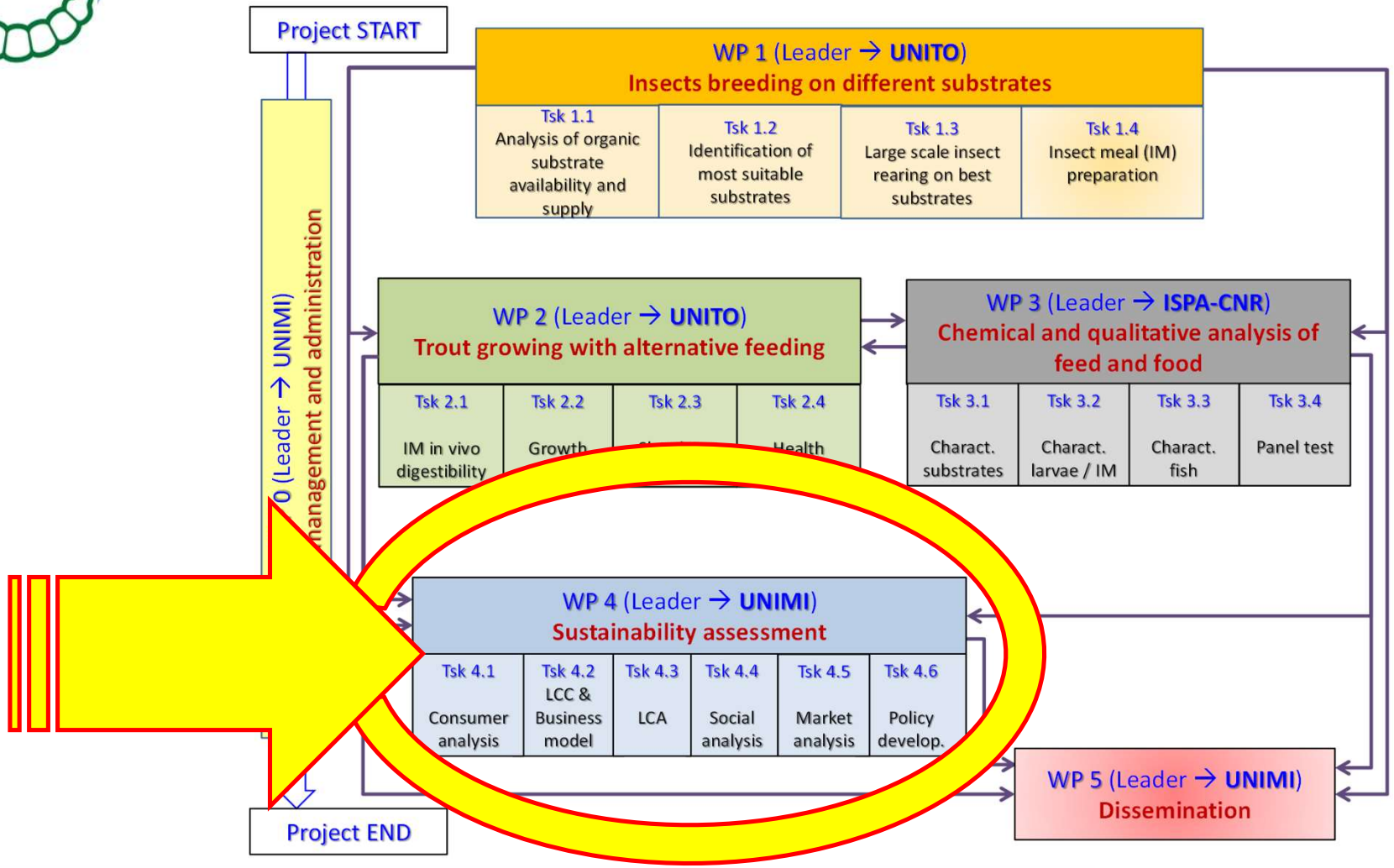
WEBINAR
SOTTOPRODOTTI ALIMENTARI E INSETTI PER UNA ACQUACOLTURA PIÙ CICRCOLARE E SOSTENIBILE

FESTIVAL DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE 2025

Sostenibilità ambientale delle farine di insetti in acquacoltura: chimera o concreta possibilità?

Michele Zoli, Jacopo Bacenetti
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali
Università degli Studi di Milano
michele.zoli@unimi.it

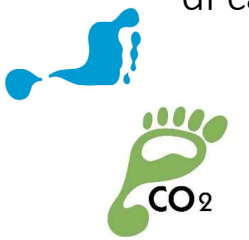
L'organizzazione del progetto



LCA

Il Life Cycle Assessment (LCA) è la metodologia più utilizzata per valutare le performance ambientali di prodotti (processi o servizi). Si tratta di un approccio standardizzato (ISO 14040/14044) che considera l'intero ciclo di vita dei prodotti, dall'estrazione delle materie prime fino alla gestione dei rifiuti.

LCA consiste nella valutazione dei flussi di massa (fattori di produzione, emissioni di inquinanti nell'ambiente e produzione di rifiuti) e di energia che caratterizzano il processo analizzato.

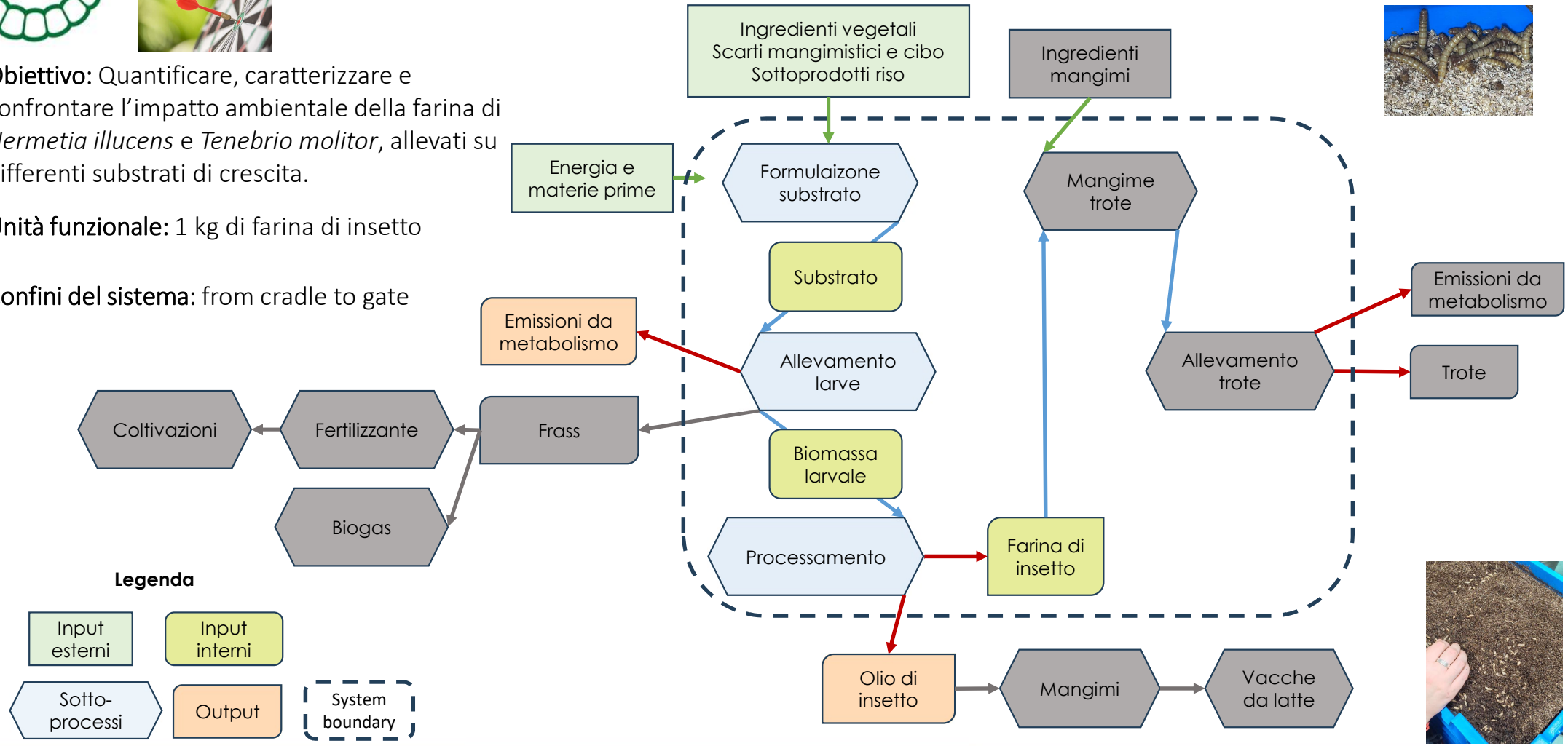


LCA OUTPUTS:

Quantificazione delle diverse categorie d'impatto: impronta di carbonio, impronta idrica, ecc.

Goal and scope definition

- **Obiettivo:** Quantificare, caratterizzare e confrontare l'impatto ambientale della farina di *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*, allevati su differenti substrati di crescita.
- **Unità funzionale:** 1 kg di farina di insetto
- **Confini del sistema:** from cradle to gate



Inventario – Substrati per Hermetia illucens

INGREDIENTI, %	CONTROLLO	CR1	CR2	CR3
Brewer's grain	35,5	31,55	36,5	33,2
Yeast	1,2	5,5	2,5	4
Broken egg	1,6	5,45	4,2	4,5
Beet molasses	16	17	16	16,5
Dry beet molasses	1,3	0,5	1,25	1
Vegetable mix waste	28	5	3,7	3
Hazelnut film	4	3	2,4	1,1
Coffee silver film	7,4	1	2	2,5
Whey	4	3,5	1,5	1,5
Green grain		6	1	
Rice husk		0,5	1,5	
Rice bran		0,5	1	
Parboiled rice husk			1,3	3,6
Parboiled rice bran			1,5	4
Broken rice		0,5	1,5	
Broken parboiled rice			1,7	3,4
Other rice by-products			2	4
Other parboiled rice by-products		4	2	
Water	1	16	16.45	18

Inventario – Substrati per Tenebrio molitor

INGREDIENTI	CONTROLLO	WR1	WR2	PR1	PR2
Breading waste	46,9	9,3		1,9	
Feed waste	39,6	75,2	64	78,6	43,5
Dry distillery stillage	5,4	2,5	9,5	2,5	12,2
Coffee silver film	6,6	1,9			2,1
Hazelnut film	1,5	0,6			
Broken rice		1,5	3,5		
Broken parboiled rice				3,5	8
Green grain			3		2
Rice husk		2,5	2		
Parboiled rice husk				2	
Rice bran		5	15,5		
Parboiled rice bran				9	5
Other rice by-products		1,5	2,5		
Other parboiled rice by-products				2,5	27,2

Inventario

- **Sottoprodotti del riso:** dati primari da numerosi studi LCA italiani + allocazione economica in base al valore economico dei sottoprodotti;
- **Scarti di cibo e della filiera mangimistica** sono stati considerati a **zero impatto** quando al momento non hanno alcun utilizzo;
- **Altri ingredienti dei substrati:** dati secondari ricavati da database (Ecoinvent V3.9 or Agribalyse);
- **Triturazione degli ingredienti:** dati secondari dal database Ecoinvent V3.9;
- **Trasporto:** 30km (stima) + dati secondari (Ecoinvent V3.9)

- **FCR**, **Durata ciclo di crescita** e **performance di crescita** sono dati primari

- *Hermetia illucens*

SUBSTRATI	FCR	DURATA CICLO
CTRL	3.3	6 days
SUBSTRATO 1	1.5	7 days
SUBSTRATO 2	2.1	7 days
SUBSTRATO 3	2.3	6 days

- *Tenebrio molitor*

SUBSTRATI	FCR	DURATA CICLO
CTRL	2.6	56 days
SUBSTRATO 1	2.45	56 days
SUBSTRATO 2	2.35	56 days
SUBSTRATO 3	2.44	56 days
SUBSTRATO 4	2.58	56 days

- Fase di **nursery**, **consumi energetici**, **emissioni metaboliche** e **consumo idrico** per l'allevamento delle larve e la lavorazione della farina sono stati ottenuti da studi presenti in letteratura.

Resources, Conservation & Recycling 144 (2019) 285–296

Contents lists available at ScienceDirect

Resources, Conservation & Recycling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/resconrec

Full length article

Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment

Sergiy Smetana[a], Eric Schmitt[b], Alexander Mathys[c,*]

[a] German Institute of Food Technologies – DIL e.V., Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610, Quakenbrueck, Germany
[b] Protix, Industriestraat 3, 5107 NC, Dongen, the Netherlands
[c] ETH Zurich, Institute of Food, Nutrition and Health, Laboratory of Sustainable Food Processing, Schmelzbergstrasse 9, CH-8092, Zurich, Switzerland

Waste Management 96 (2019) 65–74

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

Greenhouse gas emissions from small-scale fly larvae composting with *Hermetia illucens*

E. Ermolaev *, C. Lalander, B. Vinnerås

Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Energy and Technology, Box 7032, 75007 Uppsala, Sweden

Life Cycle Impact Assessment

Environmental Footprint 3.1 Method - V1.00

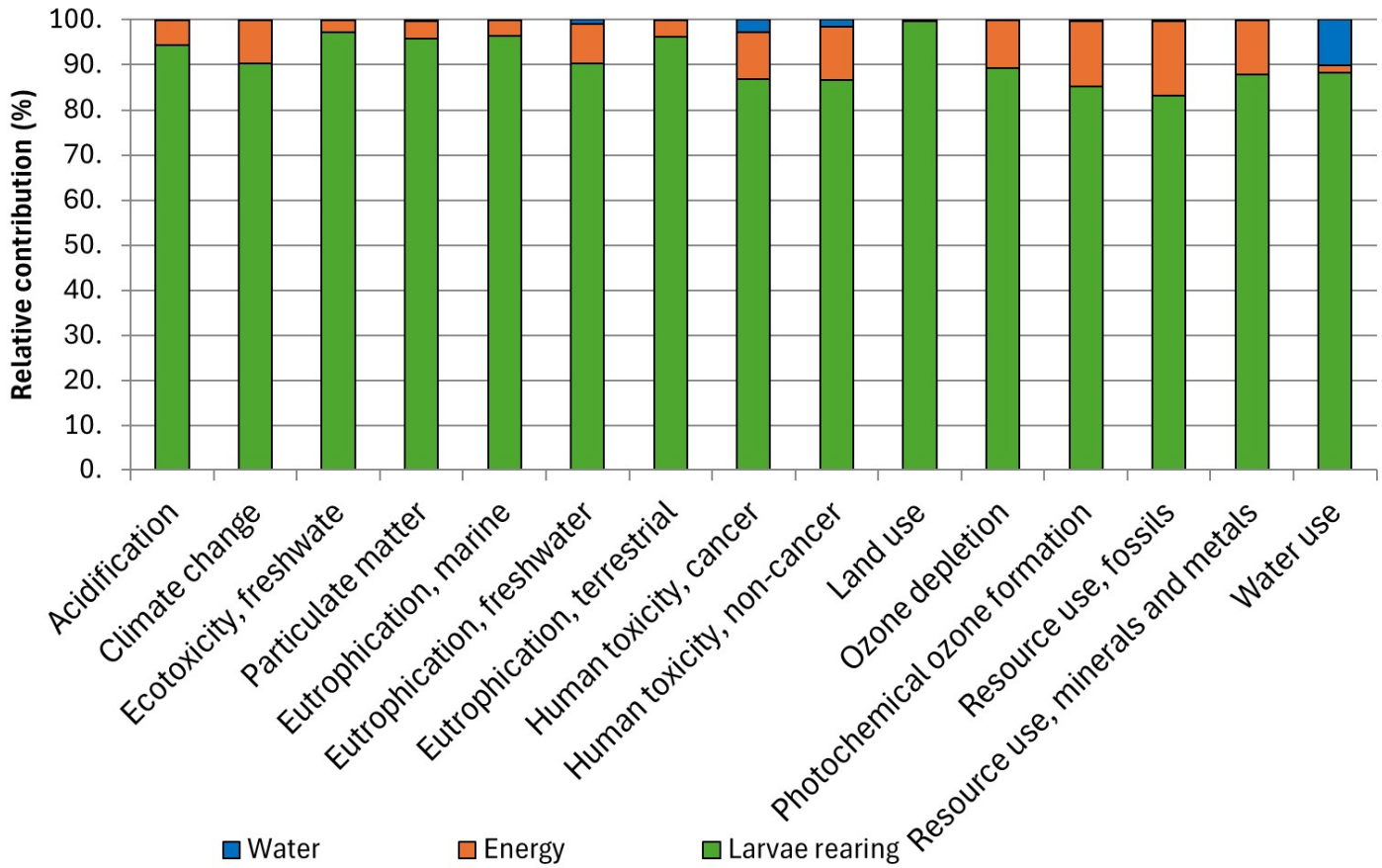
- Acidification (AC)
- Climate change (CC)
- Freshwater ecotoxiccity (ECOTOX)
- Particulate matter formation (PM)
- Eutrophication freshwater, Terrestrial and Marine (EF, ET, EM)
- Human toxicity – cancerogenic effect (HT_c)
- Human toxicity – non cancerogenic effect (HT_nc)
- Ozone layer depletion (OD)
- Photochemical ozone formation (POF)
- Fossil resources use (RU_f)
- Mineral and metal resources use (RU_mm)

Farina di *Hermetia illucens* - Risultati

Impact category	Unit	CTRL	CR1	CR2	CR3
Acidification	mol H+ eq	1.0E-02	6.6E-03	8.5E-03	9.1E-03
Climate change	kg CO2 eq	1.0E+00	8.6E-01	9.5E-01	9.6E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7.9E+00	5.1E+00	5.2E+00	4.0E+00
Particulate matter	disease inc.	6.8E-08	4.1E-08	5.4E-08	5.8E-08
Eutrophication, marine	kg N eq	1.6E-03	1.4E-03	2.0E-03	2.2E-03
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1.7E-04	1.3E-04	1.4E-04	1.4E-04
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3.8E-02	2.3E-02	3.1E-02	3.4E-02
Human toxicity, cancer	CTUh	3.5E-10	2.7E-10	2.9E-10	3.0E-10
Human toxicity, non-cancer	CTUh	9.5E-09	8.0E-09	8.1E-09	8.1E-09
Land use	Pt	6.1E+01	1.2E+01	1.3E+01	1.0E+01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	4.7E-08	3.4E-08	4.3E-08	4.5E-08
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2.9E-03	2.3E-03	2.6E-03	2.6E-03
Resource use, fossils	MJ	1.4E+01	1.2E+01	1.3E+01	1.3E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	6.4E-06	5.9E-06	6.1E-06	6.0E-06
Water use	m3 depriv.	2.2E+00	3.1E+00	6.1E+00	8.4E+00

Analisi dei contributi

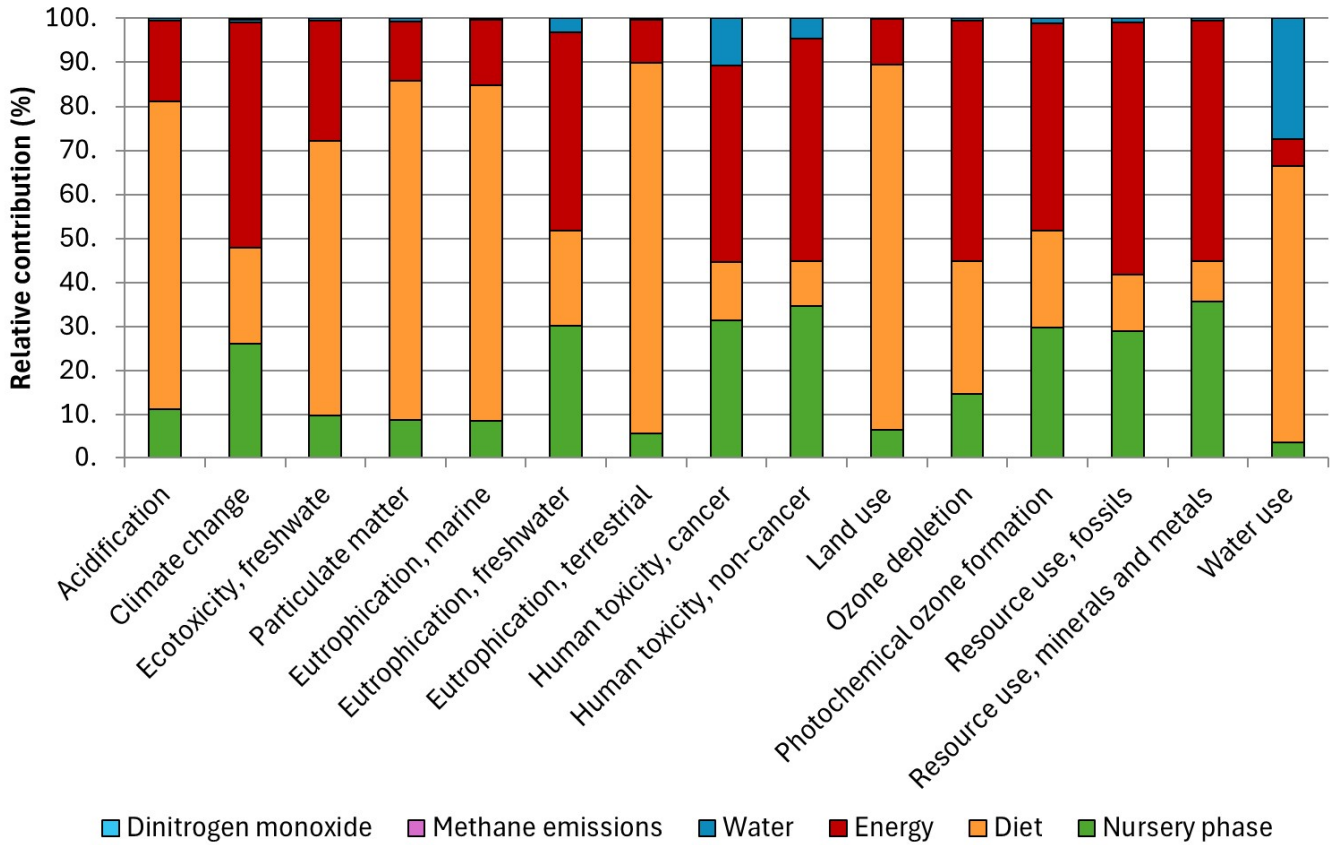
- Farina HI



- La fase **di allevamento delle larve** è il sottoprocesso maggiormente responsabile di tutte le categorie d'impatto.

Analisi dei contributi

➢ Larve HI



- Il **substrato** è il principale contributore agli impatti;
- **L'energia** è il secondo contributore, con un'incidenza compresa tra il **10% e il 57%;**
- La fase di **nursery** contribuisce per il **27%** al cambiamento climatico.

Farina di *Tenebrio molitor* - Risultati

Impact category	Unit	CTRL	WR1	WR2	PR1	PR2
Acidification	mol H+ eq	2.1E-02	2.7E-02	5.2E-02	2.4E-02	3.0E-02
Climate change	kg CO2 eq	5.5E+00	5.6E+00	8.0E+00	5.5E+00	6.4E+00
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1.3E+01	1.4E+01	2.2E+01	1.8E+01	2.5E+01
Particulate matter	disease inc.	1.1E-07	1.5E-07	3.2E-07	1.3E-07	1.7E-07
Eutrophication, marine	kg N eq	3.4E-03	6.9E-03	2.0E-02	5.5E-03	8.1E-03
Eutrophication, freshwater	kg P eq	9.5E-04	9.6E-04	1.2E-03	9.5E-04	1.0E-03
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4.4E-02	7.2E-02	1.8E-01	6.1E-02	8.1E-02
Human toxicity, cancer	CTUh	2.0E-09	2.1E-09	2.4E-09	2.0E-09	2.1E-09
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5.5E-08	5.5E-08	5.7E-08	5.5E-08	5.6E-08
Land use	Pt	5.3E+01	4.1E+01	1.3E+02	5.0E+01	1.1E+02
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2.3E-07	2.1E-07	4.5E-07	2.0E-07	3.0E-07
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1.6E-02	1.6E-02	2.1E-02	1.6E-02	1.7E-02
Resource use, fossils	MJ	8.3E+01	8.1E+01	1.1E+02	8.0E+01	9.1E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	4.3E-05	4.3E-05	4.8E-05	4.3E-05	4.5E-05
Water use	m3 depriv.	8.5E+00	2.5E+01	1.0E+02	1.1E+01	2.2E+01

Alcune considerazioni

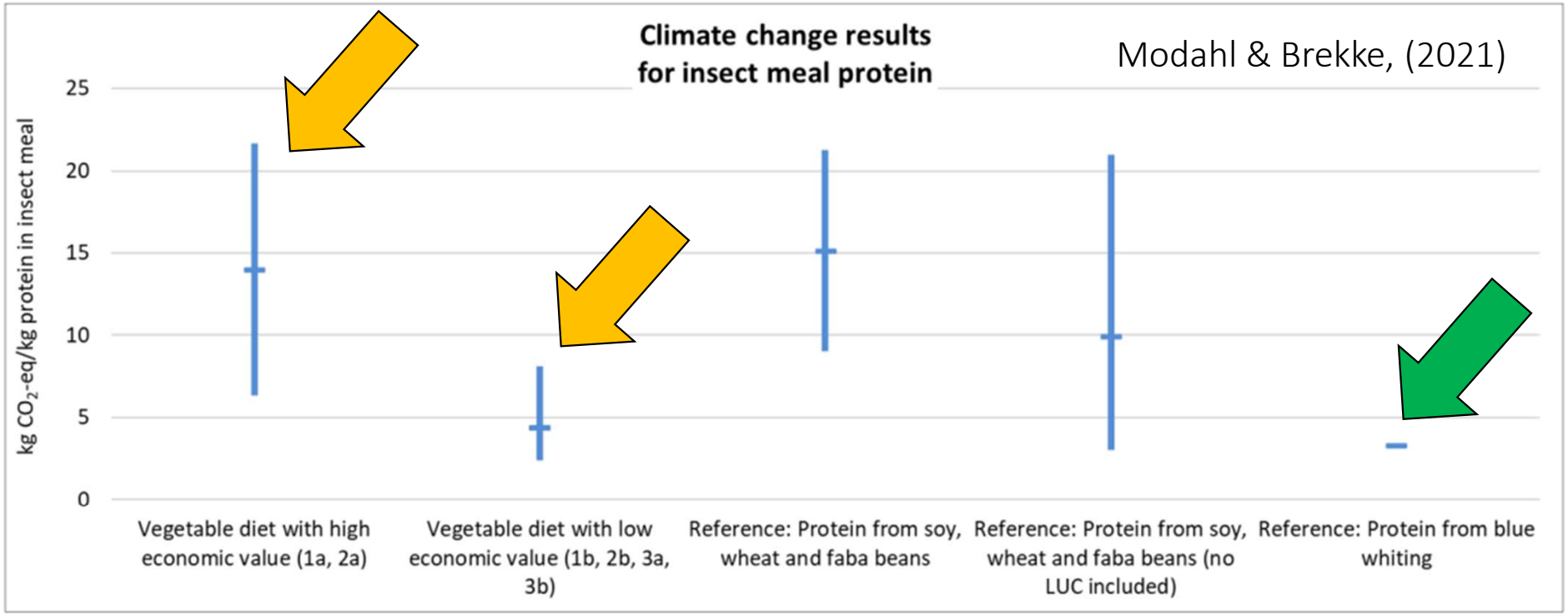


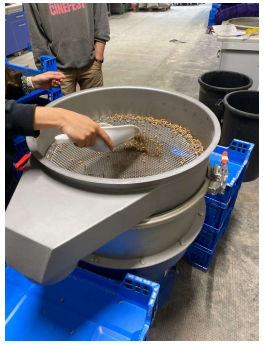
Fig. 7 Climate change results for insect meal, presented for two groups based on insect diet (results given per kg protein delivered to the west coast of Norway) compared with reference products (per kg delivered to feed mill in Norway). Number of insect cases: 6 in total

Discussione e conclusioni

- LCA Farina di insetti:
  - Impatto sul cambiamento climatico rimane una “challenge” → Possibili benefici in altre categorie di impatto come la Net Primary Production Use (da valutare sui mangimi);
  - Tecnologia emergente e «effetto scala» di produzione;
  - Indicatori di circolarità;
  - Altri aspetti da considerare (utilizzo frass).

- NEXT STEPS PROGETTO newRIFF

- Produzione massale di farina di insetto → maggior ottimizzazione/efficienza + utilizzo di dati primari
- Prove accrescimento trote → valutazione performance crescita e qualità delle trote



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Michele Zoli
michele.zoli@unimi.it