

Il *Carbon Footprint* del pane

Il pane è un alimento basilare, consumato in grandi quantità: 180 kg pro-capite all'anno in Svizzera, 120 kg in Polonia, 105 kg in Turchia e appena 31 kg in Italia. Nel nostro Paese, i consumi pro-capite di pane si sono ridotti dai 1100 g/d al tempo dell'Unità d'Italia agli 85 g/d del 2015. Ciò equivale a un consumo annuale di 1.86 milioni di Mg di pane, pari a 5100 Mg/d.

È comunemente ritenuto un alimento a basso impatto ambientale, come rilevato peraltro da numerose ricerche. Dal 1999 sono reperibili in letteratura almeno 16 studi, da cui si ricava che il *Carbon Footprint* (CF) del pane è compreso fra 256 e 2300 g CO_{2e}/kg (Jensen et al., 2014; Espinoza-Orias et al., 2011). In questo intervallo rientra il CF riportato nella recente dichiarazione ambientale di prodotto del *Pan Bauletto Bianco*, pari a 711 g CO_{2e}/kg (Barilla 2015).

Si ritiene che questa discrepanza nei valori di CF dipenda dalle ipotesi metodologiche; dai confini del sistema considerato, che includono la fase campo e la distribuzione al dettaglio o anche la fase d'uso; la scala di produzione (industriale, forno locale o casalingo); il tipo di energia utilizzata e le condizioni climatiche.

Usualmente, la fase del ciclo di vita del pane a maggior impatto ambientale (*hotspot*) risulta essere la coltivazione del grano tenero, soprattutto per le emissioni dirette e indirette di N₂O dai suoli agricoli. Seguono in ordine di importanza le fasi di panificazione e di consumo. Solo Andersson & Ohlsson (1999) identificarono nella fase di trasporto il 2° hotspot del ciclo di vita del pane, probabilmente a causa del fatto che inclusero anche il trasporto del pane dal

* Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF), Università degli Studi della Toscana

dettagliante alla casa del consumatore, fase che è stata successivamente esclusa dalla metodologia *Publicly Available Specification* (PAS) 2050 (BSI, 2008ab).

Scopo di questo lavoro è stato quello di calcolare l'impronta del carbonio (CF), secondo la metodologia PAS 2050, della produzione industriale di pane di grano tenero nel formato di pagnotta da 1 kg, imbustata in sacchetti microforati di polietilene (PE), nell'ipotesi che il prodotto sia destinato a un consumatore finale (*Business-to-consumer*, B2C). Si è quindi stimato il contributo emissivo di alcuni parametri, quali l'entità della concimazione azotata, la destinazione finale della paglia, la distanza di approvvigionamento del grano tenero e della farina e quella di distribuzione del prodotto finito. Infine, si valutata la sensitività del CF rispetto ai fattori di caratterizzazione delle emissioni biogeniche di gas climalteranti (*green house gases*, GHG) derivanti dall'aggiunta di fertilizzanti al terreno, secondo l'approccio TIER 1 delle Linee Guida IPCC (2006).

In figura 1 è illustrato lo schema a blocchi del sistema preso in esame per l'analisi del ciclo di vita: coltivazione del grano tenero e produzione dei materiali utilizzati, macinazione del grano tenero, panificazione, confezionamento, trasporto ai centri di distribuzione e ai dettaglianti, fase d'uso e smaltimento degli scarti, degli sprechi e dei materiali di imballaggio.

Per lo studio di base si sono utilizzati dati secondari sia per il processo che per i fattori di emissione (ADEME, 2007; Department of Climate Change and Energy Efficiency, 2010; Espinoza-Orias et al., 2011; ISPRA, 2012; Jensen et al., 2014; Tonni et al., 2010; banche dati - Ecoinvent, ETH, BUWAL250, Industry Data, IDEMAT 2001, LCA Food DK - presenti nel software SimaPro 7.2 v.2, Prè Consultants, Amersfoort, NL, con il metodo IPCC, 1997), ipotizzando quanto segue:

- una concimazione azotata di 175 kg N/ha, tipica in Italia Centrale (AAVV, 2000);
- una distanza di approvvigionamento del grano tenero di 1257 km (visto che il 62,1% del grano tenero importato in Italia proviene dalla Francia, dall'Austria, dall'Ungheria e dalla Germania (Montanari, 2015);
- distanze percorse dalla farina per raggiungere il panificio e dal prodotto finito (raccolto in cestelli di polietilene ad alta densità della capacità di 912 L) per raggiungere i centri di distribuzione pari rispettivamente a 150 e 100 km;
- pane sprecato nella fase di distribuzione pari a circa il 18% di quello ricevuto, come comunicato dall'Associazione per la difesa e l'orientamento dei consumatori (ADOC) in occasione della Giornata nazionale per la lotta agli sprechi alimentari (Bressa, 2015);
- modalità di consumo del pane, richieste dalle Product Category Rules per

FASI CICLO DI VITA	EMISSIONI	CF	CONTRIBUTO
	kg CO _{2e} /ha	kg CO _{2e} /kg pane	%
Fase Campo (FC)	2837	0,52	69,4
Fase Macinazione (FM)	207	0,04	5,1
Fase Panificazione (FP)	1042	0,19	25,5
Fase Grossista-Dettagliante (FGD)	84	0,02	2,1
Fase Uso (FU)	75	0,01	1,8
Fase Smaltimento (FS)	-1459	-0,27	-35,7
Fase Trasporto (FT)	1303	0,24	31,9
Emissioni Totali	4090	0,75	100,0

i derivati dei cereali (PCR, 2014) e in linea con quanto riscontrato in un sondaggio *on line* condotto dal sito www.coldiretti.it: 67% del pane consumato tal quale o grattugiato, 18% dopo surgelazione e rinvenimento in forno e il residuo 15% utilizzato come mangime animale o smaltito come rifiuto organico;

- per lo smaltimento dei residui, degli scarti di lavorazione e degli sprechi si è ipotizzato: la pacciamatura del 60% della paglia prodotta e l'incenerimento del 40% residuo; radici interamente lasciate su campo; avvio in discarica degli scarti di macinazione; utilizzo in mangimistica del germe di grano, crusconi e scarti di panificazione (0,8% dell'impasto e 0,5% del pane prodotto); raccolta differenziata e riciclo dei sacchetti microforati e dei big-box scartati; raccolta differenziata del pane sprecato nelle fasi di distribuzione e d'uso e successivo compostaggio.

Si riportano di seguito le emissioni GHG delle diverse fasi del ciclo di vita del pane con il loro contributo percentuale, da cui si evince un CF di ca. 0,75 kg CO_{2e}/kg pane, in linea con le determinazioni già citate.

I principali *hotspots* del ciclo di vita del pane sono, in ordine di importanza, la coltivazione del grano tenero (ove le emissioni di N₂O e di CO₂ associate all'utilizzo e alla produzione di fertilizzanti minerali rappresentano il 47,8% e il 36,5% delle emissioni totali), il trasporto delle materie prime e del prodotto finito e la fase di panificazione. L'utilizzo in mangimistica degli scarti di macinazione e di panificazione costituisce un credito tale da compensare le emissioni GHG delle fasi di macinazione, panificazione, distribuzione e d'uso.

Nel caso in cui il consumatore utilizzasse tutto il pane acquistato, il CF del pane si ridurrebbe a 0,71 kg CO_{2e}/kg pane: -5.2% rispetto al caso di riferimento.

Se il grano tenero utilizzato provenisse *in toto* dal Canada con le seguenti

modalità: trasporto stradale (1500 km), poi navale (7301 km) e infine ferroviario (78 km) fino al molino, il CF del pane aumenterebbe a 1.075 kg CO_{2e}/kg: +43,6% rispetto al caso di riferimento.

Ovviamente, un approvvigionamento a filiera corta (250 km) di frumento tenero di appropriate proprietà reologiche ridurrebbe il CF del 14,6%.

La pacciamatura *in toto* della paglia prodotta aumenterebbe il CF del pane del 20%, mentre il totale incenerimento con conseguente recupero energetico lo contrarrebbe del 30%.

Variando il coefficiente di emissione EF₁ dell'approccio TIER 1 IPCC (2006) fra il valore minimo e quello massimo (0,003-0,03 kg N in forma N₂O per kg di N da fertilizzante azotato), il CF del pane varierebbe del (-17,8%) e del (+50,9%) rispetto al caso di riferimento (EF₁ = 0,01). Più contenuta la sensitività di CF (-5,3 | +13,4%) rispetto alle variazioni del coefficiente di lisciviazione dell'azoto EF₅ dell'approccio TIER 1 (IPCC, 2006) nell'intervallo (0,0005-0,025 kg N in forma N₂O per kg di N da fertilizzante azotato) rispetto al valore di riferimento (EF₅=0,0075). Ancor più limitato l'impatto della distanza tra il molino e il panificio o tra il panificio e i centri di distribuzione del pane; infatti, assunta pari a 0 km, il CF del pane si ridurrebbe solo del 2,6 o del 4% rispetto al valore di riferimento.

Una soluzione apparentemente ottimale, quale una concimazione azotata elevata dell'ordine di 210 kg N/ha (per ottenere una resa in granello di 7000 kg/ha), filiera corta per l'approvvigionamento del grano tenero (250 km), totale incenerimento della paglia prodotta, fase di macinazione all'interno del panificio e distribuzione del prodotto finito entro un raggio di 30 km, ridurrebbe il CF del pane a 0,36 kg CO_{2e}/kg. Qualora il fattore di emissione EF₁ aumentasse dall'1 al 3%, il CF si ridurrebbe appena del 9.2% (0.68 kg CO_{2e}/kg pane) rispetto al caso di riferimento.

In conclusione, dall'analisi delle emissioni GHG associate all'intero ciclo di vita del pane industriale di grano tenero in sacchetti microforati di PE, si è stimato un CF di circa 0.75 kg CO_{2e} per kg di pane, in linea con i dati di letteratura. La fase campo costituisce il primo *hotspot*, seguito dalla fase di trasporto se il grano tenero proviene *in toto* da paesi UE e poi dalla fase di panificazione. Questi *hotspots* si invertono se il grano tenero è di origine *locale*.

La minimizzazione dell'impatto della fase campo renderebbe prioritaria l'applicazione di tecniche colturali a minor impatto ambientale per la produzione del frumento tenero. Le emissioni dirette e indirette di N₂O dai suoli agricoli stimate con l'approccio TIER 1 (IPCC, 2006) sono affette da un troppo alto livello di incertezza e dovrebbero essere confermate da misure in campo.

ABSTRACT

This study assessed the environmental impact of the industrial production of 1 kg of soft wheat bread, as packed in polyethylene pouches, in compliance with the Publicly Available Specification 2050 standard method. The sensitivity of the carbon footprint was analyzed with respect to the soft wheat, flour and bread chains, straw waste management, and uncertainty ranges of the emission factors for direct and indirect soil N₂O emissions.

The *Life Cycle Inventory Analysis* allowed the consumption of raw materials and energy resources, as well as the formation of solid wastes and by-products at the soft-wheat cultivation, bread manufacture, and consumer phases, to be estimated. By referring to the emission factors, as derived from the literature and databases of the SimaPro 7.2 software according to the method IPCC (1997), the CF was found to be about 750 g CO_{2e} kg⁻¹. The agricultural stage was identified as the primary hotspot, N₂O emissions being the dominant ones (47.8% of total). The secondary hotspot was the transport phase, the 57.2% of total being associated to the transport of grains from the main soft wheat producing EU countries (i.e., France, Austria, Hungary and Germany). The third hotspot was bread processing. In addition, the waste management stage (i.e., landfilling of wheat milling wastes, use of bran, wheat germ, and bread making residues as feed, composting of wasted bread, and recycling of plastic residues) yielded a net reduction in the GHG emissions of about 270 g CO_{2e} kg⁻¹.

A sensitivity analysis of the carbon footprint confirmed that the main hot spot in the life cycle of bread was soft wheat cultivation, that should be targeted for mitigating the carbon footprint of bread. Owing to the wide uncertainty range of the default emission factors for the direct and indirect N₂O emissions from managed soils, more research is thus needed to assess the effective values of such emissions.

BIBLIOGRAFIA

- AAVV (2000): *Manuale di corretta prassi produttiva per il frumento tenero e i relativi derivati di molitura. 3A* - Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria, Regione Umbria. (http://www.landscapeoffice.it/wp-content/uploads/MCPP_Frumento_Tenero-1.pdf).
- ADEME (2007): *Emission Factors Guide. Version 5.0. Emission factors calculation and bibliographical sources used*, p. 23.
- ANDERSSON K, OHLSSON T (1999): *Life cycle assessment of bread produced on different scales. Int J Life Cycle Assess* 4 (1): 25-40.
- BARILLA (2015): *Pan Bauletto bianco, al grano duro, integrale, cereali & Soia: Dichiarazione ambientale di Prodotto*. EPD® N° registrazione S-P-00223 (<http://www.environdec.com/en/Detail/epd223>).
- BRESSA R (2015): *10 regole per ridurre lo spreco alimentare*. (<http://www.lifegate.it/persona/news/10-regole-per-ridurre-lo-spreco-alimentare>)
- BSI (2008a): *Publicly Available Specification (PAS 2050) for the assessment of the life cycle greenhouse gas emission of goods and services*. British Standards Institution, London.
- BSI (2008b): *Guide to PAS: How to assess the carbon footprint of goods and services*. British Standards Institution, London.
- DEPARTMENT OF CLIMATE CHANGE AND ENERGY EFFICIENCY (2010): *National Green-*

- house Accounts (NGA) factors. Commonwealth of Australia*, pp 47-48. (www.climate-change.gov.au).
- ESPINOZA-ORIAS N, STICHNOTHE H, AZAPAGIC A (2011): *The carbon footprint of bread*. Int J Life Cycle Assess 16: 351-365.
- IPCC (1997): *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2006): *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 4. *Agriculture, Forestry and Other Land Use*. IPCC Technical Support Unit, Kanagawa, Japan.
- ISPRA (2012): *Produzione termoelettrica ed emissioni di CO2. Fonti rinnovabili e impianti soggetti a ETS*. n. 135/2011 (<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/produzione-termoelettrica-ed-emissioni-di-co2>)
- JENSEN JK, ARLBJØRN JS (2014): *Product carbon footprint of rye bread*. J Cleaner Prod 82: 45-57.
- MONTANARI C (2015): *Frumento e tendenze recenti*. ISMEA, Roma
- PCR (Product Category Rules) (2014): *Product Group: UN CPC 231 Grain Mill Products. Version 1.02*, The International EPD® System
- TONNI M, DONNA P, VALENTI L (2010): *Ita.Ca[®], il calcolatore italiano di emissioni di gas serra*. Suppl. Informatore Agrario 13: 21-26.

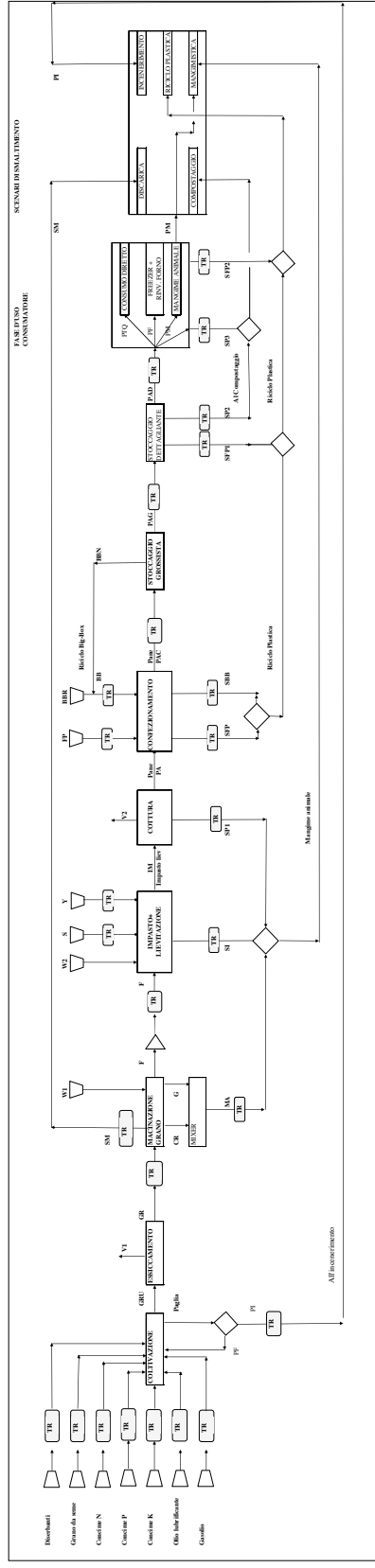


Fig. 1 Diagramma di flusso del processo di produzione di pane di grano tenero

