagna	79.211,46	21.313,17	100.524,63
Friuli V. G.	1.912,25	1.139,60	3.051,85
Liguria	3.330,96	1.093,47	4.424,43
Lombardia	21.223,82	7.469,04	28.692,87
Piemonte e val d'Aosta	37.277,92	13.857,49	51.135,41
Trentino A.A.	8.632,81	1.707,46	10.340,27
Veneto	11.622,30	6.297,56	17.919,86
<b>Nord</b>	<b>163.211,53</b>	<b>52.877,79</b>	<b>216.089,32</b>
Lazio	35.723,76	31.564,29	67.288,05
Marche	34.935,62	11.428,68	46.364,30
Toscana	50.811,72	33.919,76	84.731,48
Umbria	12.335,19	20.344,40	32.679,60
<b>Centro</b>	<b>133.806,29</b>	<b>97.257,14</b>	<b>231.063,43</b>
Abruzzo	8.549,89	13.211,41	21.761,31
Basilicata	9.996,25	26.239,17	36.235,42
Calabria	42.221,19	8.696,00	50.917,19
Campania	10.801,06	4.480,04	15.281,10
Molise	4.436,75	2.019,46	6.456,20
Puglia	83.374,14	8.958,65	92.332,79
<b>Sud</b>	<b>159.379,28</b>	<b>63.604,73</b>	<b>222.984,00</b>
Sardegna	146.669,49	46.814,92	193.484,41
Sicilia	148.792,41	39.587,43	188.379,84
<b>Isole</b>	<b>295.461,90</b>	<b>86.402,35</b>	<b>381.864,25</b>
<b>Totale</b>	<b>751.859,00</b>	<b>300.142,00</b>	<b>1.052.001,00</b>

## 1.2. Il frumento biologico

L'IFOAM (2010) così definisce l'agricoltura biologica: *"Tutti i sistemi agricoli che promuovono la produzione di alimenti e fibre in modo sano socialmente, economicamente e dal punto di vista ambientale. Questi sistemi hanno come base della capacità produttiva la fertilità intrinseca del suolo e, nel rispetto della natura delle piante degli animali e del paesaggio, ottimizzano tutti questi fattori interdipendenti. L'agricoltura biologica riduce drasticamente l'impiego di input esterni attraverso l'esclusione di fertilizzanti, pesticidi e medicinali chimici di sintesi. Al contrario, utilizza la forza delle leggi naturali per aumentare le rese e la resistenza alle malattie"*.

Dalla definizione sopra riportata si constata che la differenza sostanziale tra agricoltura convenzionale e biologica consiste nel livello di energia ausiliaria introdotto nell'agroecosistema.

La prima, infatti, prevede un metodo di coltivazione generalmente intensivo che utilizza prodotti chimici per la fertilizzazione e la difesa delle piante; ciò può comportare il ritrovamento di residui nei prodotti (che devono comunque essere sotto i limiti di legge) e problemi ambientali legati ad alcune pratiche quali la monocoltura, l'impiego continuativo dello stesso principio attivo, ecc. Tuttavia, attualmente, anche l'agricoltura convenzionale si muove verso un modello di produzione a basso impatto ambientale (sostituzione di sostanze chimiche ma anche ripristino e conservazione della fertilità fisica, chimica, biologica e la salvaguardia della biodiversità e delle varie forme di vita presenti nel campo coltivato). Al contrario, invece, l'agricoltura biologica, pur essendo in parte basata su energia ausiliare proveniente dall'industria estrattiva e meccanica, reimpiega la materia principalmente sotto forma organica (IFOAM, 2010).

Grazie alla ricerca ed informazione sulle tecniche aggiornate dell'agricoltura biologica e in particolare, per quanto riguarda la granicoltura, sulle varietà di frumento tenero che meglio rispondono alle esigenze del settore in termini di produttività, stabilità delle rese e soddisfacenti caratteristiche qualitative e tecnologiche della granella, è possibile contribuire alla realizzazione di filiere

agricole sempre più in grado di soddisfare in termini di rese le esigenze dei trasformatori, rispettando l'ambiente (Boggini, 2007).

Produrre biologico vuol dire contribuire a sensibilizzare operatori e collettività verso la tutela e il mantenimento delle risorse naturali come acqua, suolo, aria, e verso il rispetto dei cicli naturali, degli animali e della conservazione della biodiversità. È difficile ipotizzare quale potrà essere lo sviluppo futuro del mercato dei prodotti biologici, risulta però chiara l'esigenza di innovazioni che possano sostenere i processi produttivi e di una sempre maggiore integrazione di filiera che porti ad una corretta informazione e valorizzazione del prodotto con il vantaggio insito della tutela del territorio (CRA, 2007).

Con l'esigenza, quindi, di valutare tale veridicità l'utilizzo della metodologia LCA si presta come un valido strumento di verifica.

### **1.3. La valutazione ambientale del ciclo di vita del prodotto**

La metodologia LCA consente di quantificare i danni ambientali causati da prodotti, processi o servizi. "Tale procedura serve per la comparazione degli effetti ambientali di due o più prodotti diversi, di gruppi di prodotti, di sistemi, di procedure o di comportamenti, aiuta nell'individuazione dei punti deboli e nel miglioramento delle proprietà ambientali dei prodotti, nel confronto tra diverse modalità di comportamento, nonché fornisce le motivazioni alla base di svariate raccomandazioni che vengono normalmente fatte" (GFEA, 1992). In origine, lo strumento LCA era stato sviluppato con lo scopo di determinare la durata massima della vita di un prodotto (Curran, 2000); i primi sistemi di analisi comparativa, per lo più orientati alla valutazione dei contenitori per le bevande, hanno fatto il loro debutto attorno agli anni '70 negli Stati Uniti e in Germania. Tematiche quali la scelta delle materie prime, la richiesta di energia, il problema delle emissioni e lo smaltimento dei rifiuti erano già allora molto importanti e sono state quindi introdotte all'interno del bilancio complessivo dell'analisi del ciclo di vita di un prodotto. A quel tempo, erano già stati intrapresi i primi passi per valutare determinati flussi di materiale con un occhio di riguardo ai loro effetti ambientali: il profondo significato di queste procedure, tuttavia, non è stato subito colto e non c'è stato alcuno sviluppo in questo senso prima degli



anni '80 (GFEA, 1992). Dopo anni di studi, dal 1997 è disponibile un protocollo molto dettagliato e largamente riconosciuto per la LCA, normato dalla (ISO, 2006a); allo stesso tempo, è stato raggiunto un ampio consenso circa la definizione precisa delle parti individuali del metodo grazie a notevoli sforzi volti alla standardizzazione a livello internazionale (ISO, 1998).

A livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA, come strumento di base e scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi, è espressa chiaramente all'interno del Libro Verde (Commission of the European Communities, 2001) e della COM 302 (Commission of the European Communities, 2003) sulla Politica Integrata dei Prodotti.

### **1.3.1 L'analisi LCA**

La valutazione del ciclo di vita (LCA) rappresenta un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime a fine vita (Boustead, 1996). La rilevanza di tale tecnica, in forte espansione a livello nazionale e internazionale, risiede principalmente nel suo approccio innovativo che consiste nel valutare tutte le fasi di un processo produttivo come correlate e dipendenti. Si tratta di uno strumento olistico ed integrato, il cui principale vantaggio è di fornire un quadro globale della prestazione ambientale di un prodotto. A livello internazionale la metodologia LCA è standardizzata in ambito ISO e regolata dalle norme tecniche ISO della serie 14040: 2006a e 14044: 2006b in base alle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita prevede (Figura 1):

1. la definizione di ambito ed obiettivo (*Goal and Scope*) (ISO, 1998);
2. l'analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory*) (ISO, 1998);
3. la stima degli impatti (*Life Cycle Assessment*) (ISO, 2000a);
4. l'interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation and Improvement*) (ISO, 2000b).

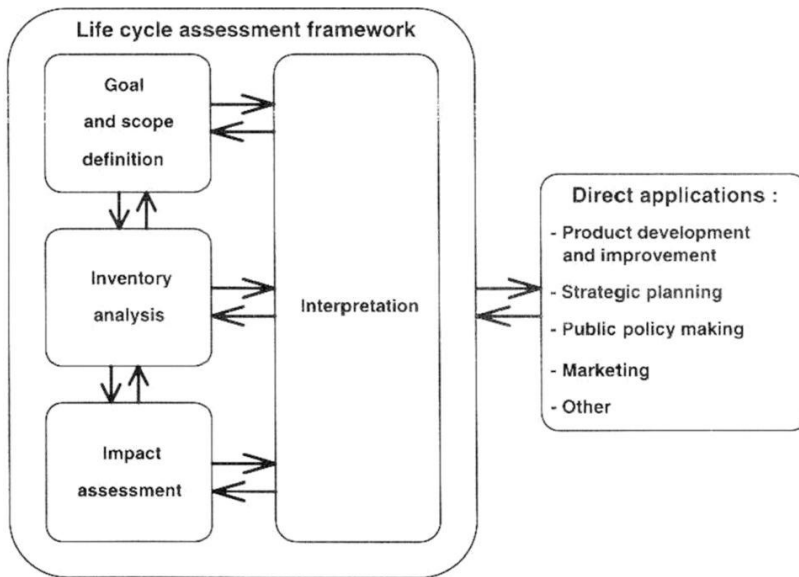


Figura 1. Fasi della LCA.

### 1.3.2 Metodologia LCA

#### 1. *Goal and Scope*

La definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio deve essere chiara e coerente. È un passaggio cruciale, in quanto è la fase in cui vengono prese le decisioni più importanti riguardanti:

- le scelte metodologiche;
- le finalità e lo scopo dell'analisi (motivazioni per le quali è condotto lo studio e la tipologia di pubblico a cui è destinato - ISO, 2006a);
- i confini del sistema, spesso rappresentati con diagrammi utili per facilitare la comprensione e delimitare il livello di approfondimento dello studio;
- l'unità funzionale, che permette di quantificare il processo e rappresenta l'unità di riferimento per la valutazione dei flussi in entrata ed uscita.

Va precisato che LCA è un processo iterativo, ciò significa che il percorso iniziato con determinati requisiti può subire modificazioni in seguito all'acquisizione di nuove assunzioni (Goedkoop *et al.*,2008).

#### 2. *Life Cycle Inventory*

Nell'analisi dell'inventario, i flussi di materiale ed energia vengono annotati minuziosamente, prendendo in considerazione l'intera vita del sistema/processo/prodotto in esame; sono, quindi, determinati sulla base delle entrate e delle uscite di ciascun processo parziale, in relazione ai confini del

sistema (ISO, 1998). Successivamente, connettendo tra loro i vari passaggi analizzati, si riesce a simulare la rete di connessioni che intercorrono tra i moduli e l'ambiente: in questo modo si possono tracciare i bilanci di massa e di energia, che diventano l'inventario vero e proprio del sistema complessivo. Generalmente, per la compilazione del *Life Cycle Inventory* ci si avvale dell'utilizzo di *software* e specifici *database*.

I dati misurati stimati ed elaborati si distinguono in due tipologie:

1. *Foreground Data*: sono dati che derivano da ricerche e studi. Sono importanti fonti di informazione talvolta arricchite e rilevate attraverso l'uso di questionari mirati.

2. *Background Data*: sono dati non rilevati o non rilevabili direttamente dall'utente. Sono oggi presenti sul mercato diversi software che tramite l'utilizzo di specifici database, consentono di compilare la fase di inventario ricreando il processo principale con tutti i processi parziali, attribuendo ad ognuno i flussi di materiali in ingresso e in uscita; tali database contengono informazioni relative a migliaia di processi di diversi settori produttivi (Goedkoop *et al.*,2008).

### **3. Life Cycle Assessment**

L'obiettivo della stima dell'impatto ambientale è la valutazione (secondo precisi parametri ambientali) dei flussi di materiale e di energia calcolati durante l'analisi dell'inventario: tale fase, quindi, serve per riconoscere, riassumere e quantificare i possibili effetti ambientali dei sistemi esaminati, nonché, per fornire informazioni essenziali intese alla loro valutazione. In sostanza si quantificano le quote di pertinenza di ogni singolo processo al danno ambientale complessivo (ISO, 2000a).

### **4. Life Cycle Interpretation and Improvement**

L'obiettivo della fase di interpretazione è l'analisi dei risultati ottenuti. E' la spiegazione del significato che essi assumono e delle restrizioni che pongono. I fatti essenziali, basati sui risultati dell'inventario e sulla stima dell'impatto ambientale, devono essere determinati e verificati in merito alla loro completezza, sensibilità e consistenza. Le assunzioni fatte nella fase di definizione dell'obiettivo e dell'ambito dell'analisi, devono essere richiamate in questo passaggio: solo sulla base di questi presupposti, infatti, è possibile trarre delle conclusioni e fornire delle raccomandazioni (ISO, 2000b).

Secondo il protocollo descritto dalla (ISO, 2006a), punto cruciale dell'analisi sembra essere la scelta dei confini del sistema che può modificare in modo sostanziale l'esito della valutazione (Tillman *et al.*, 1994; Schmidt, 2008).

A partire dai primi anni del 2000 all'idea originaria di LCA, che doveva servire a descrivere gli impatti ambientali relativi ad una specifica attività umana, si affianca un nuovo approccio, volto a verificare le conseguenze che possono derivare da una specifica attività umana. Nascono, così, le definizioni di ALCA e CLCA, rispettivamente *Attributional LCA* e *Consequential LCA* (Weidema, 2003).

### 1.3.3 ALCA e CLCA

Nella valutazione del ciclo di vita di un processo o prodotto possono essere utilizzati due approcci distinti, che definiscono due diversi tipi di LCA (Weidema, 2003):

- *Attributional LCA*, che mira a descrivere le caratteristiche del ciclo di vita di un prodotto e dei suoi sottosistemi, ed i relativi carichi ambientali;
- *Consequential LCA*, che mira a descrivere gli effetti ed i cambiamenti ambientali, a seguito di una modifica nella produzione del ciclo di vita di un prodotto e dei suoi sottosistemi, ed i relativi carichi ambientali.

L'approccio dell'analisi cambia a seconda della tipologia utilizzata. Di seguito nella tabella 5 vengono riportate le sostanziali differenze (Brander *et al.*, 2009):

Tabella 5: Differenze tra ALCA e CLCA.

Differenze	Attributional LCA	Consequential LCA
<b>Domanda alla quale il metodo mira a dare una risposta</b>	Quali sono le emissioni totali dei processi e i flussi di materiali direttamente utilizzati?	Qual è la variazione del totale delle emissioni a seguito di una modifica marginale nella produzione (consumo e smaltimento) di un prodotto?
<b>Applicazione</b>	E' applicabile per la comprensione delle emissioni direttamente associate al ciclo di vita (consumo) di un prodotto.  E' appropriato per la contabilità delle emissioni da un consumo di base.	E' applicabile per informare i consumatori e i responsabili delle politiche sul cambiamento totale delle emissioni.  E' un approccio adeguato per quantificare la variazione delle emissioni derivanti dalle politiche che modificano la produzione di alcuni prodotti.

<b>Sistema di confine</b>	I processi e i flussi di materiali direttamente utilizzati nella produzione, il consumo e lo smaltimento del prodotto.	Tutti i processi e i flussi di materiali che sono direttamente o indirettamente interessati da un marginale cambiamento nella produzione di un prodotto.
<b>Contabilità delle emissioni assolute</b>	Emissioni assegnate ad un solo prodotto.	Doppia contabilizzazione delle emissioni, dovuta al ramificarsi dei diversi scenari che risultano e che potrebbero sovrapporsi.
<b>Media di dati marginali</b>	Tende ad utilizzare i dati medi.	Tende ad utilizzare i dati marginali.
<b>Effetti sul mercato</b>	Non considera gli effetti della produzione e il consumo del prodotto nel mercato.	Mira a considerarli.
<b>Metodi di assegnazione</b>	Alloca le emissioni di co-prodotti basati sul contenuto energetico o di massa.	Utilizza l'espansione del sistema per quantificare l'effetto dei co-prodotti in materia di emissioni.
<b>Effetti indiretti del mercato</b>	Non include effetti indiretti.	Dovrebbe includere tutti gli effetti indiretti, come ad esempio, l'impatto delle interazioni di altre attività sull'efficienza della produzione di altri prodotti.
<b>Scale temporali e mezzi con i quali è promosso il cambiamento ed entità del cambiamento</b>	Mira ad attribuire le emissioni di un livello di produzione, ad un determinato prodotto in un dato momento.	Mira a quantificare la variazione delle emissioni che derivano da un cambiamento della produzione. E' necessario specificare il lasso di tempo del cambiamento, il mezzo che lo determina e l'entità.
<b>Incertezza</b>	E' bassa perché le relazioni tra gli ingressi e le uscite sono in genere stechiometrici.	Il valore è quasi sempre altamente incerto perché si basa su modelli che cercano di rappresentare complessi sistemi socio-economici che includono cicli casuali e di retroazione degli elementi.

Secondo Weidema (2003), l'ALCA può essere utilizzato come introduzione pedagogica ad uno studio del ciclo di vita, per la sua facile comprensione; esso può, infatti, servire ad evidenziare i processi e le relazioni più importanti che governano un sistema produttivo. In linea generale l'approccio ALCA si utilizza per descrivere un processo e per analizzare lo stesso, qualora si consideri che da esso non dipendono particolari cambiamenti del sistema. La CLCA, sembra invece essere più adatta per la gestione dell'espansione dei sistemi, in quanto, possono essere esclusi dall'analisi tutti quei dati che non sono soggetti a

variazione (Weidema, 2003). La CLCA sembra inoltre essere uno strumento più adatto a fornire informazioni per orientare le scelte politiche dato che meglio evidenzia le conseguenze ed i cambiamenti (Weidema, 2003).

#### 1.3.4 Applicazione dell'LCA

Per lo sviluppo dell'analisi LCA il mercato mondiale offre numerosi supporti software, che consentono di produrre dei modelli d'impatto. Il più diffuso al mondo è SimaPro (Goedkoop *et al.*, 2008). Questo software opera suddividendo l'analisi in due grandi filoni: l'inventario dei consumi (energia, acqua, materie prime) e le emissioni (in aria, acqua e suolo), a loro volta aggregati in base al comparto (aria, acqua, suolo) su cui agisce l'impatto stesso.

Creato da PRé (*Product Ecology Consultants*), SimaPro è un codice di calcolo compatibile con Microsoft Windows, dotato di database che possono venire modificati e/o ampliati dall'utente finale.

In base al tipo di studio e di risultati che si vogliono ottenere esistono diversi metodi di analisi. I metodi proposti da SimaPro sono suddivisi in: Europei, Nord Americani, a Punteggio Singolo, Sostitutivi e Altri (Hischier *et al.*, 2010).

Tra quelli europei si trovano i metodi CML, Ecological scarcity, ReCiPe, EDIP, EDP, EDS, Impact 2000+, Eco-Indicator.

Il metodo Ecoindicator 99, esprime gli impatti in 11 categorie di danno, che vengono di seguito riportate raggruppate in 3 sottocategorie:

1. Salute umana (*Human Health*), impatto espresso in DALY (disabilità o anni medi di vita persi per anno):
  - a. sostanze carcinogeniche,
  - b. composti organici volatili,
  - c. composti inorganici volatili,
  - d. sostanze ad effetto serra,
  - e. riduzione dello strato di ozono,
  - f. radiazioni ionizzanti.
2. Qualità dell'ecosistema, (*Ecosystem Quality*), espressi in PDF\*m<sup>2</sup>yr (numero di specie animali e vegetali a rischio di estinzione per m<sup>2</sup> per anno) :
  - a. acidificazione/eutrofizzazione,
  - b. ecotossicità,

- c. uso del suolo.
3. Consumo delle risorse (Resources), impatto espresso in MJ surplus (energia necessaria per l'estrazione della risorsa in funzione dell'abbondanza della stessa):
- a. sostanze di origine minerale,
  - b. consumo carburanti fossili.

Tra i database proposti da SimaPro, la scelta del database Ecoinvent v2.2 è stata dettata dalla completezza di informazioni che questo database fornisce. Il suo contenuto è al momento da ritenersi uno dei più completi relativamente al settore agricolo e questo è, appunto, il settore interessato al presente lavoro di tesi.

### **1.3.5 Alcuni Limiti dell'LCA**

La metodologia LCA presenta alcune limitazioni che è bene considerare per poterne fare un uso il più corretto possibile. Le più significative riguardano:

- a) soggettività nella scelta delle fonti dei dati, nell'individuazione dei confini del sistema, e nell'interpretazione dei risultati finali; dovuti alla diversa ricerca, disponibilità e accessibilità dei dati iniziali;
- b) assenza della dimensione spazio-temporale dove poter collocare ed eventualmente ripartire i diversi tipi di impatto;
- c) il focalizzare l'attenzione sugli aspetti ambientali del prodotto senza considerare altri ambiti, come ad esempio, quello sociale o economico del prodotto stesso;
- d) l'obsolescenza dei dati con cui si analizzano gli studi. Nonostante i database siano sviluppati in diversi paesi e secondo standard comuni, spesso i dati sono incompleti (Ekvall, 2002). Inoltre, nel contesto italiano non esiste una banca dati ufficiale per cui diventa necessario far riferimento a banche dati straniere con inevitabili approssimazioni dovute alla verifica di trasferibilità dei dati nel nostro contesto (Bona *et al.*, 2008).

Il metodo LCA, pur presentando alcuni limiti, connessi con la soggettività dei criteri di caratterizzazione e valutazione utilizzati, con i dovuti accorgimenti preventivi e tramite un utilizzo critico, può essere ritenuto efficace al fine di ottenere una quantificazione attendibile del danno ambientale arrecato dalle attività produttive e della ripartizione di tale danno tra i diversi processi nei quali

ogni attività può essere scomposta. Nel presente lavoro di tesi è stato molto interessante utilizzare lo studio LCA perché ha contribuito ad approfondire la mia visione personale e ad accrescere la necessità di rapportarmi con curiosità ed interesse ad ogni stimolo culturale e di conoscenza, non solo nel contesto della produzione agricola del frumento tenero che ho voluto analizzare.



## 2. Scopo del Lavoro

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di valutare se la produzione del frumento tenero biologico sia ambientalmente più vantaggiosa della medesima produzione in convenzionale. È inoltre stato studiato il significato della conversione di un terreno da convenzionale a biologico in termini di sviluppi della commercializzazione dei prodotti che presentano una non perfetta sostituibilità e quindi possono avere mercati diversi. Inoltre è stata valutata anche la diminuzione di resa, tipica di coltivazioni biologiche rispetto alle corrispondenti convenzionali.

Per questo obiettivo, quindi, è stato ipotizzato un caso studio relativo alla produzione di grano tenero, sul quale applicare la metodologia LCA come strumento utile alla valutazione degli impatti ambientali dei differenti processi produttivi. Una prima analisi ha riguardato un raffronto, in termini di costi ambientali, tra tecniche di produzione del frumento tenero in convenzionale e del frumento tenero in biologico, secondo la metodica “*Attributional LCA*”.

La conversione produttiva da convenzionale a biologico ha però aperto una serie di interrogativi a cui si è cercato di dare risposta utilizzando la metodica “*Consequential LCA*”. In questo modo sono stati scelti e studiati 5 possibili scenari, che potrebbero derivare come conseguenza della conversione colturale. Il primo scenario ha previsto la completa “sostituibilità” del frumento in convenzionale con quello in biologico; mentre gli altri quattro scenari sono stati creati considerando che la produzione di frumento biologico non possa essere sostituibile a quella convenzionale, ma che il prodotto sia a tutti gli effetti un “prodotto nuovo”. Per la verifica e valutazione finale della soluzione meno impattante, i risultati ottenuti dai 4 scenari derivati dalla “non sostituibilità”, sono stati dapprima comparati e poi confrontati con quelli ottenuti dalla tipologia della coltivazione convenzionale.



### 3. Materiali e metodi

Come descritto da Weidema (2003), l'analisi CLCA è stata preceduta da una analisi ALCA, che ha avuto la funzione principale di "fotografare" la situazione e i differenti impatti ambientali imputabili alla coltivazione del frumento in convenzionale ed in biologico. Il nucleo centrale della metodologia proposta è stato un albero decisionale che ha guidato all'identificazione dei processi coinvolti, sia nella ALCA che nella CLCA. L'applicazione delle metodologie è stata illustrata con un ipotetico caso studio che ha riguardato uno screening LCA sulla produzione di grano tenero (Figura 2).

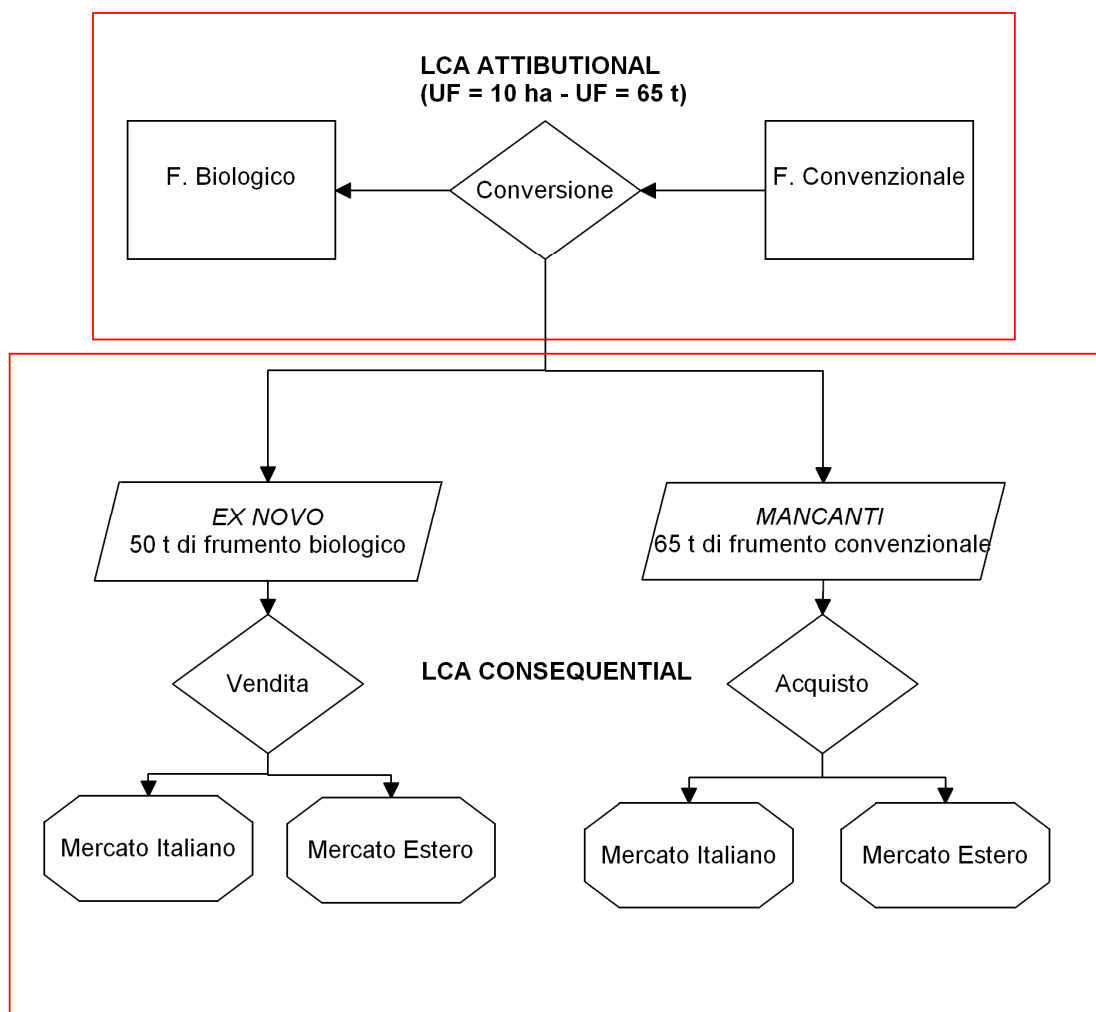


Figura 2. Diagramma di flusso: nel primo riquadro è schematizzata la conversione da frumento convenzionale a biologico; nel riquadro più in basso i possibili scenari derivati dalla conversione.

Per quanto concerne la ALCA, sono state raffrontate le pratiche agricole utilizzate in convenzionale e quelle utilizzate in biologico; mentre per quanto ha

riguardato la CLCA, sviluppata dallo studio iniziale della ALCA, sono stati scelti ed analizzati 4 scenari diversi, derivati come conseguenza della conversione da convenzionale a biologico.

### **3.1. Fase di elaborazione**

Lo sviluppo dell'elaborazione LCA ha seguito la metodica proposta nella famiglia delle (ISO, 2006a; ISO, 2000a ) (vedi cap. 1.3.1):

- ✓ *Goal and Scope;*
- ✓ *Life Cycle Inventory;*
- ✓ *Life Cycle Assessment;*
- ✓ *Life Cycle Interpretation and Improvement.*

### **3.2. ALCA**

#### **3.2.1 ALCA: Goal and Scope**

Per la valutazione dell'ALCA e la quantificazione dell'impatto ambientale, sono stati considerati e raffrontati due sistemi produttivi di frumento tenero: uno biologico e uno convenzionale. I confini del sistema sono stati individuati nell'intera fase di campo (dall'acquisto della semente alla raccolta della granella) compresi i trasporti interni all'azienda stessa e da questa ai magazzini di conferimento e stoccaggio della granella.

Lo scopo è stato quello di descrivere un'azienda "tipo" per poter identificare in modo chiaro le tecniche agronomiche che intervengono all'interno di una produzione cerealicola.

Per elaborare i dati ed esprimere gli impatti ambientali è stato scelto di utilizzare due unità funzionali: "10 ha" di superficie aziendale e la resa produttiva del frumento convenzionale "65 t".

La valutazione "UF = 10 ha" ha considerato i processi ed i mezzi produttivi in convenzionale ed in biologico riferiti ai 10 ha (es. quantità di semente impiegata sui 10 ha, resa/10 ha, etc); per l'analisi LCA con "UF = 65 t" i dati raccolti per il convenzionale sono stati i medesimi di "UF = 10 ha", mentre per il biologico è stato necessario calcolare gli input necessari per colmare la differenza

produttiva di 15 t (resa definita in 50 t/10 ha). A tal fine è stato ipotizzato un aumento di superficie a biologico pari a 3 ha (resa del biologico: 5 t/ha). In tal modo il raffronto è stato eseguito confrontando gli impatti ambientali relativi al processo produttivo di 65 t di frumento convenzionale con quelli relativi alla medesima quantità di granella biologica.

### **3.2.2 ALCA: Life Cycle Inventory**

La fase di *Inventory* consta dell'elenco e della descrizione di tutti i parametri, flussi e processi consistenti nel confine del sistema.

#### **1. Descrizione aziendale**

##### Ubicazione e territorio

Per poter concretizzare lo studio, è stata descritta un'azienda ad indirizzo cerealicolo, rappresentativa della "media" della realtà agricola locale. È stato ipotizzato che il corpo aziendale fosse interamente ubicato nel comune di Legnaro (PD). L'estensione del territorio comunale è di 14,89 km<sup>2</sup>, e presenta una morfologia pianeggiante con un'altitudine di 8 m s.l.m., quote variabili si attestano con un min 5 m - e max 15 m s.l.m. (Istat, 2010).

Il comprensorio in cui è stata inserita l'azienda, la Regione Padana settentrionale, presenta un clima di tipo continentale, con piovosità media di 800-1000 mm annui. Le piogge cadono prevalentemente durante l'autunno e la primavera ma non sono infrequenti precipitazioni invernali ed estive (a Padova, ad esempio, si registra mediamente, nei mesi di luglio e agosto, una piovosità complessiva di circa 150 mm con carattere spesso temporalesco). La temperatura media annuale è di 12 °C, con escursioni medie di 18-20 °C; le escursioni giornaliere non sono molto forti con temperature estive medie giornaliere di 20 °C e, nei mesi più freddi -1 ÷ +1 °C, le minime assolute possono eccezionalmente scendere sotto i -15 °C (Giardini, 2004).

L'ordinamento colturale prevalente della zona è cerealicolo, ma con forte presenza di complessi di serre e vivai per la produzione florovivaistica.

##### Situazione fondiaria

E' stato ipotizzato che l'azienda disponesse di una superficie agricola interamente pianeggiante ed accorpata di 12 ha e che i terreni aziendali fossero ubicati vicino alla sede legale e amministrativa, con una distanza media interna di 0,5 km. È stata considerata una S.A.U. di 10 ha con produzione di frumento

tenero in convenzionale. E' stato presupposto che il terreno fosse sciolto, di medio impasto, con una buona dotazione di sostanza organica, mentre l'esposizione prevalente è stata considerata a sud/sud-est.

## 2. Inventario

Di seguito, nelle tabelle 6 e 7 sono riportati i dati utilizzati per l'inventario rispettivamente per il convenzionale e per il biologico.

In generale la cerealicoltura biologica presenta tecniche colturali differenti da quella convenzionale. Per quanto riguarda le lavorazioni preparatorie del terreno (tabelle 6 e 7), che hanno lo scopo di creare migliori condizioni di abitabilità per la coltura e di preparare un appropriato letto di semina, sono state considerate un'aratura di 20-25 cm di profondità, seguita da un affinamento leggero con erpice a dischi e fresatura (Bonciarelli, 1998).

Tabella 6: Descrizione degli input e relative quantità riferiti alla coltivazione di 10 ettari di frumento in convenzionale (\*= Pioneer, 2010; \*\* = Bonciarelli, 1998; \*\*\* = Rapparini et al, 2010).

<b>TECNICHE COLTURALI</b>	<b>VOCI INPUT</b>	<b>UNITA'</b>	<b>UNITÀ DI MISURA</b>
	durata ciclo vegetativo *	270	giorni
Lavorazioni	aratura 20-25 cm **	10	ha
	erpatura leggera con erpice a dischi **	10	ha
	Fresatura **	10	ha
	pressatura con rulli **	10	ha
	Sarchiatura **	10	ha
	Mietitrebbiatura **	10	ha
Produzione granella	resa media *	65	t
Semina	quantità semente *	1800	kg
Concimazione	nitrato d'ammonio (in copertura) *	1200	kg
	urea (levata+botticella) *	2600	kg
	perfosfato triplo (semina) *	1700	kg
Trattamenti diserbo	pendimetalin ***	20	kg
	quantitativo di acqua per diluizione ***	3000	l
Difesa antiparassitaria	trattamento generico ***	1	
	trattamento antifungino (paesi europei) ***	1	
Trasporti az/consorzio	quantità semente e altri input	16	km
	granella prodotta (3 A e 3 R)	48	km
	trattore+rimorchio per mietitrebb da 40 m <sup>3</sup>	4	km
Trasporti interni az	da azienda a terreno	0,5	km

Tabella 7: Descrizione degli input e relative quantità riferiti alla coltivazione di 10 ettari di frumento in biologico (\*= Pioneer, 2010; \*\* = Bonciarelli, 1998).

<b>TECNICHE COLTURALI</b>	<b>VOCI INPUT</b>	<b>UNITA'</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>
	durata ciclo vegetativo *	270	giorni
Lavorazioni	aratura 20-25 cm **	10	ha
	epicatura leggera con erpice a dischi **	10	ha
	fresatura **	10	ha
	pressatura con rulli **	10	ha
	sarchiatura **	10	ha
	strigliatura **	10	ha
	mietitrebbiatura **	10	ha
Produzione granella	resa media *	50	t
Semina	quantita' semente *	2000	kg
Fertilizzazione	sovescio **	10	ha
Trasporti az/consorzio	quantita' semente e altri input	40	km
	granella prodotta (2 A e 2 R)	80	km
	trattore+rimorchio per mietitreb da 40 m <sup>3</sup>	3	km
Trasporti interni az	da azienda a terreno	0,5	km

La scelta di semente idonea sia dal punto di vista genetico (varietà) che agronomico (purezza, germinabilità) è fondamentale (Bonciarelli, 1998). E' necessario pertanto che le varietà utilizzate siano produttive e, in particolare per il biologico, devono essere rustiche, competitive con le infestanti, resistenti o tolleranti alle principali fitopatie e presentare determinate caratteristiche qualitative in funzione dell'utilizzo. Per rispondere alle complesse richieste dell'industria di prima e seconda trasformazione, dal punto di vista merceologico si utilizza la stessa classificazione sia per il frumento ottenuto in agricoltura convenzionale che per il grano biologico, che quindi viene differenziato, secondo la destinazione d'uso, in cinque classi qualitative: frumento di forza (FF), frumento panificabile superiore (FPS), frumento panificabile (FP), frumento da biscotto (FB) e frumento per altri usi (FAU) (CRA, 2007).

Sperimentazioni confermano che le varietà di più recente costituzione si adattano molto bene alla coltivazione biologica e sono in grado di raggiungere livelli produttivi paragonabili a quelli che si realizzano in agricoltura convenzionale. I buoni livelli produttivi sono associati a livelli qualitativi decisamente interessanti se vengono adottate le più corrette tecniche

agronomiche, specialmente quelle che tendono ad incrementare la disponibilità di elementi nutritivi, in particolare azoto, nelle fasi di massima richiesta da parte della coltura (CRA, 2007).

La distribuzione del seme va considerata eseguita con macchina seminatrice a righe, universalmente usata per la regolarità di profondità d'interramento e l'economia di semente che consente (Bonciarelli, 1998).

Per il convenzionale la concimazione è stata calcolata sulla base delle asportazioni medie della coltura e dei concimi più diffusi (Bonciarelli,1998); è stato ipotizzato, invece, in biologico, l'inserimento di un sovescio come precessione per la coltivazione (Tabelle 6 e 7).

Il controllo delle erbe infestanti e fitoparassitario (Tabelle 6 e 7) è stato effettuato impiegando esclusivamente prodotti e tecniche ammessi dal disciplinare di produzione biologica, mentre per il convenzionale è stato fatto riferimento ai disciplinari produttivi (CRA, 2007).

Per quanto riguarda il reperimento degli input e il conferimento della granella prodotta, è stato definito che il centro di acquisto/raccolta fosse a 8 km dalla sede aziendale, per il convenzionale (consorzio agrario) (Tabella 6), e a 20 km per il biologico (centro di stoccaggio) (tabella 7).

### **3.2.3 ALCA: Life Cycle Assessment**

Attraverso i flussi di materiale ed energia, esaminati nell'analisi dell'inventario, è stato calcolato il potenziale impatto ambientale provocato dal sistema in esame. I dati sono stati elaborati in ambiente SimaPro 7.2.4, utilizzando dati di foreground e solo dove necessario dati di background.

Nell'analisi di inventario le schede di valutazione ambientale, per quanto riguarda le emissioni, sono state calcolate secondo gli algoritmi proposti da Nemecek e Kägi (2007).

L'analisi dell'impatto ambientale è stata calcolata con il metodo Ecoindicator 99H/A (Hischier et al., 2010).



### **3.3. CLCA**

#### **3.3.1 CLCA: Goal and Scope**

Attraverso l'utilizzo della CLCA è stata approfondita l'analisi dei diversi scenari che si sono aperti a seguito della conversione da frumento convenzionale a frumento biologico. A differenza della ALCA, il sistema è stato confinato ai soli processi, flussi e materiali relativi ai trasporti legati alle commercializzazioni nazionali e alle importazioni ed esportazioni mondiali. Il sistema ha quindi preso in esame la fase di conversione da convenzionale a biologico in Italia e i flussi commerciali da essa derivati.

La definizione dell'unità funzionale, necessaria alla valutazione dei flussi in entrata ed uscita, è stata indicata in "resa in convenzionale", pertanto tutti i trasporti sono stati riferiti alla resa del frumento convenzionale (65 t di granella). Gli scenari rappresentano alcune delle possibili evoluzioni del sistema dopo la conversione della produzione da convenzionale a biologico.

#### **3.3.2 CLCA: Life Cycle Inventory**

S2. scenario "non sostituibilità". In questo scenario l'ipotesi di base era che i due frumenti (biologico e convenzionale), non fossero tra loro sostituibili. Conseguenza diretta di questo è stata che, la conversione dei 10 ha aziendali da convenzionale a biologico, ha portato ad una mancanza di 65 t di frumento convenzionale e ad una produzione *ex novo* di 50 t di frumento biologico. Diversi, quindi, sono risultati i flussi di entrata ed uscita delle tonnellate.

In questo lavoro di tesi, tra tutti i sottoscenari conseguenti dall'ipotesi dello scenario 2, ne sono stati analizzati 4: commercio nazionale o esportazione mondiale delle 50 t di frumento in biologico; commercio nazionale o importazione mondiale delle 65 t di frumento in convenzionale. La combinazione di queste 4 opzioni ha portato allo sviluppo ed all'analisi degli scenari di seguito descritti.

## S2A: commercializzazione nazionale del frumento biologico e reperimento nazionale del frumento convenzionale.

Per quanto riguarda il reperimento nel territorio nazionale del frumento tenero in convenzionale è stato deciso di considerare solamente le regioni appartenenti al nord Italia. È stato quindi calcolato il “km medio” (Tabella 8) percorso dalle tonnellate di prodotto convenzionale per raggiungere il centro di stoccaggio ipotizzato nell’ALCA (Tabella 6).

Tabella 8: Produzione regionale di frumento tenero in convenzionale e relativa offerta riferita alle 65 t di granella da conferire in località Legnaro (Fonte: Agrit, 2008). Distanza dalla piazza di riferimento al centro di conferimento di Legnaro (km medi percorsi) (Fonte: Google maps, 2010).

Regione	Produzione regionale (t)	Produzione nord italia (%)	Offerta regionale (t)	Distanza da Legnaro (km)
EMILIA ROMAGNA	1.410.628,0	42,69	27,75	120
VENETO	792.037,5	23,97	15,58	85
PIEMONTE	563.856,6	17,07	11,10	420
LOMBARDIA	458.820,2	13,89	9,03	250
FRIULI V.G.	77.926,3	2,36	1,53	155
LIGURIA	698,1	0,02	0,01	381
	3.303.966,7	100	65	

Per quanto riguarda, invece, la commercializzazione del frumento biologico prodotto *ex novo*, sono state considerate interessate solamente le regioni che avevano una produzione media interna inferiore all’1% sulla produzione media nazionale (Tabella 9).

Tabella 9: Produzione regionale di frumento tenero in biologico e relativo “deficit” riferito alle 50 t di granella prodotte in località Legnaro (Fonte: Ismea – FIAO, 2003). Distanza da Legnaro alla relativa piazza di riferimento (km medi percorsi) (Fonte: Google maps, 2010).

Regione	Produzione regionale (t)	Deficit produttivo (%)	Richiesta regionale (t)	Distanza da Legnaro (km)
TRENTINO ALTO ADIGE	0,00	1 E-12	29,11	160
CAMPANIA	0,00	0,00	5,58	740
LIGURIA	9,00	1,46	8,41	381
MOLISE	33,50	5,42	3,48	650
PUGLIA	43,00	6,95	2,71	894
BASILICATA	69,00	11,16	0,73	880
CALABRIA	104,00	16,81	0,00	1.121
FRIULI V.G.	360,00	58,21	0,00	155
	618,50	100	50	

## **S2B: commercializzazione nazionale del frumento biologico e importazione del frumento convenzionale.**

Per i dati relativi al frumento biologico è stato fatto riferimento a quanto già descritto per lo scenario S2A. Per stabilire i principali mercati che interessano l'importazione del frumento convenzionale, sono state utilizzate informazioni fornite dal Dipartimento TESAF dell'Università di Padova. Tra gli Stati esportatori verso l'Italia, sono stati considerati solo quelli da cui l'Italia importa quantitativi superiori all'1% sul totale delle importazioni di granella convenzionale (Tabella 10).

Tabella 10: Produzione mondiale di frumento tenero in convenzionale e relativa offerta riferita alle 65 t di granella da conferire in località Legnaro (Fonte: Dipartimento Tesaf Agripolis, 2008). Distanza dalla piazza di riferimento al centro di conferimento di Legnaro (km medi percorsi). (Fonte: Google maps, 2010).

<b>Stato</b>	<b>Produzione (t)</b>	<b>Produzione (%)</b>	<b>Offerta (t)</b>	<b>Distanza da Legnaro tir (km)</b>	<b>Distanza da Legnaro nave (km)</b>
FRANCIA	1.377.529	35,39	23,00	1.000	
GERMANIA	536.417	13,78	8,96	1.128	
UCRAINA	381.842	9,81	6,38	1.940	
UNGHERIA	291.461	7,49	4,87	820	
CANADA	273.483	7,03	4,57	1.183	4.428
AUSTRIA	240.953	6,19	4,02	497	
RUSSIA	222.042	5,70	3,71	4.040	
STATI UNITI	178.975	4,60	2,99	783	4.428
ROMANIA	157.594	4,05	2,63	1.093	
BULGARIA	99.371	2,55	1,66	1.500	
AUSTRALIA	87.835	2,26	1,47	40	10.335
REGNO UNITO	44.928	1,15	0,75	1.860	

## **S2C: esportazione del frumento biologico e reperimento nazionale del frumento convenzionale.**

Per il reperimento del frumento convenzionale è stato fatto riferimento ai medesimi dati utilizzati per lo sviluppo dello scenario S2A. E' stata considerata, invece, l'esportazione di biologico a livello mondiale, e nello specifico, non avendo trovato dati più dettagliati a riguardo, è stato ipotizzato che tutto il frumento biologico prodotto sia stato assorbito dal mercato tedesco (1128 km).

## **S2D: esportazione del frumento biologico e importazione del frumento convenzionale.**

In questo scenario è stato ipotizzato che entrambi i mercati (biologico e convenzionale), fossero esterni al territorio nazionale, rispettivamente dal mercato tedesco (S2C) e mondiale (Tabella 10).

### **3.3.3 CLCA: Life Cycle Assessment**

I dati sono stati elaborati in ambiente SimaPro 7.2.4, utilizzando dati di *foreground* e solo dove necessario dati di *background*.

Nell'analisi di inventario le schede di valutazione ambientale, per quanto riguarda le emissioni, sono state calcolate secondo gli algoritmi proposti da Nemecek e Kägi (2007).

I 4 scenari sono stati tra loro confrontati utilizzando, per l'analisi dell'impatto ambientale, il metodo Ecoindicator 99H/A (Hischier *et al.*, 2010).

## 4. Risultati

I risultati sono stati ottenuti dall'elaborazione in ambiente SimaPro 7.2.4 dei sistemi "UF = 10 ha", "UF = 65 t" e degli scenari S2A, S2B, S2C e S2D.

L'analisi dell'impatto ambientale è stata calcolata con il metodo Ecoindicator 99H/A (vedi cap. 1.3.4); di seguito sono riportati i grafici relativi ai carichi ambientali delle differenti categorie e sub categorie di impatto.

I valori sono espressi, per ogni categoria/subcategoria di danno, attraverso l'unità di misura di riferimento:

- DALY (Disability Adjusted Life Years); quantifica il danno arrecato alla salute umana utilizzando una scala capace di misurare la salute della popolazione. Essa comprende il numero d'individui interessati dal problema, il tempo sottratto a ciascun individuo da infermità o morte prematura e la gravità della malattia.
- PDF\*m<sup>2</sup>a (Potentially Dissappeared Fraction x square meter x year); misura la frazione percentuale di specie animali e vegetali a rischio di estinzione ogni anno nell'area considerata.
- MJ surplus; misura il decremento della qualità di una risorsa ed il corrispettivo incremento dello sforzo e dell'energia necessaria per la sua estrazione.

### 4.1. ALCA

Per quanto riguarda questa analisi si è voluto effettuare un confronto di produzione tra frumento tenero in convenzionale e frumento tenero in biologico. Il raffronto è stato effettuato utilizzando due diverse unità funzionali "UF = 10 ha" di superficie aziendale e "UF = 65 t" resa produttiva del frumento convenzionale (cap 3.2).

#### 4.1.1 Unità Funzionale "10 ha"

Il confronto dei due metodi produttivi, espressi in funzione del medesimo ettarato, ha evidenziato in linea generale, per il biologico, una diminuzione degli impatti per tutte le categorie considerate. In particolare, per quanto riguarda le emissioni delle sostanze carcinogeniche, dal grafico in figura 3 si osserva una riduzione dell'87% dell'impatto relativo alla coltivazione in biologico rispetto al

convenzionale; riduzione ancora maggiore si registra per la categoria uso del suolo dove l'impatto della coltivazione in biologico risulta negativa (Figura 11). Per la categoria sostanze ad effetto serra le emissioni in biologico sono pari al 25% di quelle in convenzionale (Figura 6); per i composti organici ed inorganici volatili si osserva una diminuzione delle emissioni del 30% in seguito alla conversione colturale (Figure 4 e 5). I carichi ambientali imputabili a radiazioni ionizzanti, strato di ozono ed ecotossicità derivati dalla coltivazione biologica sono rispettivamente il 42%, il 24% ed il 46% delle emissioni della coltivazione in convenzionale (Figure 7, 8 e 9). Per quanto riguarda il consumo dei carburanti fossili e delle sostanze di origine minerale, la riduzione conseguente alla conversione è stata del 60% circa (Figure 13 e 12). Infine, la categoria di impatto per cui si è registrato un minor abbattimento dei carichi ambientali (circa 6%) è l'acidificazione-eutrofizzazione (Figura 10).

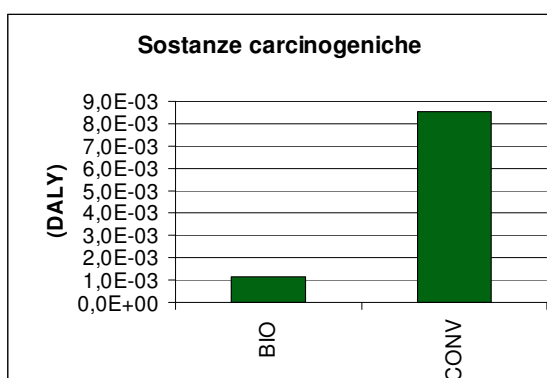


Figura 3. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze carcinogeniche.

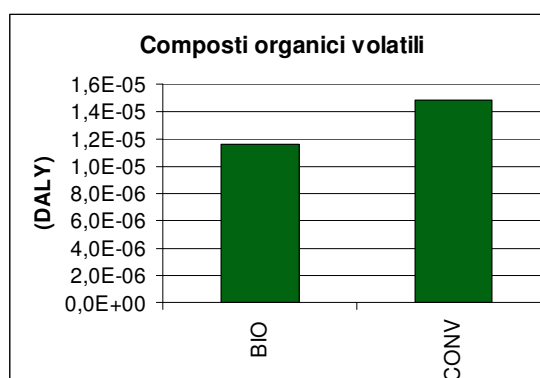


Figura 4. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei composti organici volatili.

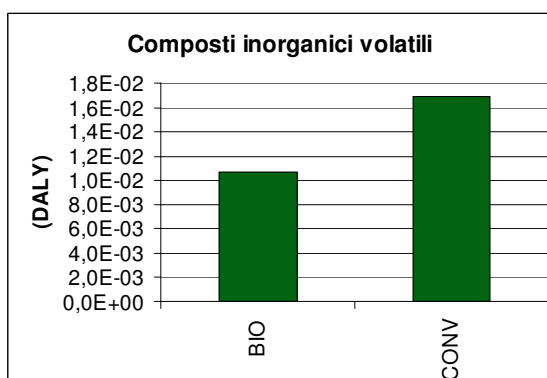


Figura 5. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei composti inorganici volatili.

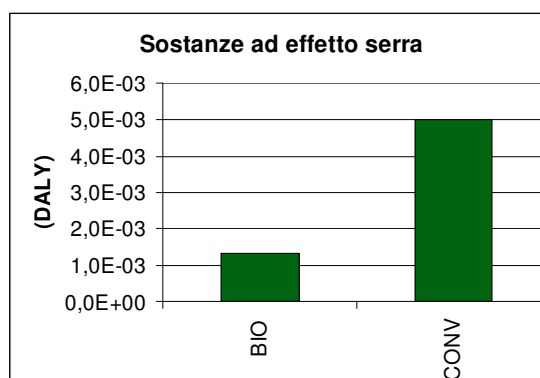


Figura 6. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze ad effetto serra.

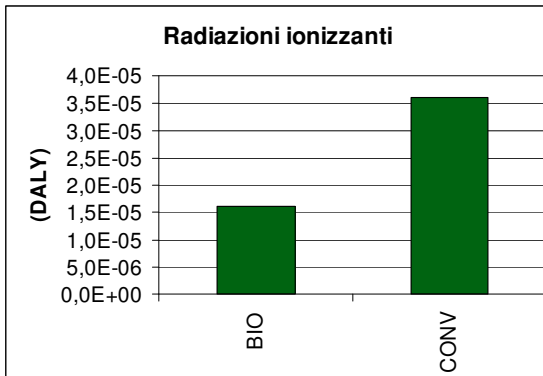


Figura 7. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle radiazioni ionizzanti.

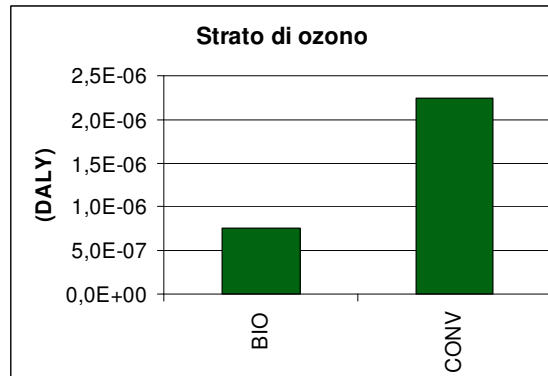


Figura 8. Valutazione dei danni: categoria di impatto dello strato di ozono.

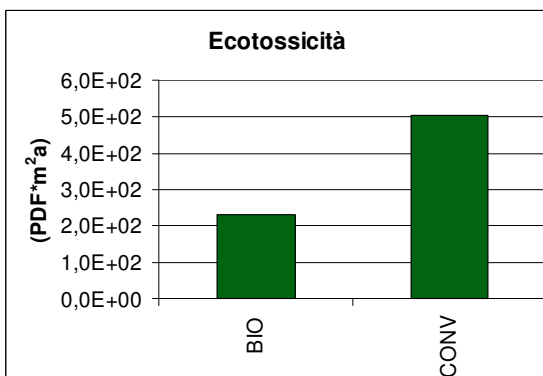


Figura 9. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'ecotossicità.

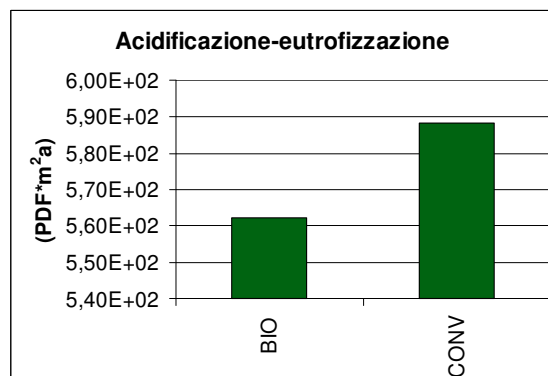


Figura 10. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'acidificazione-eutrofizzazione.

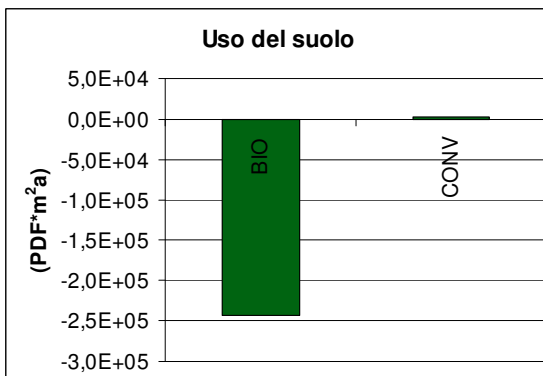


Figura 11. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'uso del suolo.

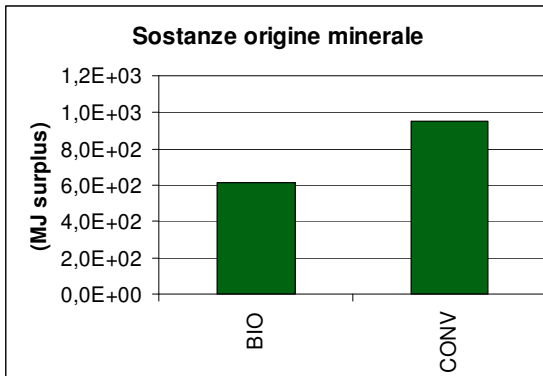


Figura 12. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze di origine minerale.

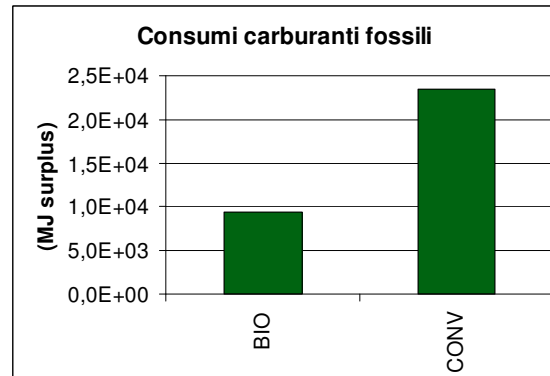


Figura 13. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei consumi di carburanti fossili.

I medesimi risultati, rappresentati nelle 3 sottocategorie, evidenziano una riduzione di circa il 60% degli impatti in biologico rispetto al convenzionale, per la salute umana (Figura 14) e per il consumo delle risorse (Figura 16); e una diminuzione dell'impatto relativo alla qualità dell'ecosistema decisamente marcato, con valori di  $+1 \cdot 10^4$  e  $-2,4 \cdot 10^5$  rispettivamente per la coltivazione in convenzionale e quella in biologico (Figura 15).

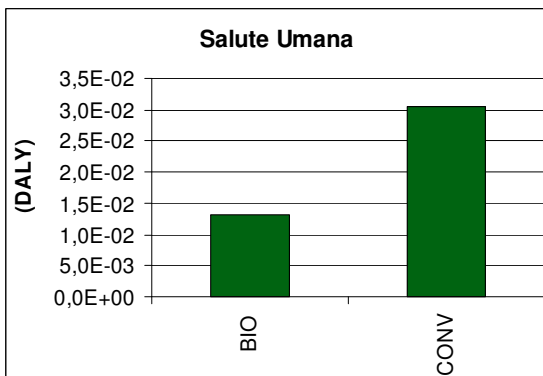


Figura 14. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sulla salute umana.

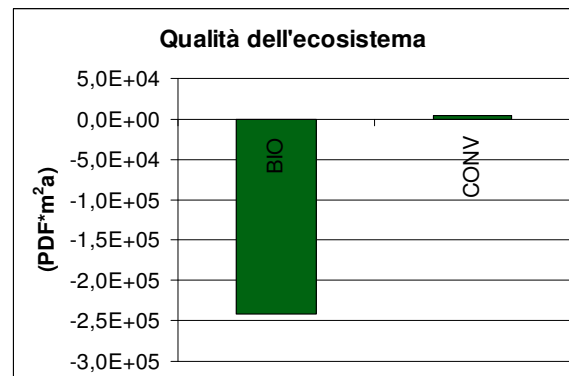


Figura 15. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sulla qualità dell'ecosistema.



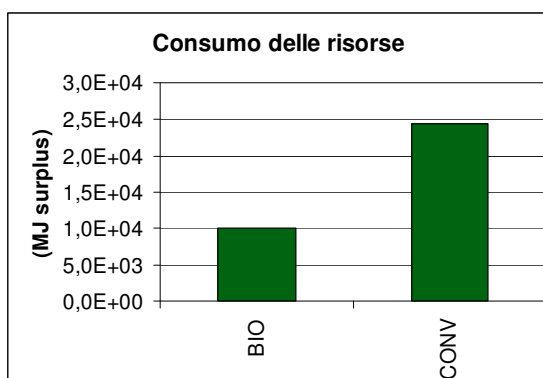


Figura 16. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sul consumo delle risorse.

#### 4.1.2 Unità Funzionale “65 t”

I risultati dell'ALCA riferita a “UF = 65 t” sono sostanzialmente paragonabili a quelli riferiti a “UF = 10 ha”, come si nota dai grafici in figura 17, 20, 21, 22, 23 e 27, rispettivamente sostanze carcinogeniche, effetto serra, radiazioni ionizzanti, strato di ozono, ecotossicità e consumo di carburanti. Per tutte queste categorie di impatto, il vantaggio ambientale derivato dalla coltivazione in biologico è rilevante, con una diminuzione dei carichi di circa il 50% rispetto al convenzionale. Situazione analoga, si evidenzia per i composti inorganici volatili e per le sostanze di origine minerale (Figure 19 e 26) con un vantaggio in termini ambientali di poco inferiore (circa 20%). Per quanto riguarda i composti organici volatili e l'acidificazione-eutrofizzazione la coltivazione in biologico risulta più impattante di quella in convenzionale (Figure 18 e 24). Infine, per quanto riguarda la categoria di impatto dell'uso del suolo, la conversione produttiva da convenzionale a biologico ha evidenziato una forte diminuzione del carico ambientale (Figura 25), come già descritto per “UF = 10 ha”.

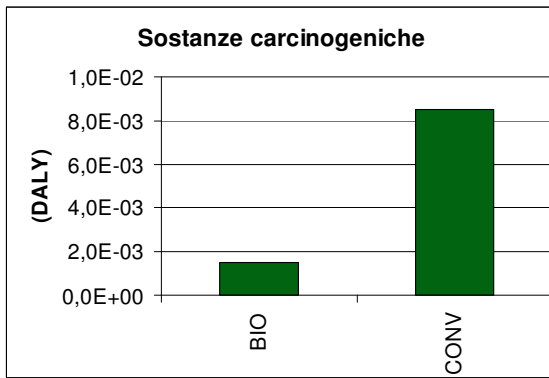


Figura 17. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze cancerogene.

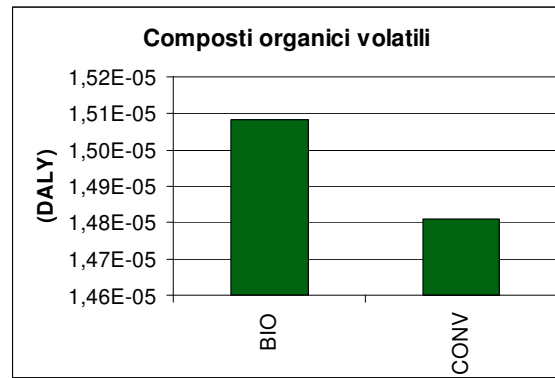


Figura 18. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei composti organici volatili.

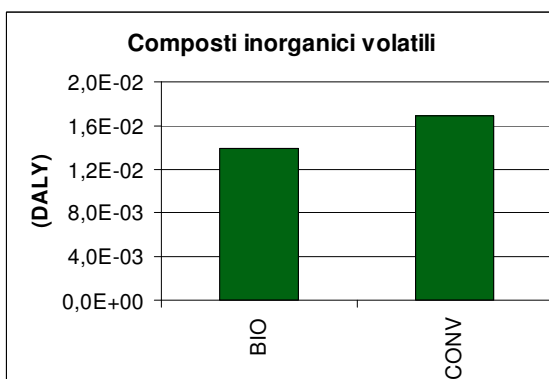


Figura 19. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei composti inorganici volatili.

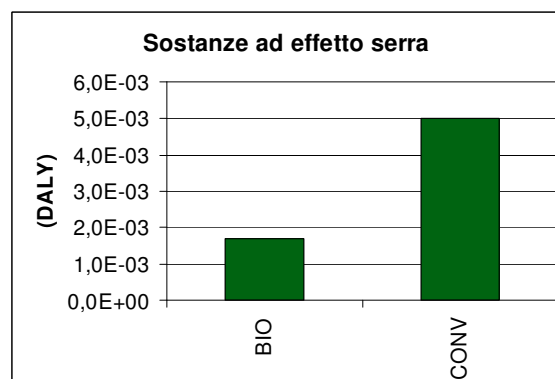


Figura 20. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze ad effetto serra.

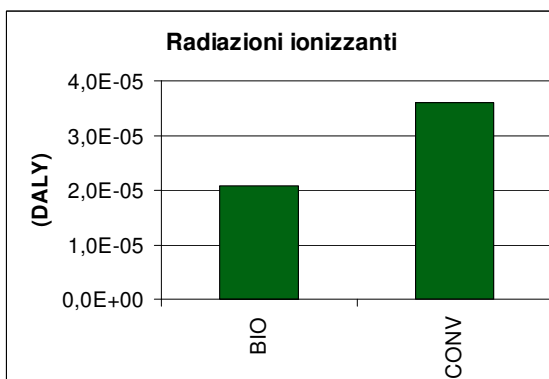


Figura 21. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle radiazioni ionizzanti.

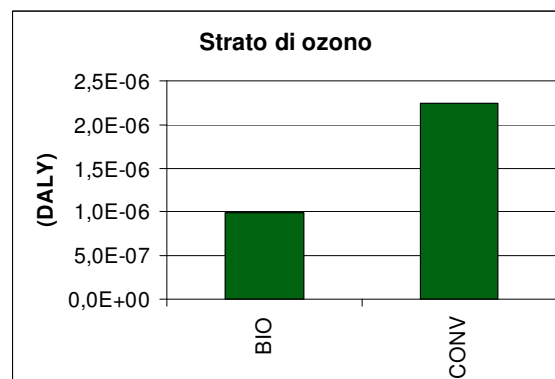


Figura 22. Valutazione dei danni: categoria di impatto dello strato di ozono.

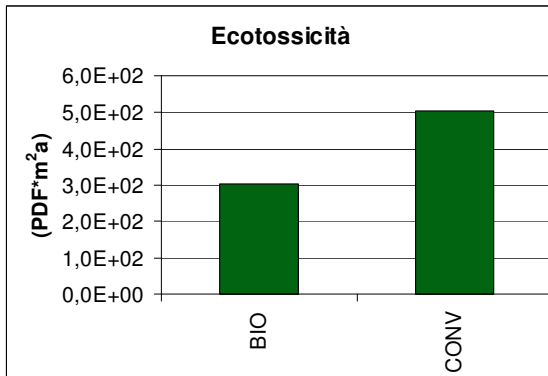


Figura 23. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'ecotossicità.

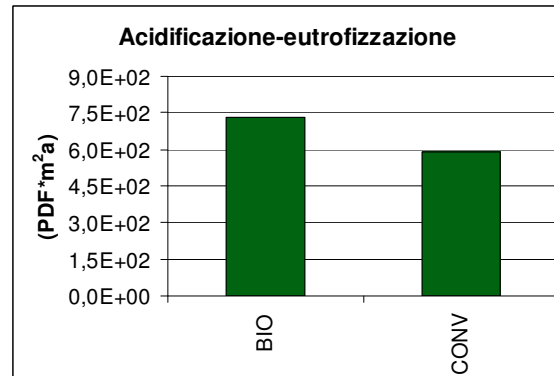


Figura 24. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'acidificazione-eutrofizzazione.

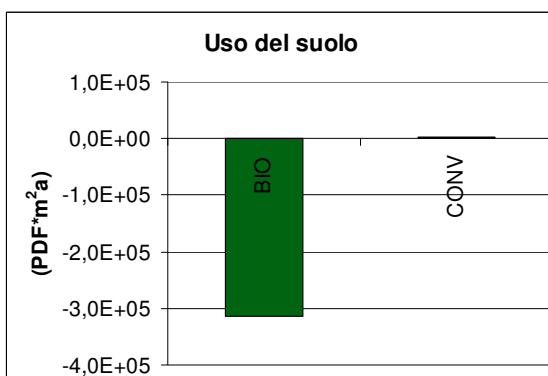


Figura 25. Valutazione dei danni: categoria di impatto dell'uso del suolo.

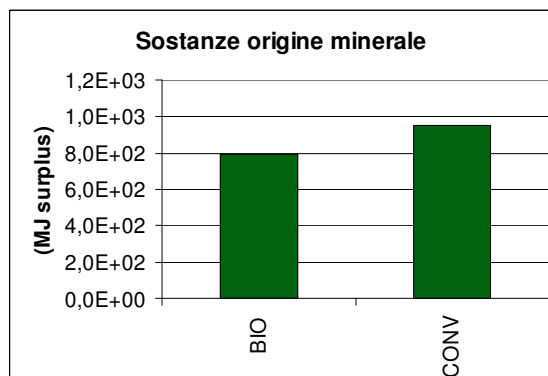


Figura 26. Valutazione dei danni: categoria di impatto delle sostanze di origine minerale.

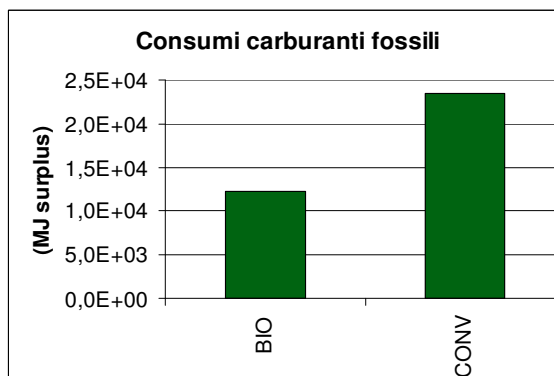


Figura 27. Valutazione dei danni: categoria di impatto dei consumi di carburanti fossili.

Il confronto tra le analisi ALCA sviluppate con le due unità funzionali ha di fatto mantenuto l'andamento dei carichi ambientali per quasi tutte le categorie di impatto, ad eccezione di composti organici volatili (Figure 4 e 18), acidificazione-eutrofizzazione (Figure 10 e 24).

Per le tre subcategorie (Figure 28, 29 e 30) i risultati ricalcano quelli ottenuti per l'ALCA "UF = 10 ha" (Figure 14, 15 e 16).

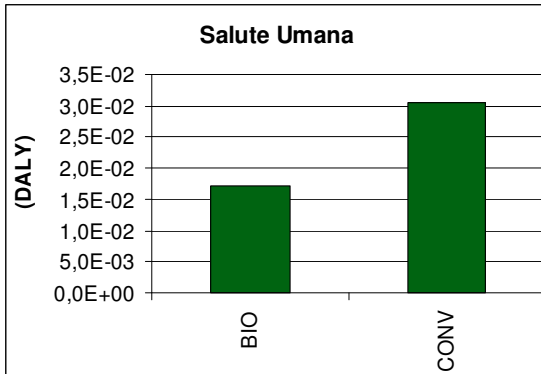


Figura 28. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sulla salute umana.

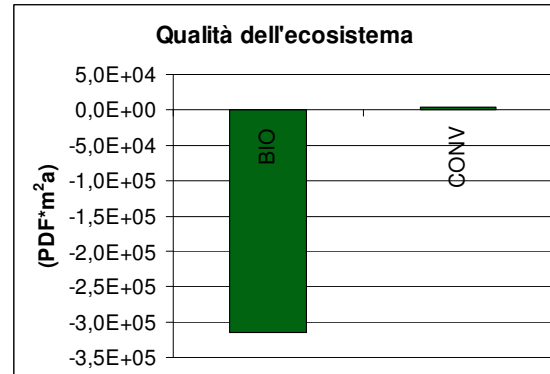


Figura 29. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sulla qualità dell'ecosistema.

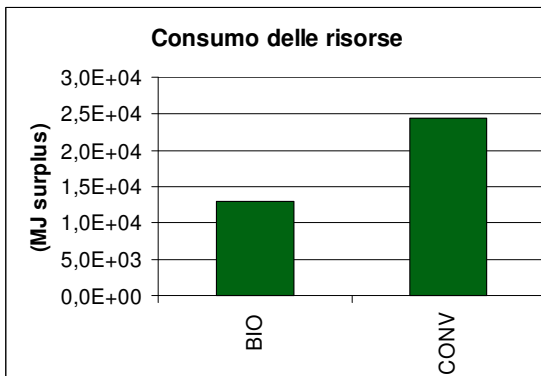


Figura 30. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto sul consumo delle risorse.

## 4.2. CLCA

Attraverso l'utilizzo della CLCA è stata sviluppata l'analisi di alcuni scenari derivati dalla conversione da frumento convenzionale a frumento biologico. Il sistema è stato confinato ai soli processi, flussi e materiali relativi ai trasporti legati alle commercializzazioni nazionali e alle importazioni ed esportazioni mondiali. Il sistema ha quindi preso in esame la fase di conversione da convenzionale a biologico in Italia e i flussi commerciali da essa derivati.

Per la discussione dell'analisi si è fatto il confronto, per ogni categoria e subcategoria, riportando i grafici degli scenari, in descrizione accorpata e *splitata*. Nella rappresentazione "accorpata" si riporta anche il valore di impatto

relativo alla produzione del frumento convenzionale (istogramma nero), come misura di riferimento.

In generale è emerso che la fase relativa ai trasporti è molto incisiva per tutte le categorie analizzate; per quanto riguarda i flussi di import-export gli scenari S2D e S2B sono stati più impattanti rispetto ai due scenari S2A e S2C, ed in particolare lo scenario S2D è quello che ha prodotto i maggiori impatti. Fa eccezione la sola categoria uso del suolo, per la quale gli scenari sono risultati uguali e con un impatto nullo rispetto al convenzionale (Figura 47).

Dal grafico riportato in figura 31, sostanze carcinogeniche, si osserva come la fase di coltivazione relativa al frumento in convenzionale è risultata particolarmente più impattante di tutti gli scenari a confronto. Tale impatto è da imputare soprattutto all'utilizzo di concimi chimici (perfosfato ed urea) (Tabella 6).

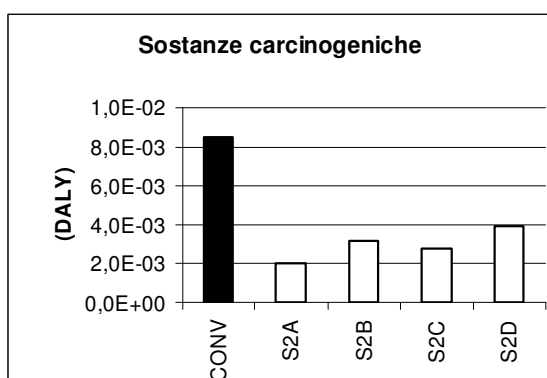


Figura 31. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze carcinogeniche. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

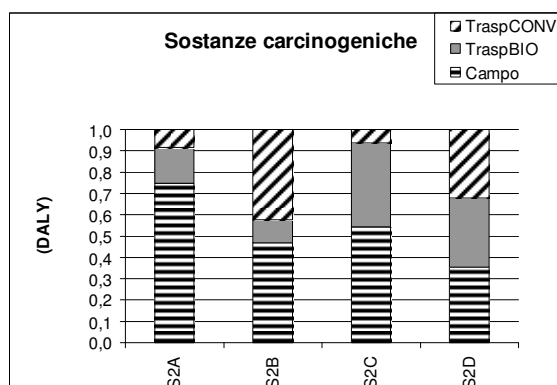


Figura 32. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze carcinogeniche. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

Gli impatti ambientali relativi a sostanze carcinogeniche, composti organici ed inorganici volatili sono maggiori negli scenari S2B e S2D, caratterizzati da trasporti più lunghi (Figure 31, 33, 35). Se si osservano i grafici *splittati* (Figure 32, 34, 36) si può notare, infatti, come in tali scenari i carichi ambientali derivati dai trasporti siano sempre superiori al 50%. In particolare per S2B gli impatti dei trasporti sono pari al 55%, 65% e 50% dell'impatto totale rispettivamente per le 3 categorie considerate; analogamente per lo scenario S2D, ove le percentuali salgono rispettivamente a 67%, 75% e 65%.

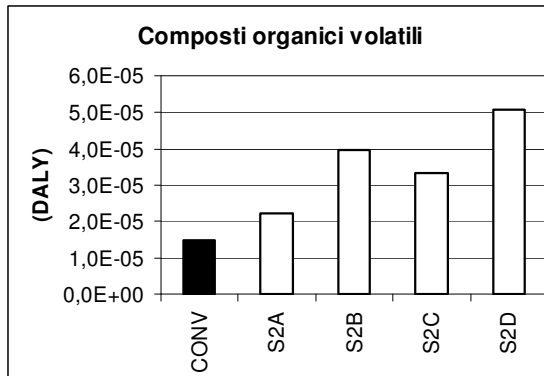


Figura 33. Valutazione dei danni: categoria di impatto Composti organici volatili. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

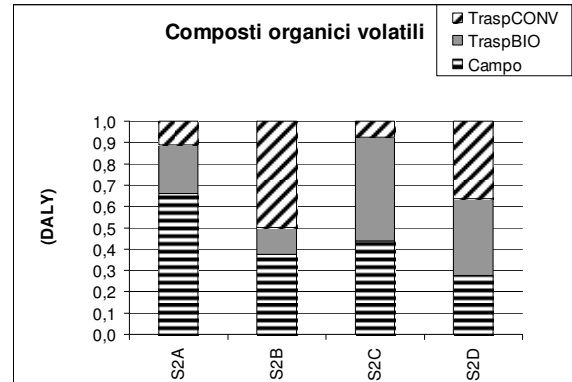


Figura 34. Valutazione dei danni: categoria di impatto Composti organici volatili. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

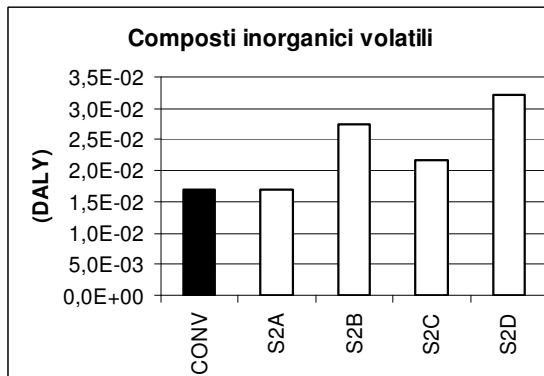


Figura 35. Valutazione dei danni: categoria di impatto Composti inorganici volatili. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

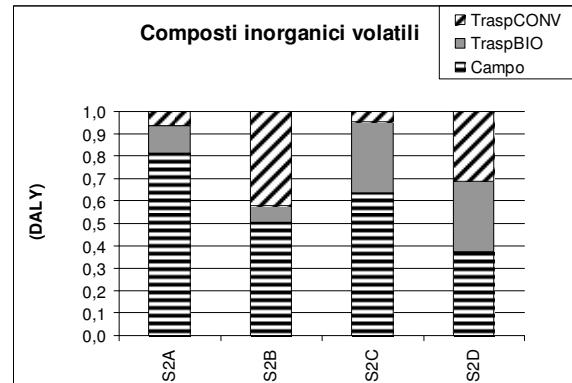


Figura 36. Valutazione dei danni: categoria di impatto Composti inorganici volatili. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

Per le sostanze ad effetto serra si nota che soltanto nel caso degli scenari S2A e S2C, caratterizzati da trasporti a percorrenza minore (Figura 38), l'impatto è inferiore a quello della coltivazione del convenzionale, mentre se si considerano i trasporti a lunga distanza (scenari S2B e S2D) la conversione a biologico porta ad avere un impatto maggiore (Figura 37).

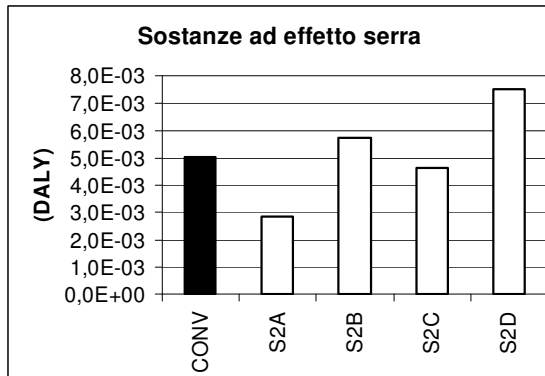


Figura 37. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze ad effetto serra. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

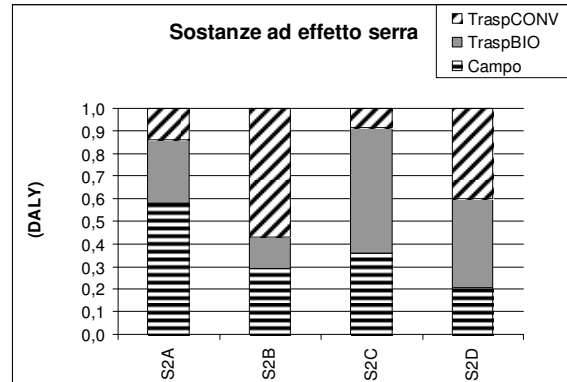


Figura 38. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze ad effetto serra. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

Per quanto riguarda gli impatti relativi alle radiazioni ionizzanti, allo strato di ozono e all'ecotossicità (Figure 39, 41, 43) le osservazioni ricalcano quanto fin qui detto per le precedenti categorie di impatto. Particolarmente marcato appare il carico "trasporti" dello scenario S2D, che rappresenta l'80% dell'impatto.

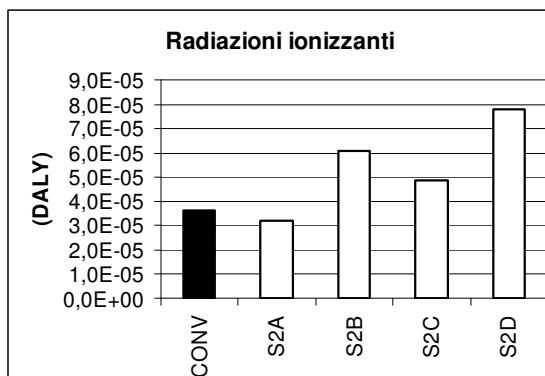


Figura 39. Valutazione dei danni: categoria di impatto Radiazioni ionizzanti. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

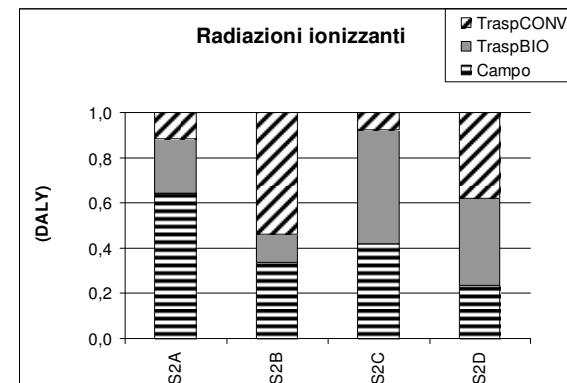


Figura 40. Valutazione dei danni: categoria di impatto Radiazioni ionizzanti. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

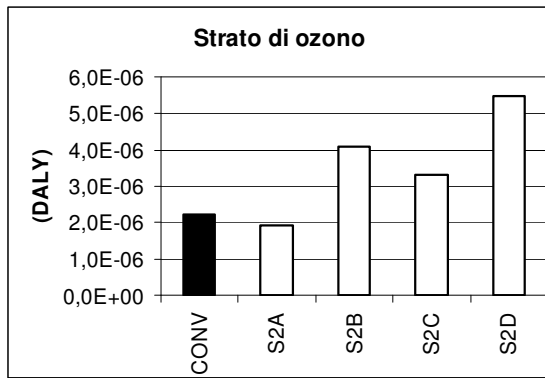


Figura 41. Valutazione dei danni: categoria di impatto Strato di ozono. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

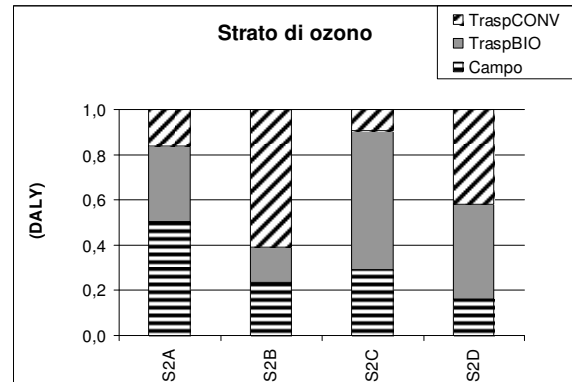


Figura 42. Valutazione dei danni: categoria di impatto Strato di ozono. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

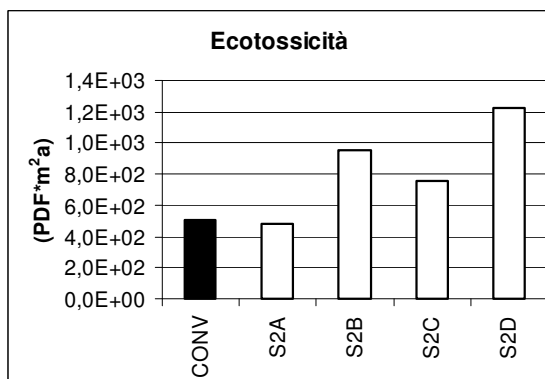


Figura 43. Valutazione dei danni: categoria di impatto Ecotossicità. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

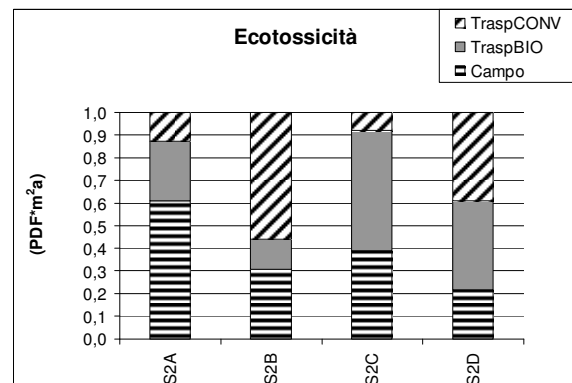


Figura 44. Valutazione dei danni: categoria di impatto Ecotossicità. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

Per le categorie acidificazione-eutrofizzazione e sostanze di origine minerale, le variazioni tra i vari scenari risultano più contenute (Figure 45 e 49), in quanto per lo più legate alla fase di "campo" (Figure 46 e 50). Analogamente per la categoria uso del suolo, non si evidenziano differenze di impatto tra i 4 scenari in analisi (Figure 47 e 48).



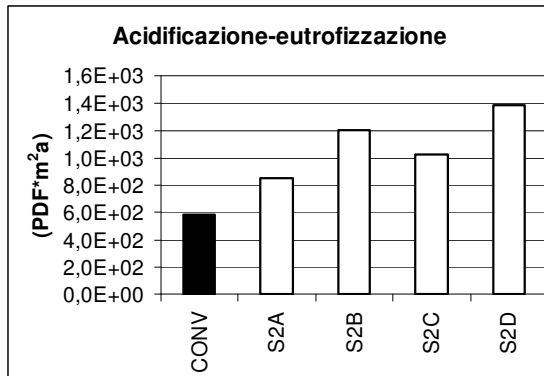


Figura 45. Valutazione dei danni: categoria di impatto Acidificazione-eutrofizzazione. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

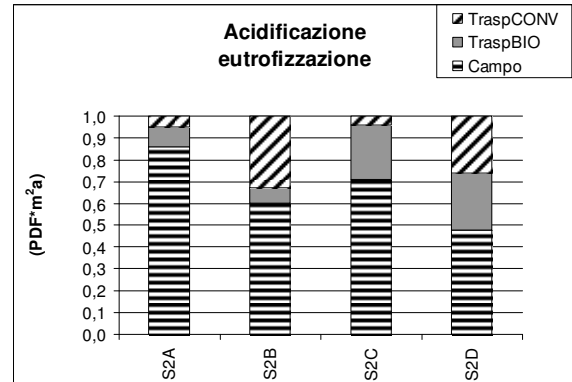


Figura 46. Valutazione dei danni: categoria di impatto Acidificazione-eutrofizzazione. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

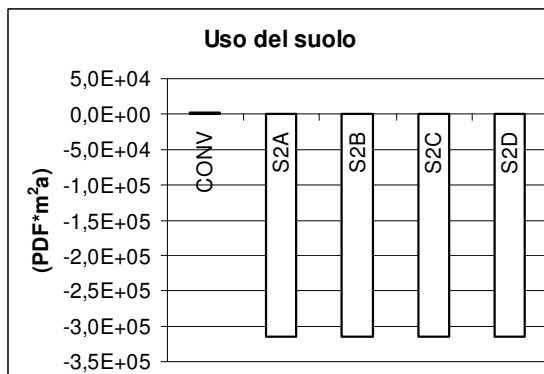


Figura 47. Valutazione dei danni: categoria di impatto Uso del suolo. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

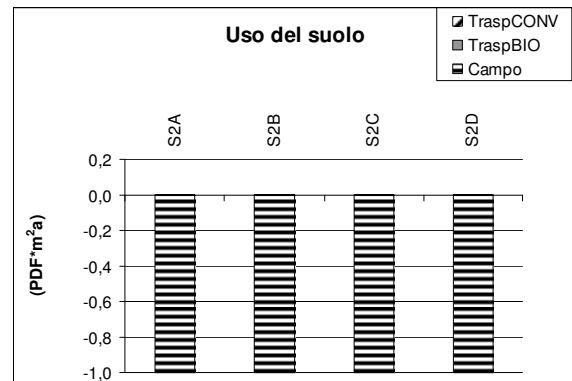


Figura 48. Valutazione dei danni: categoria di impatto Uso del suolo. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

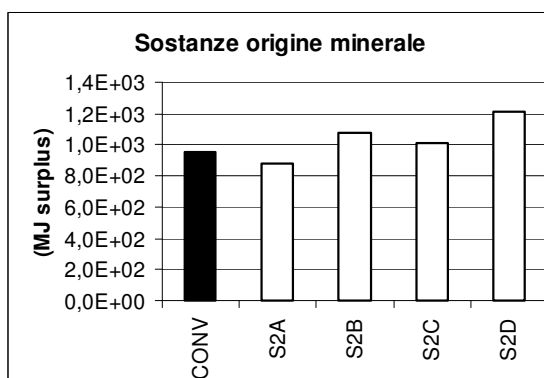


Figura 49. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze di origine minerale. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

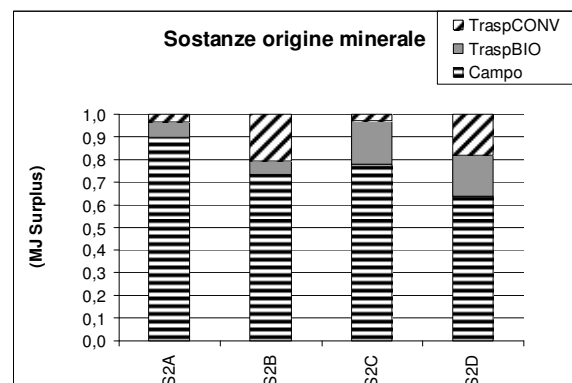


Figura 50. Valutazione dei danni: categoria di impatto Sostanze di origine minerale. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

All'opposto, consumi di carburanti fossili è una categoria fortemente condizionata dalla fase "trasporti" (Figura 51 e 52) e meno da quella di "campo".

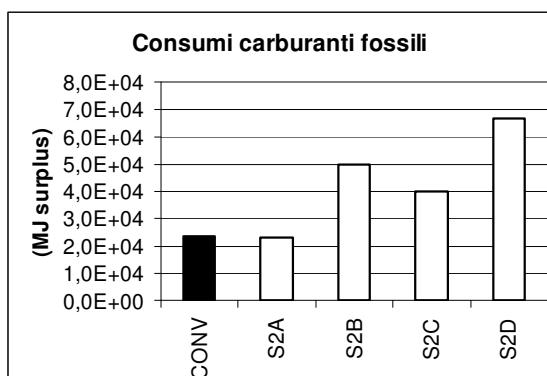


Figura 51. Valutazione dei danni: categoria di impatto Consumo carburanti fossili. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

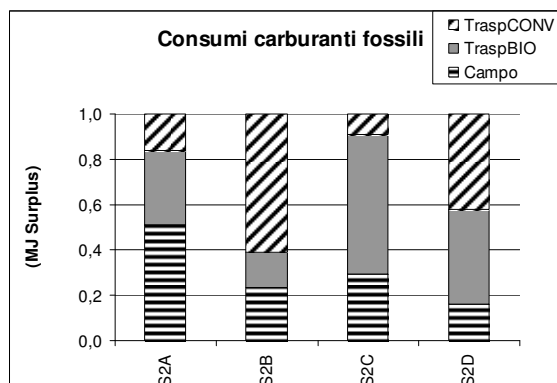


Figura 52. Valutazione dei danni: categoria di impatto Consumo carburanti fossili. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

Infine rapportando le tre subcategorie, si nota subito come il flusso dei trasporti incida meno, sulla salute umana, della fase di "campo" (Figure 53 e 54); il contrario, come era ovvio aspettarsi, si rileva per la subcategoria consumo delle risorse (la fase dei trasporti impatta maggiormente di quella di campo) (Figure 57 e 58). Per la qualità dell'ecosistema, invece, viene evidenziato un notevole aumento della biodiversità a favore della conversione (Figure 55 e 56).

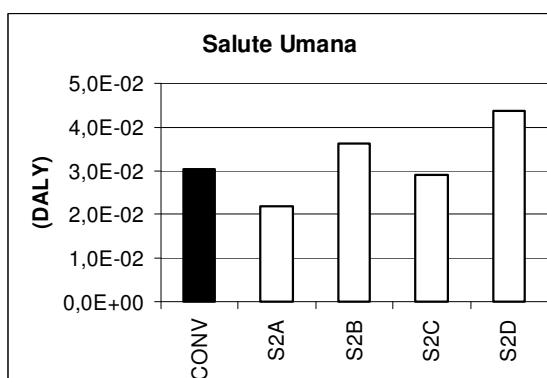


Figura 53. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Salute Umana. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale.

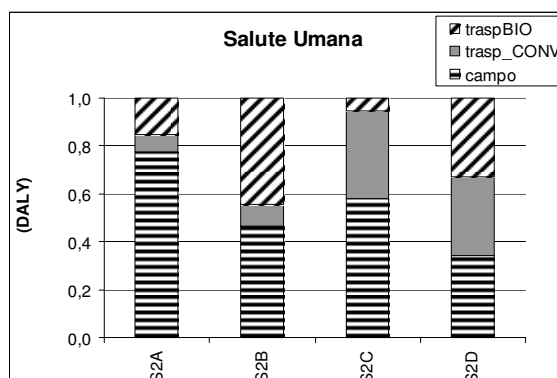


Figura 54. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Salute Umana. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

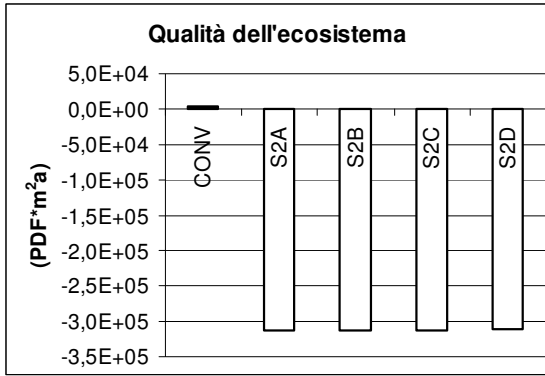


Figura 55. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Qualità dell'ecosistema. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale

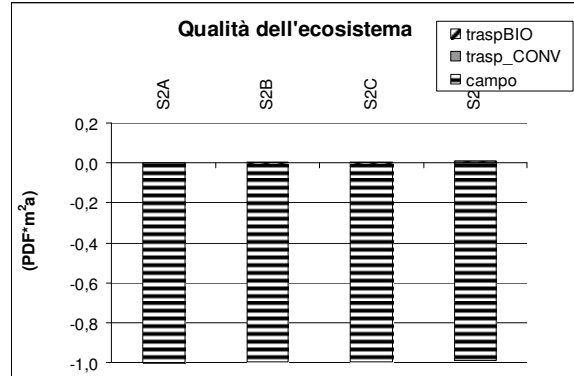


Figura 56. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Qualità dell'ecosistema. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.

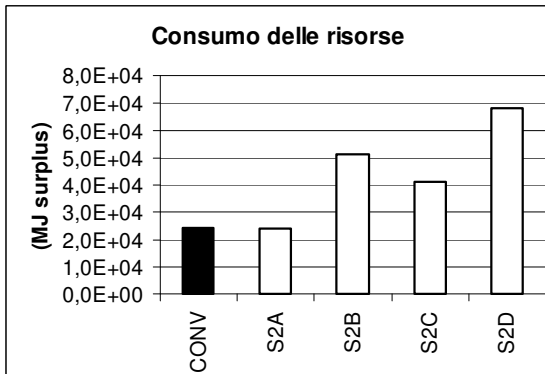


Figura 57. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Consumo delle risorse. A confronto i 4 scenari e la coltivazione in convenzionale

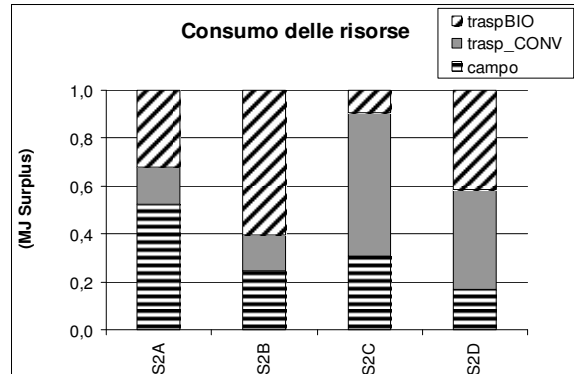


Figura 58. Valutazione dei danni: sub - categoria di impatto Consumo delle risorse. A confronto i 4 scenari con evidenziate la fase di campo (produzione biologica) e le fasi di trasporto.



## 5. Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha consentito di valutare se la produzione del frumento tenero biologico sia ambientalmente più vantaggiosa della medesima produzione in convenzionale. Tale valutazione è stata eseguita confrontando gli impatti ambientali relativi al processo produttivo di frumento convenzionale, con quelli relativi al processo produttivo in biologico, sul medesimo ettaro e, successivamente, finalizzato alla produzione della medesima quantità di granella.

Dai risultati è emerso che la produzione in biologico risulta migliore per le tutte categorie di impatto analizzate. Potrebbe essere quindi considerata, da un punto di vista di costi ambientali, una soluzione ottimale se i prodotti, ottenuti dai due differenti processi produttivi, fossero tra loro perfettamente sostituibili.

In realtà, il frumento convenzionale e quello biologico, presentano canali di commercializzazione per molti aspetti differenti. Questo implica che non si può considerare come statica la soluzione del processo di conversione, ma modificando la tipologia di prodotto si ottiene una variazione a cascata dei molti altri processi coinvolti. Come già descritto, il prodotto convenzionale, non più coltivato nei 10 ettari della simulazione, deve essere importato al fine di mantenere invariato lo stock di frumento convenzionale in loco. Stessa considerazione vale per il biologico che viene coltivato nella superficie oggetto della presente simulazione; in questo caso il grano tenero biologico, deve essere diversamente commercializzato.

Con l'applicazione della CLCA, i confini del sistema sono stati definiti in base ai processi, flussi e materiali relativi ai trasporti legati alle commercializzazioni nazionali e mondiali delle due produzioni (biologico verso convenzionale). La produzione biologica risulta vantaggiosa se commercializzata a breve distanza: se si aumentano i chilometri percorsi dalla granella, risulta, infatti, aver un minore impatto la soluzione convenzionale. È da evidenziare, però, che la coltivazione convenzionale risulta molto sfavorevole per la categoria sostanze cancerogene a causa dell'utilizzo e quindi della produzione di perfosfati ed urea.

Gli scenari considerati, ovviamente, sono limitati e avrebbero potuto includere tante altre possibili "sostituzioni". Per esempio, si sarebbe potuto scegliere di

reperire il frumento convenzionale in loco, con una modifica dell'ordinamento produttivo di 10 ha da mais (coltura ampiamente presente nel territorio veneto e perciò la prima che potrebbe essere sostituibile) a frumento. La CLCA avrebbe quindi potuto considerare anche la sostituzione del mais e la conseguente esigenza di importare tale produzione per rispondere alle esigenze venete.

Da ricordare che la necessità di avere flussi analoghi di materiale (65 t) nella simulazione deve per forza considerare un incremento della superficie biologica di 3 ha. Questo comprende anche una sostituzione di una superficie equivalente, per esempio, coltivata a mais. Tale sostituzione in una logica di CLCA dovrebbe essere valutata adeguatamente con tutte le possibili implicazioni di impatto.

È da ricordare che nell'analisi dell'impatto ambientale sono state incluse più categorie e subcategorie di impatto. La domanda che sorge spontanea è quale sia la più importante da considerare. Certamente sono tutte rilevanti, ma la loro valutazione deve necessariamente fare riferimento ad un approccio multicriteriale dato che, a seconda della situazione contingente o del soggetto cui è destinata un'analisi del genere, possono risultare più importanti alcune categorie piuttosto che altre. Ad esempio, in un'ottica di risparmio energetico, una nazione come l'Italia, fortemente dipendente da altri paesi esportatori di energia, potrebbe essere interessata a ridurre la quota di combustibili fossili consumati e per questo i decisori politici potrebbero dare molto peso all'ultima categoria di impatto (Consumo carburanti fossili) o subcategoria (Consumo delle risorse). Nel caso, invece, di un cittadino comune potrebbero risultare importanti tutte le categorie legate alla salute umana (sostanze carcinogeniche, composti organici e inorganici volatili, sostanze ad effetto serra, riduzione dello strato di ozono, radiazioni ionizzanti). Infine chi avesse particolare sensibilità ambientale potrebbe essere interessato all'ozono - gas serra (riduzione dello strato di ozono). Una parziale soluzione di questi differenti punti di vista potrebbe essere vista in termini di costo monetario derivante dagli impatti calcolati. Tukker e Jansen (2006) e Tiruta-Barna e Benetto (2007) hanno determinato i costi economici di alcune categorie di impatto e quindi risulta possibile definire in termini monetari l'impatto di ogni singolo atto.

Risulta possibile affermare che la metodologia impiegata (CLCA), pur nella limitatezza dei confini del sistema adottato, consente di valutare

adeguatamente l'effettivo peso di una trasformazione aziendale in termini ambientali. Infatti, quando si considera la conversione al regime di agricoltura biologica, molto spesso si considera solamente quello che succede nel campo/azienda convertito senza valutare globalmente cosa significa in termini ambientali più ampi. Tale metodologia consente di ottenere, da un lato, una valutazione accurata dal punto di vista ambientale delle produzioni realizzate; dall'altro, una completa analisi dei fattori che entrano in gioco quando avviene la conversione a biologico.





## 6. Bibliografia

Bona S, Coletto L., Sandrini S.G., Calgaro A., Brigi A., 2008. Olio grezzo come combustibile In "Produzione di energia da fonti biologiche rinnovabili. 2–Le risorse primarie" a cura de I Georgofili, Quaderno 2007-II. Ed. polistampa, Firenze: 49-75.

Boggini, G., 2007. Sfruttare le nuove varietà per migliorare le rese del tenero. *Informatore Agrario* 32: 51 – 54.

Bonciarelli F. e Bonciarelli U.,1998. Coltivazioni erbacee. *Edagricole*. 1:3-22.

Brander M, Tipper R., Hutchison C., Davis G., 2009. Consequential and Attributional Approaches to LCA: a Guide to Policy Makers with Specific Reference to Greenhouse Gas LCA of Biofuels.

Boustead I., 1996. LCA, how it came about. The beginning in the UK. *Int. J. Life Cycle Ass.* 1(3):147-150.

Commission of the European Communities, 2001. Green Paper On Integrated Product Policy. COM(2001) 68 final del 07.02.2001. Brussels.

Commission of the European Communities, 2003. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking. COM(2003) 302 final del 18.6.2003. Brussels.

CRA, 2007. Coltivazione biologica di frumento tenero in Lombardia. *Quaderni della ricerca*, 76. Consiglio superiore per la Ricerca in Agricoltura, Italia.

Curran, M.A. (2000). Life Cycle Assessment: An International Experience. *Environmental Progress*, 19(2):65-71.

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, 2008. Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Padova. Comunicazione personale 2010.

Ekvall T., 2002. Limitation of Consequential LCA. Department of Energy Conversion Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden.

German Federal Environment Agency, 1992. Umweltbundesamt. (1992). *Ökobilanzen für Produkte, Bedeutung Sachstand–Persepektiven*. Berlin:Umweltbundesamt.

Ghelfi R., Armuzzi M., 2010. La redditività del terreno è tutta questione di rese. *Informatore Agrario* 31, 2010.

Giardini L., 2004. *Agronomia generale ambientale e aziendale*. Bologna: Pàtron Editore.

Goedkoop M., De Schryver A., Oele M., 2008. Introduction to LCA with SimaPro 7, PRé Consultants.

Hischier R., Weidema B., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Frischknecht R., Hellweg S., Humbert S., Jungbluth N., Köllner T., Loerincik Y., Margni M. e Nemecek T. (2010) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. ecoinvent report No. 3, v2.2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.

Ismea, 2005. Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare. L'evoluzione del mercato delle produzioni biologiche.

Ismea, 2007. Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare. Il mercato dei prodotti biologici: tendenze generali e nelle principali filiere.

Ismea, 2008. Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare. Il biologico nel Bacino del Mediterraneo.

ISO, 2006a. ISO 14040. Environment management – Life Cycle Assessment – Principles and framework. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 1998. ISO 14041. Environment management – Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 2000a. ISO 14042. Environment management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 2000b ISO 14043. Environment management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 2006b ISO 14044. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland.

Nemecek T. e Kägi T. (2007). Life Cycle Inventories of Swiss European Agricultural Production System. Final report ecoinvent v2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich e Dübendorf, CH, retrieved.

Rapparini G., Campagna G. e Gemignani E., 2010. Quando conviene il diserbo preventivo del grano. *Informatore agrario*, 36:76-81.

Serra S., 2010. Cereali. Prezzi nazionali e mondiali a confronto (dal 1 al 7 luglio 2010). *Terra e vita*: 33 - 34.

Schmidt J.H., 2008. System delimitation in agricultural consequential LCA. *Int J Life Cycle Assess.* 13: 350-364.

Tillman A-M, Ekwall T., Baumann H e Rydberg T., 1994. Choice of system boundaries in life cycle assessment. *J. Cleaner Prod.* 2(1): 21-29.

Tiruta-Barna L. e Benetto E., 2007. Environmental impact and risk assessment of mineral wastes reuse strategies: Review and critical analysis of approaches and applications. *Resources, Conservation and Recycling*. 50(4):351-379.

Tukker A. e Jansen B., 2006. Environmental impacts of products: A detailed review of studies. *Journal of Industrial Ecology*. 10(3):159-182.

Weidema BP, 2003. Market information in life cycle assessment. Danish Environment Protection Agency, Copenhagen, Denmark, pp 1–147.

### **Siti web**

Agrit, 2008. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. <http://www.politicheagricole.it> - Consultato ottobre 2010.

Federazione Italiana Agricoltura Organica, 2003. [www.fiao.it](http://www.fiao.it) - Consultato ottobre 2010.

Google Maps. [www.google.it](http://www.google.it) - Consultato ottobre 2010.

IFOAM, 2010. Acquacoltura Biologica, Regolamenti (CE) 834/2007, (CE) 889/2008, (CE) 710/2009. International Federation of Organic Agriculture Movements Eu Group. [www.ifoam.org](http://www.ifoam.org) - Consultato ottobre 2010.

Istituto Nazionale di Statistica. [www.istat.it](http://www.istat.it)- Consultato ottobre 2010.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)- Consultato ottobre 2010.

Pioneer Hi-Bred Italia. [www.agronomico.com](http://www.agronomico.com)- Consultato ottobre 2010.

## Ringraziamenti

Giunta al termine dei miei studi desidero ringraziare di cuore ed esprimere la mia riconoscenza a tutte le persone che, in modi diversi, mi sono state vicine, mi hanno incoraggiato e hanno permesso la realizzazione di questo mio desiderato traguardo.

I miei più sentiti ringraziamenti vanno a chi mi ha seguito durante la redazione del lavoro di tesi, il prof. Stefano Bona per l'opportunità, la disponibilità e la fiducia dimostratemi nell'avermi proposto questo lavoro di tesi;

la dott.ssa Lucia Coletto indispensabile sostenitrice, sempre presente e disponibile sia professionalmente che e soprattutto come amica.

Il mio primo pensiero e un grazie di cuore va alla mia famiglia a cui dedico questo lavoro di tesi: mamma Annamaria e papà Armando, unici, grandiosi, pazienti nel supportare e sopportare; mia sorella Giada, mio cognato Manuel, Lorenzo che ha colorato di serenità e amore tante mie giornate e il nipotino in arrivo, senza di loro non avrei mai raggiunto questa meta.

Grazie a tutte le persone e agli amici con cui ho scambiato o condiviso le mie emozioni, i miei pensieri, le mie idee, le mie risate e cazzate, in particolare Yury, la zia Lella, Caterina M., Chiara N., Letizia e la sua famiglia, Marco G., Donatella G., Stefano V., *i spositi preferiti* Giulia e Andrea, Laura P., Barbara P., Andrea Z., Silvia T., Pia M., Maurizio e la sua famiglia, i carismatici Don Romeo e Padre Gianpietro, l'invisibile messaggero, i miei animali e le mie piante, tutti hanno contribuito alla mia crescita e formazione personale e mi hanno suggerito, direttamente o indirettamente, speranza, conoscenze, interessi, desideri e modalità per poterli raggiungere.

Un pensiero va anche al mio Suzuki katana 50, sostituito poi dal Yamaha Majestic 150 che mi hanno sempre portato in capo al mondo.

Infinite grazie

alla mia famiglia e a tutti coloro che hanno creduto e avuto fiducia in me.

Dicembre, 2010

*Elena*

