

INTERREG VI-A ITALIJA SLOVENIJA 2021-2027

BeBlue Beyond Bluegrass:

Krepitev trajnostnega agrobiznisa skozi akvaponiko Krepitev
trajnostne kmetijski proizvodi proizvodnja iz akvaponike

D2.2.1. Spletno orodje za oceno okoljskega odtisa.

INTERREG VI-A ITALIJA SLOVENIJA 2021-2027

Obvestilo o kapitalizaciji/ Poziv za kapitalizacijo N. 01/2022R

Šifra projekta: ITA-SI0100069 BeBlue

Datum začetka: 1. september 2023 – Trajanje 24 mesecev

Projektni partnerji/ Projekti partnerji :

Projekt BeBlue sofinancira Evropska unija v okviru programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.

Projekt BeBlue sofinancira evropski združeni v okviru Program Interreg VI-A Italija-Slovenija .



Università
Ca' Foscari
Venezia



UNIVERZA V LJUBLJANI
University of Ljubljana



Projekt/ Projekt :	Interreg Italija – Slovenija BeBlue – Onkraj modre trave
št. projekta / Številka projekt :	ITA-SI0100069
WP	WP2 - Orodja za vrednotenje okoljske in ekonomske trajnosti /
dejavnost	A2.1 Spletni oglični in vodni odtis za podjetja akvaponika
Dostavljivo	D2.1.1 /Spletno orodje za ocenjevanje okoljski odtisi /
Različica / posodobljeno :	1
Datum pošiljanja / Datum odpreme :	
Odgovorni partner / Odgovorni partner:	ZDRUŽENI
Avtorji/ svetovalci :	Joseph Safi, Roberto Pastres

Dobavljiva vrsta / Vrsta končnega izdelka		
R	Dokument, poročilo / Dokument , poročilo	
DEM	Demonstrator, pilot, prototip - Demo, pilotni projekt , prototip	X
DEC	Spletne strani, videi itd. / Spleen čudno , video objave itd .	
DRUGO		

Stopnja razkritja / Stopnja britje		
Lahko	Javni – Javni	X
CO	Zaupno, samo za projektne partnerje, tehnično sekretarko in komisijo program management / zaupno , samo za projektne partnerstvo , tehnologija sekretarja in odbora za upravljanje program	

Odobritev končnega izdelka / Odobritev izročka		
Interno odobreno		
Odobreno notranjost		
Odobril WP Leader		
Odobril WP Vodja		
Potrjen s strani koordinitorja	Roberto Pastres (UNIVE)	
Odobril koordinitor		

Kontakti koordinitorja / Kontakti usklajevanje	
Ime koordinitorja projekta	Roberto Pastres
Organizacija koordinitorja projekta	Univerza Ca' Foscari v Benetkah
Naslov	Via Torino 155, 30172, Mestre (VE) - Italija
E-pošta	pastres@ unive, it
Spletna stran projekta	https://www.ita-slo.eu/it/beblue

BEBLUE POVZETEK	6
SEZNAM KRATIC - SEZNAM AKRONIMOV	6
POVZETEK	8
1. UVOD	9
1.1 Namen dokumenta in struktura končnega izdelka	9
2. METODOLOGIJE LCA IN PEF	11
2.1 Okoljski odtis izdelka ali PEF	12
3. VIRTUALNI SISTEMI	17
3.1 Družinski sistem samoporabe	17
3.2 Večdružinski proizvodni obrat	18
3.3 Družinski komercialni obrat	19
4. KALKULATOR OGLJIKOVEGA IN VODNEGA ODTISA	20
4.1 Podatki, zahtevani od uporabnika	20
4.2 Podatki, pridobljeni s kalkulatorjem	21
5. SKLEPI	22

Indeksne slike in tabele

Slika 1 Faze analize življenjskega cikla po metodologiji ISO (2006)	12
Slika 2. Faze vrednotenja okoljskega odtisa izdelka ali PEF.	13
Slika 3 Odstotek prispevkov k porabi električne energije glavnih naprav, ocenjen na podlagi podatkov, zbranih v IP-UNIVE	17
Tabela 1: Kategorije in kazalniki učinka, ki se uporabljajo za izračun PEF.	14
Tabela 2: Normalizacijski in utežni faktorji za izračun PEF.	16
Tabela 3: Vrste akvaponičnih sistemov, ki jih je mogoče izbrati	17
Tabela 4: Infrastrukturne komponente sistema družinske lastne porabe.	18
Tabela 5: Infrastrukturne komponente večdružinskega sistema lastne porabe.	19
Tabela 6: Infrastrukturne komponente večdružinskega sistema lastne porabe	19
Tabela 7: Vhodni podatki, ki jih lahko vnese uporabnik.	21

BeBlue Beyond Bluegrass

Krepitev trajnostnega agrobiznisa z akvaponiko

Spletno orodje za oceno okoljskega odtisa

(italijanska različica)

BEBLUE POVZETEK

BeBlue - Beyond Bluegrass, prispeva k uresničevanju specifičnega cilja SO2.6 programa čezmejnega sodelovanja Italija-Slovenija: »Spodbujanje prehoda v krožno in z viri gospodarno gospodarstvo«. Namen projekta je olajšati širjenje akvaponike. Ta trajnostna, krožna tehnologija omogoča soproizvodnjo rib in rastlinskih vrst v reciklacijskih sistemih. BeBlue izkorišča rezultate, dosežene s projektom čezmejnega sodelovanja BLUEGRASS, (<https://2014-2020.ita-slo.eu/bluegrass>), ki je v programsko območje uvedel akvaponiko,

V ta namen bo BeBlue zagotovil orodja za:

1. optimizirati upravljanje akvaponičnih sistemov z njihovo digitalizacijo in razvojem prototipa »Digital Twin«;
2. prikazati potencialno uporabo akvaponičnih sistemov za pridobivanje inovativnih izdelkov z visoko dodano vrednostjo, kot so: i) makroalge; ii) kozarček; iii) mikrozelenje.
3. oceniti okoljsko trajnost izdelkov z razvojem kalkulatorja, ki lahko zagotovi okoljski odtis izdelka (Product Environmental Footprint).
4. Ovrednotiti ekonomsko vzdržnost tovrstnih produkcij, s pomočjo tržne analize, katere cilj je oceniti sprejemljivost uporabe akvaponične tehnologije s strani proizvajalcev in potrošnikov, razvoj orodja za oceno donosnosti investicije akvaponskih sistemov.
5. Povečati ozaveščenost in prepoznavnost akvaponike med akterji v industriji in potencialnimi vlagatelji

Delovni načrt BeBlue je razdeljen na 3 pakete ali delovne pakete, katerih posebni cilji so povzeti spodaj. Poleg dejavnosti prenosa tehnologije ali mreženja vključujejo tudi komunikacijske in diseminacijske dejavnosti, namenjene različnim vrstam potencialnih uporabnikov.

WP1: Beyond Bluegrass: Digitalizacija in diverzifikacija izdelkov

Cilji: Izboljšati pilotne naprave, razvite v BLUEGRASS, ter razviti, preizkusiti in razširjati digitalna orodja za podporo upravljanja in optimizacije akvaponičnega obrata.

WP2: Orodja za oceno okoljske in ekonomske trajnosti.

Cilji: Razviti orodja za podporo investitorjem in operaterjem pri načrtovanju in upravljanju akvaponičnih sistemov, zagotavljanje smernic za izbiro izdelkov in spletnih orodij za vrednotenje ekonomske in okoljske trajnosti.

WP3: Mreženje in valorizacija

Cilji: spodbujati razvoj in vrednotenje znanja, pridobljenega s prejšnjim projektom Bluegrass in z novimi dejavnostmi, krepitev nadslovesnega povezovanja v mreže s procesi participacije in razširjanjem rezultatov.

SEZNAM KRATIC

DT	Digital Twin – Digitalni dvojček
EF	okoljski odtis
GH	Hidroponski rastlinjak – Zelena hiša
IP-UNILJU	Aquaponic pilotna naprava, ki jo upravlja Univerza v Ljubljani
IP-UNIVE	Aquaponic pilotni obrat , ki ga upravlja Univerza Ca' Foscari v Benetkah
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo - Mednarodna organizacija za standardizacijo
LCA	Analiza življenjskega cikla
LCI	Life Cycle Inventory – Inventar življenjskega cikla
LCIA	ocena učinka življenjskega cikla v LCA –
OEF	Organizacijski okoljski odtis (OEF)
PEF	Okoljski odtis izdelka
PEFCR	Pravila kategorije okoljskega odtisa izdelka
OEFCR	Sektorska pravila za okoljski odtis organizacije
RAS	Recirkulacijski ribogojni sistem
EU	Evropska unija

POVZETEK

Ta članek opisuje glavne funkcionalnosti platforme IT, ki zagotavlja predhodno oceno ogljičnega odtisa in vodnega odtisa akvaponičnih izdelkov. Programska oprema obdeluje tudi okoljski odtis izdelka ali PEF Okoljski odtis, ki temelji na nekaterih predpostavkah o načinih pakiranja in pošiljanja izdelka do mesta nakupa. Sprejeta metodologija temelji na analizi življenjskega cikla soproduktov akvaponičnega sistema ali LCA. Podatki o inventarju porabe energije in materialnih tokov so bili ocenjeni na podlagi rezultatov, pridobljenih med poskusi, izvedenimi v pilotnih napravah, ki so podrobno opisani v izsledkih D1.1.1, D1.3.1, D1.4.1. Ocene so bile prilagojene različnim vrstam in velikostim rastlin z uporabo prototipa digitalnega dvojčka ali digitalnega dvojčka, predstavljenega v izročilu D1.4.2. V predhodni fazi je bil LCA uporabljen za pilotni obrat, ki ga upravlja LP-UNIVE: v skladu z literaturo so rezultati poudarili, da približno 90 % ogljičnega odtisa izvira iz porabe energije: to je omogočilo poenostavitev metodologije, združevanje infrastrukturnih komponent in uporabljenih materialov. Poleg tega nam je analiza časovnih vrst porabe energije glavnih naprav, ki jo je omogočila izvedba podrobnega načrta spremljanja, opisanega v izročilu D4.1.1, omogočila identifikacijo naprav, ki imajo največji vpliv na ogljični odtis. Na podlagi tega kalkulator upošteva tri vrste obratov, ki jih razvršča glede na intervale pričakovanih proizvodnih količin: A) obrat za družinsko lastno porabo; B) Sistem za skupine lastne potrošnje; C) družinski poslovni objekt.

Za vsak razred je bila opredeljena tipična infrastruktura, začenši z obsegom proizvodnje rib, kar omogoča ovrednotenje večjega pretoka materiala, tj. krme za ribe, in porabe energije. Letni donos ribje in rastlinske biomase je izračunan s prototipom Digital Twin ob predpostavki, da temperatura vode, temperatura zraka in vlažnost ter intenzivnost fotosintetsko aktivnega sončnega sevanja sledijo tipičnim razvojem za programsko območje.

Preliminarni rezultati, pridobljeni off-line, kažejo, da kalkulator zagotavlja vrednosti v skladu z literaturo in ga je zato mogoče predlagati uporabnikom prek enostavno uporabnega vmesnika, ki ga bo v trijezični različici (italijansko-slovenski in angleški) pripravil in brezplačno objavil PP6-LegaCoop.

1. UVOD

Okoljska trajnost živilskih izdelkov postaja vse pomembnejši dejavnik pri njihovem trženju, še posebej pri ciljanju na segmente potrošnikov, ki so na to problematiko še posebej občutljivi. Izdelki akvaponičnega sistema, ribe in zelenjava, so zdravi in je zelo priporočljiva njihova vključitev v individualno prehrano, kjer ni treba upoštevati posebnih predpisov, povezanih s patologijami. Poleg tega njihova poraba ni omejena z etnično-verskimi razlogi. Še vedno pa ostaja odprto vprašanje njihove okoljske trajnosti, saj na eni strani krožnost sistema omogoča nedvomen prihranek vode in daje veliko možnosti za zapiranje materialnih ciklov, pridobivanje tako iz odpadne vode kot iz blata, na drugi strani pa je potreba po energiji bistveno večja od proizvodnje istih količin biomase v tradicionalnih ločenih sistemih. Zato je treba sprejeti konsolidirane in pregledne metodologije za celovito oceno okoljskega vpliva akvaponičnih izdelkov. Vrednotenje trajnosti je zapleteno: vendar postajajo nekateri kazalniki vse bolj razširjeni, ki do neke mere omogočajo primerjavo vpliva izdelkov na okolje in s tem spreminjanje uravnotežene izbire hrane, da se zmanjša njihov vpliv na okolje. Zlasti ogljični odtis je zelo iskan med potrošniki in ga že zagotavljajo nekatera proizvodna podjetja. Manj znan, a nič manj pomemben v zvezi s prilagajanjem podnebnim spremembam je vodni odtis. Nazadnje, smernice, ki jih je izdala Evropska unija, opredeljujejo metode za izračun celotnega indeksa vpliva na okolje, imenovanega okoljski odtis izdelka – PEF, ki ga sestavlja šestnajst indikatorjev vpliva, povezanih z enakim številom kategorij škode. Izračun teh indikatorjev in indeksov temelji na konsolidirani in standardizirani metodologiji, imenovani Analiza življenjskega cikla . Ocenjevanje , LCA. Uporaba LCA v določenem proizvodnem sistemu je precej zapletena in zahteva podrobno analizo infrastrukturnih komponent in tokov potrošnega materiala: vendar lahko hitra ocena, ki temelji na razumnih predpostavkah, še vedno zagotovi uporabne indikacije za primerjavo zgoraj omenjenih kazalnikov in indeksov s kazalniki in indeksi podobnih izdelkov, pridobljenih z različnimi metodami. To je lahko zelo uporabno v fazi načrtovanja izdelka, ki sledi načelom upravljanja življenjskega cikla : na primer, preventivna ocena ogljičnega odtisa, pridobljena z analizo "virtualne naprave" ali "digitalnega dvojčka" naprave, lahko zagotovi uporabne indikacije za identifikacijo segmenta potrošnikov, na katerega se nagovarja, in tako vpliva na hipoteze o prodajni ceni. Te premisleke je mogoče vključiti v poslovni načrt za nov izdelek.

Zato je projekt BeBlue predvidel razvoj kalkulatorja okoljskega in vodnega odtisa, ki ga bo spremljal kalkulator indeksa PEF: kalkulator bo opremljen z uporabniškim vmesnikom, prosto dostopnim v treh jezikih (italijanščini, slovenščini in angleščini) prek spletne strani, ki jo je postavil PP6-LegaCoop.

1.1 Namen dokumenta in struktura končnega izdelka

Ta dokument ponazarja metodologijo, sprejeto za razvoj kalkulatorja vodnega in ogljičnega odtisa za izdelke akvaponičnega sistema, ter opisuje funkcionalnosti vmesnika, ki bo omogočil njegovo oceno. V skladu s ciljem tega poročila je dokument razdeljen na ta uvod in tri druga poglavja. V drugem poglavju so predstavljene metodologije za analizo življenjskega cikla LCA, na katerih temelji izračun ogljičnega in vodnega odtisa ter ocena okoljskega odtisa izdelka ali PEF. Naslednje poglavje povzema značilnosti treh vrst sistemov, za katere je bil kalkulator

programiran. V četrtem poglavju so opisane glavne funkcije kalkulatorja in podatki, ki jih uporabnik zahteva. Glavne ugotovitve so predstavljene v zadnjem poglavju.

2. METODOLOGIJE LCA in PEF

Pozornost potrošnikov do trajnosti izdelkov in storitev, ki jih uporabljajo, se nenehno povečuje, zlasti med nekaterimi skupinami, ki so posebej občutljive na vprašanja varstva okolja in socialne pravičnosti. Analiza življenjskega cikla, LCA – življenjski cikel V nadaljevanju se ocenjevanje uveljavlja kot eno glavnih orodij za kvantitativno vrednotenje okoljske trajnosti izdelkov, storitev in organizacij.

V skladu z ISO 14040 (ISO, 2006) LCA vključuje štiri faze, predstavljene na sliki 1 in na kratko opisane spodaj.

1) Opredelitev cilja in obsega

Na tej stopnji je treba jasno opredeliti namen in različne cilje analize, ki jo želite izvesti. Poleg tega morajo biti definirane tudi FUNKCIONALNE ENOTE IN MEJE SISTEMA.

- **FUNKCIONALNA ENOTA:** je referenčna enota, ki se uporablja za kvantificiranje delovanja proizvodnega sistema. Funkcionalna enota je merilo funkcionalnosti proučevanega sistema in zagotavlja referenco, s katero lahko povežemo tokove snovi in energije, ki vstopajo in izstopajo iz sistema. Pomembno je poudariti, da izhodni tokovi vključujejo tako proizvode, v našem primeru ribe in zelenjavo, kot odpadke, na primer odpadno vodo.
- **MEJE SISTEMA:** Treba je določiti, katere procese vključiti v študijo LCA. Opredelitev meja sistema deloma temelji na subjektivni izbiri upravljavca, ki jo je treba narediti pri določanju namena in ciljev analize.

2) Analiza zalog (inventar življenjskega cikla – LCI)

To je faza zbiranja podatkov in lahko predstavlja najbolj kritičen korak študije. Najbolj zanesljivi podatki so tisti, ki jih posreduje neposredno proizvodno podjetje, npr. letna poraba električne energije akvaponičnega sistema: ti podatki se imenujejo "primarni podatki". V mnogih primerih pa je treba popis izpolniti z uporabo "sekundarnih podatkov", pridobljenih iz baz podatkov ali sklepanih na podlagi razumnih predpostavk. Na primer, podjetje za akvaponiko ne proizvaja krme za ribe, zato bo treba vpliv proizvodnje krme na okolje izračunati posredno na podlagi njene sestave. Bolj robustni so rezultati, večja je razpoložljivost primarnih podatkov. Na voljo so številne podatkovne baze, dostopne prek programske opreme, ki vam omogočajo modeliranje proizvodnega procesa in izračun indikatorjev vpliva na okolje, od katerih so nekatere plačljive, kot je Ecoinvent® v3.8, druge brezplačne, na primer Agribalyse®, še posebej primerna za uporabo LCA v agroživilski verigi.

3) Ocena učinka (ocena vpliva življenjskega cikla)

V tej fazi so opredeljene kategorije vpliva (IC), ki so najprimernejše za karakterizacijo okoljskega vpliva izdelka/storitve, in metodologije, uporabljene za njihov izračun, izhajajoč iz materialnih in energetskih tokov, opredeljenih v popisu. Sčasoma je bilo razvitih več metodologij LCIA: kalkulator uporablja metodologijo okoljskega odtisa – EF, ki jo spodbuja Evropska unija in se uporablja tudi za izračun okoljskega odtisa izdelka ali **PEF**, **opisan** v naslednjem razdelku.

4) Interpretacija in analiza rezultatov

To je zadnja faza analize, v kateri se dobljeni rezultati interpretirajo in razpravljajo, zlasti za identifikacijo tokov snovi in energije, ki povzročajo najpomembnejše vplive. Na ta način je mogoče z modelom ovrednotiti učinke hipotez o izboljšanju proizvodnega procesa, ki lahko zmanjšajo tako okoljske stroške: to se pogosto prevede tudi v zmanjšanje obratovalnih stroškov. Na primer, prepoznavanje tokov, ki največ prispevajo k ogljičnemu odtisu, pogosto vodi do prepoznavanja energetske najbolj intenzivnih faz proizvodnega procesa: ustrezni ukrepi za energetske učinkovitost torej zmanjšajo tako vpliv kot stroške.

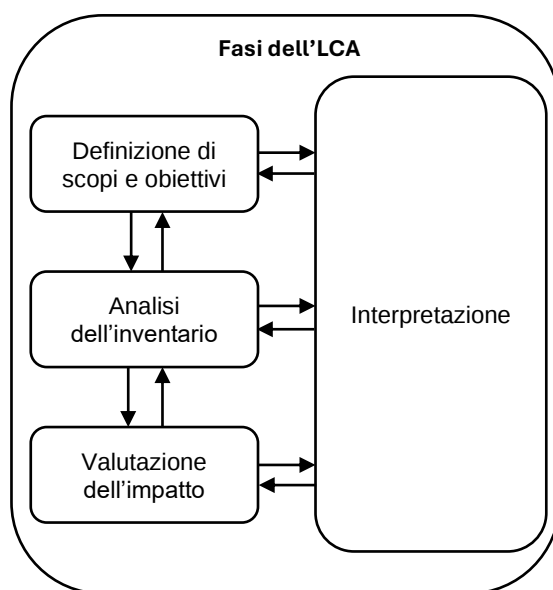


Fig. 1 Fasi dell'analisi del ciclo di vita in accordo con la metodologia ISO (2006)

2.1 Okoljski odtis izdelka ali PEF

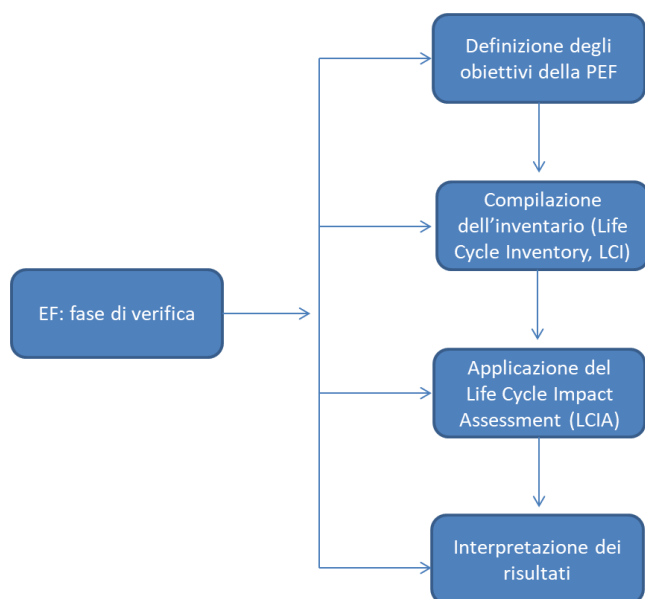
Čeprav je metodologija LCA standardizirana, njena uporaba še vedno pušča nekaj prostora za subjektivne odločitve glede, na primer:

- sistem predmet analize ;
- porazdelitev vplivov med soproizvode istega proizvodnega procesa, v tem primeru ribe in rastlinske vrste;
- izbira kategorij in kazalnikov vpliva;
- metodologije za karakterizacijo vpliva.

Rezultati študij LCA, ki se nanašajo na podobne izdelke, so torej lahko tudi med seboj zelo različni, z očitnimi posledicami na komunikacijsko in tržno strategijo ter navsezadnje na izbiro potrošnikov. Zato je EU leta 2013 začela široko prizadevanje za usklajitev ocene okoljskega vpliva izdelkov/storitev/organizacij (Priporočilo Komisije 2013/179/EU), ki temelji na nizu pravil, ki so skupna na ravni Skupnosti za analizo okoljskega odtisa, Environmental Footprint-EF, ki se

uporablja za izdelke, storitve, podjetja in organizacije. Prvi referenčni dokument je Priloga II k CR 2013/179/EU, ki opredeljuje **okoljski odtis izdelka (PEF)** kot »večkriterijska analiza okoljske učinkovitosti blaga ali storitve v celotnem življenjskem ciklu«. PEF ima splošni cilj poskušati zmanjšati okoljske vplive blaga in storitev z upoštevanjem dejavnosti dobavne verige, od pridobivanja surovin preko proizvodnje in uporabe do končnega ravnanja z odpadki.« Zato PEF in okoljski odtis organizacij, v nadaljevanju **Organizacija Okoljski odtis (OEF) želi na ravni Evropske unije uskladiti** študije okoljskega odtisa (EF), ki po definiciji temeljijo na sistemskem pristopu k proizvodnim verigam in konkretno na metodologiji LCA.

Smernice za izvajanje ocenjevalnih študij PEF in OEF, predstavljene v Prilogi II CR 2013/179/EU, so bile posodobljene po pilotni fazi, v kateri so posebna pravila za različne kategorije izdelkov (Pravila za kategorijo okoljskega odtisa izdelka, v nadaljevanju **Pravila za kategorijo okoljskega odtisa izdelka – PEFCR**) in pravila za posamezne sektorje (Pravila za kategorijo okoljskega odtisa organizacije, v nadaljevanju Kategorijskih pravil). **Pravila kategorije okoljskega odtisa (OEFCR)** so bila razvita in preizkušena v pilotnih projektih. Pot do uvedbe PEF in OEF je zdaj v prehodni fazi, kjer se PEFCR, vzpostavljeni med pilotno fazo, dodatno testirajo in razvijajo novi PEFCR. Ta prizadevanja bi morala privedi do prostovoljne uvedbe PEF in OEF leta 2025. Metodologija PEF temelji na LCA in zato vključuje štiri različne faze (vzporedne s tistimi LCA) in končni korak preverjanja, kot je prikazano na **sliki 2**.



Slika 2 Faze vrednotenja okoljskega odtisa izdelka ali PEF.

PEFCR temeljijo na nizu smernic, ki se nato prilagodijo vsaki kategoriji izdelkov (glej: https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf; Priloga II k CR 2279/2021 ES). Smernice predpisujejo, kako izvajati LCA, da se zagotovi preglednost kakovosti in primerljivost rezultatov. Ob predpostavki, da je bil pri sestavljanju LCI in modeliranju proizvodnega procesa upoštevan PEFCR, je naslednji korak LCIA. Na primer, trenutno razpoložljivi osnutek PEFCR za nepredelane morske ribe v skladu s splošnimi smernicami zahteva oceno 16 kazalnikov učinka (Priloga II k CR 2279/2021 ES), navedenih v **tabeli 1**, z uporabo metodologije, določene v četrtem stolpcu tabele.

Tabela 1: Kategorije in kazalniki učinka, ki se uporabljajo za izračun PEF.

Kategorija vpliva	Indikator vpliva	Enota	Metoda izračuna
Podnebne spremembe skupaj	Potencial globalnega segrevanja (GWP100)	Kg CO ₂ ekv	Bernski model – potenciali globalnega segrevanja (GWP) v 100-letnem časovnem obdobju (na podlagi IPCC 2013)
Tanjšanje ozona	Potencial tanjšanja ozona (ODP)	kg CFC-11 ekv	Model EDIP, ki temelji na ODP (WMO) v neskončnem časovnem obdobju (WMO 2014 + integracije)
Zastrupitev za ljudi, rak	Primerjalna toksična enota za ljudi (CTUh)	CTUh	Na podlagi modela USE tox2.1 (Fantke et al. 2017), prilagojeno kot v Saouter et al., 2018
Strupenost za človeka, ni rak*	Primerjalna toksična enota za ljudi (CTUh)	CTUh	Na podlagi modela USE tox2.1 (Fantke et al. 2017), prilagojeno kot v Saouter et al., 2018
Posebna zadeva	Vpliv na zdravje ljudi	Pojavnost bolezni	Model PM (Fantke et al., 2016 v UNEP 2016)
Ionizirajoče sevanje, zdravje ljudi	Učinkovitost izpostavljenosti človeka glede na U235	kBq U235 ekv	Model vpliva na zdravje ljudi, kot so ga razvili Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)
Fotokemična tvorba ozona, zdravje ljudi	Povečanje koncentracije troposferskega ozona	kg NMVOC ekv	Model LOTOS-EUROS (Van Zelm et al, 2008), kot je uporabljen v ReCiPe 2008
Kisanje	Akumulirani presežek (AE)	mol H ⁺ ekv	Akumulirano preseganje (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Evtrofikacija, kopenska	Akumulirani presežek (AE)	mol N ekv	Akumulirano preseganje (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Evtrofikacija, sladka voda	Delež hranil, ki dosežejo sladkovodni končni prekat (P)	kg P ekv	Model EUTREND (Struijs et al, 2009), kot je uporabljen v ReCiPe
Evtrofikacija, morje	Delež hranil, ki doseže morski končni predel (N)	kg N ekv	Model EUTREND (Struijs et al, 2009), kot je uporabljen v ReCiPe
Ekotoksičnost, sladka voda	Primerjalna toksična enota za ekosisteme (CTUe)	CTUe	temelji na modelu USEtox2.1 (Fantke et al. 2017), prilagojeno kot v Saouter et al., 2018
Raba zemljišč	Indeks kakovosti tal17	Brez dimenzij (pt)	Indeks kakovosti tal na podlagi modela LANCA (De Laurentiis et al. 2019) in na LANCA CF različica 2.5 (Horn in Maier, 2018)
Poraba vode	Potencial prikrajšanosti uporabnikov (poraba vode, ponderirana s pomanjkanjem)	m ³ vodni eq odvzete vode	Na voljo VODA Model REmaining (AWARE) (Boulay et al., 2018; UNEP 2016)
Uporaba virov, minerali in kovine	Izčrpavanje abiotskih virov (končne rezerve ADP)	kg Sb ekv	van Oers et al., 2002 kot v metodi CML 2002, v.4.8
Uporaba virov, fosili	Izčrpavanje abiotskih virov – fosilna goriva (ADP-fosil)	MJ	van Oers et al., 2002 kot v metodi CML 2002, v.4.8

Skratka, z matematičnega vidika je torej PEF **sestavljen kazalnik**, ki **linearno združuje nabor kazalnikov učinka**, ocenjenih z metodologijo LCA, od katerih se vsak nanaša na drugo kategorijo vpliva. Ko so indikatorji izračunani, izračun PEF vključuje **tri nadaljnje korake**:

1) Normalizacija

Ta korak je potreben za izdelavo sestavljenega kazalnika, saj so merske enote kazalnikov različne in jih zato ni mogoče seštevati. Normalizacijski faktorji so bili določeni za vsak indikator glede na povprečne letne možne vplive na osebo: z deljenjem kazalnikov vpliva s temi koeficienti dobimo normalizirane vplive, katerih merska enota je »ekvivalent osebe«.

2) Ponderiranje

Vsak kazalnik se ponderira tako, da se pomnoži s koeficientom, utežjo, ki pojasnjuje pomembnost posamezne kategorije vpliva glede na celoten okoljski odtis. Normalizacijski in utežni faktorji so navedeni v **tabeli 2**.

3) Poenostavljen izračun PEF

V skladu z vodnikom PEFCR (različica 6.3) se PEF nato izračuna na naslednji način:

1) izbrane so normalizirane in ponderirane kategorije vpliva, ki kumulativno prispevajo k vsaj 80 % celotnega vpliva na okolje (brez kategorij vpliva, povezanih s strupenostjo): te kategorije se imenujejo "relevantne kategorije vpliva". Upoštevati je treba vsaj tri ustrezne kategorije vpliva;

2) za vsako relevantno kategorijo vpliva je treba opredeliti najpomembnejše procese, tj. tiste procese, ki skupno prispevajo vsaj 80 % vpliva.

Vrednost PEF se nato izračuna z naslednjo enačbo:

$$PEF = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{i,j} \quad (1)$$

v katerem:

n = število ustreznih kategorij vpliva.

m = število ustreznih procesov.

P_{ij} = normalizirana in ponderirana vrednost ustreznih kategorij vpliva „i“ in procesov „j“.

Tabela 2: Normalizacijski in utežni faktorji za izračun PEF.

Indikator vpliva (EF)	Enota	Normalizacijski faktor	Teža %
Podnebje Skupaj sprememb	Kg CO ₂ en	7,76E+03	21.06
Ozon izčrpanost	kg CFC-11 ekv	2.3 4E-02	6.31
Strupenost za ljudi , rak	CTUh	3.85E-05	2.13
Strupenost za človeka , brez raka	CTUh	4.75E-04	1.84
Posebno zadeva	Pojavnost bolezni	6.37E-04	8,96
Ionizirajoče sevanje	kBq U235 ekv	4.22E+03	5.01
Ionizirajoče sevanje , zdravje ljudi	kBq U235 ekv	4.22E+03	5.37
Fotokemična tvorba ozona, zdravje ljudi	kg NMVOC ekv	4.06E+01	4.78
Kisanje	mol H ⁺ ekv	5.55E+01	6.2
Evtrofikacija , kopenska	mol N ekv	1.77E+02	3.71
Evtrofikacija , sladka voda	kg P ekv	2.55E+00	2.8
Evtrofikacija , morje	kg N ekv	2.83E+01	2.96
Raba zemljišč	Brez dimenzij (pt)	1,33E+06	7,94
Poraba vode	m ³ vodni eq odvzete vode	1.15E+04	8.51
Uporaba virov, minerali in kovine	kg Sb ekv	5.79E-02	7.55
Uporaba virov, fosili	MJ	6.53E+04	8.32

Uporaba PEF v praktičnih primerih pa je **pokazala, da je mogoče dobiti reprezentativne rezultate z uporabo poenostavljenega algoritma za izbiro ustreznih prispevkov in kategorij vpliva, v katerem so upoštevani prvi trije prispevki in prve tri kategorije vpliva . Ocena, ki jo zagotovi kalkulator, temelji na tej poenostavljeni metodologiji** , sprejeti tudi v oceni PEF, ki je vključena v certifikat »Trajnostno ribogojstvo«, ki ga spodbuja italijansko združenje ribogojcev . V projektu BeBlue bo PEF ocenjen na podlagi ciljev in faz opredelitve obsega ter inventarja, izvedenih za LCA, z uporabo metodologije EF v fazi LCIA. Faza preverjanja ne bo izvedena.

3. VIRTUALNI SISTEMI

Kalkulator temelji na standardizaciji tipa sistema, potrebnega za poenostavljen izračun vpliva gradnje infrastrukturnih komponent. Ti so namreč, kot tudi načini upravljanja, odvisni od obsega proizvodnje. V skladu s cilji projekta BeBlue sta bili v dveh pilotnih obratih, IP-UNIVE in IP-UNILJU, opisani v dokumentu D1_1_1, obravnavani in testirani dve kombinaciji izdelkov:

- 1) Morska akvaponika: Orada in steklanka;
- 2) Sladkovodna akvaponika: šarenka in salanova solata .

Za vsako kombinacijo so bile identificirane tri proizvodne lestvice, povzete v **tabeli 3**

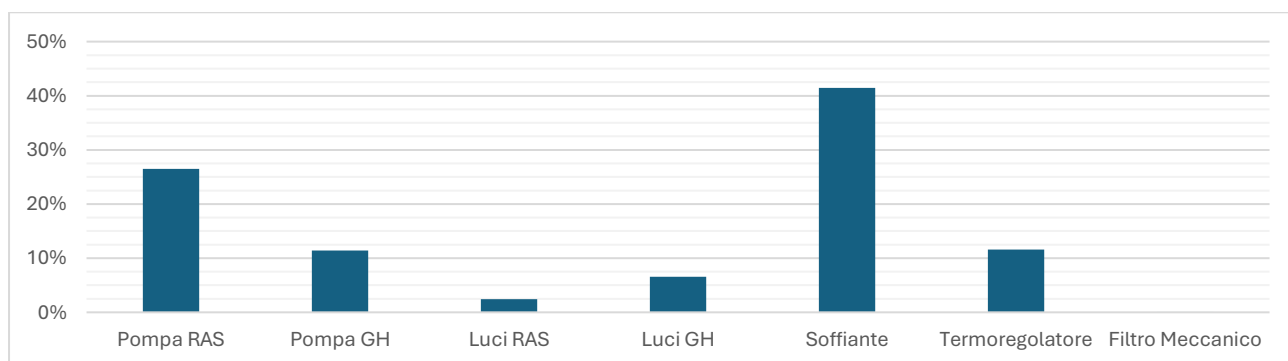
Tabela 3: Vrste akvaponičnih sistemov, ki jih je mogoče izbrati

Tipologija	Letna proizvodnja rib [kg/leto]	Letna proizvodnja zelenjave [kg/leto]
Družinski sistem za lastno porabo	25-100	200-800
Večdružinski sistem za lastno porabo	100-500	800-4000
Družinsko podjetje (2-4 zaposleni, vključno z družinskimi člani)	500-5000	4000-40000

Glavni infrastrukturni elementi treh modelnih elektrarn so bili opredeljeni ob upoštevanju rezultatov preliminarne študije LCA, izvedene na podlagi podatkov, zbranih v pilotnih elektrarnah IP-UNIVE in IP-UNILJU. Poudaril je, da je približno 90 % ogljičnega odtisa mogoče pripisati porabi električne energije. Slika 3 poudarja vpliv glavnih naprav:

- črpalke za gibanje vode, črpalka RAS in črpalka GH:
- osvetlitev ribogojnice luči RAS in hidroponičnega rastlinjaka luči GH,
- prisilno prezračevanje, puhalo
- nadzor temperature
- filtracija suspendiranih trdnih snovi, mehanski filter.

Za dodatne podrobnosti glejte Izdelek D1.2.1



Slika 3 Odstotek prispevkov k porabi električne energije glavnih naprav, ocenjen na podlagi podatkov, zbranih v IP-UNIVE .

3.1 Sistem za družinsko lastno porabo

Predpostavlja se, da lahko ta vrsta obrata proizvede od 50 do 200 kg rib na leto, vzrejenih pri nizki gostoti v sistemih, ki so le delno zaprti, zato uporabljajo naravne izmenjave med vodno raztopino in atmosfero za oksigenacijo in odstranjevanje ogljikovega dioksida, ki nastaja pri dihanju rib. Največja proizvodna zmogljivost zagotavlja 4-članski družini porabo 25 kg rib na prebivalca na leto, kar je približno enako italijanski. Elementi infrastrukture so predstavljeni v **tab. 4** : število enot se lahko spreminja glede na podatke, ki jih vnese uporabnik, glejte poglavje 4.

Tabela 4: Infrastrukturne komponente sistema družinske lastne porabe.

Komponenta	Značilnosti	Material
Okrogli rezervoarji za ribe	Premier: 1,6 [m] Globina: 1 [m] Prostornina: 2 [m ³]	Polietilen visoke gostote (HDPE)
Pladnji za rastlinjak	Dolžina: 1 [m] Širina: 0,5 [m]	Ekspandirani polistiren visoke gostote (EPS)
Pokritost rastlin	Natezna struktura	Nosilci iz pocinkanega železa in najlonske plošče
Črpalka za gibanje vode	Moč: 32W	Sestavljeno
UV dezinfekcija	Moč: 32W	Sestavljeno
Sedimentacijski rezervoar – stožčasti rezervoar	Premier: 1,6 [m] Globina: 1,5 [m] Obseg: 1 [m]	Polietilen visoke gostote (HDPE)

3.2 Večdružinski proizvodni obrat

Ta vrsta sistema omogoča zadovoljitev povprečne italijanske letne porabe rib na prebivalca skupine petih družin, katerih gospodinjstvo sestavljajo povprečno štirje ljudje, ki se odločijo deliti stroške upravljanja. Infrastrukturne komponente so navedene v **tabeli 5** : glavna razlika v primerjavi s prejšnjim primerom je potreba po uporabi črpalke za prisilno prezračevanje, saj v tem primeru naravna hitrost izmenjave kisika in ogljikovega dioksida ne more zagotoviti optimalnih pogojev oksigenacije in koncentracije ogljikovega dioksida za ribe.

Tabela 5: Infrastrukturne komponente večdružinskega sistema lastne porabe.

Komponenta	Značilnosti	Material
Okrogli rezervoarji za ribe	Premier: 2 [m] Globina: 1 [m] Prostornina: 3,14 [m ³]	Polietilen visoke gostote (HDPE) ali steklena smola
Pladnji za rastlinjak	Dolžina: 1 [m] Širina: 0,5 [m]	Ekspandirani polistiren visoke gostote (EPS)
Pokritost rastlin	Natezna struktura	Nosilci iz pocinkanega železa in najlonske plošče
Črpalka za gibanje vode	Moč: 1,1 kW	Sestavljeno
Črpalka za prisilno prezračevanje	Moč: 0,1 kW	Sestavljeno
UV dezinfekcija	Moč: 32W	Sestavljeno
Sedimentacijski rezervoar – stožčasti rezervoar	Premier: 1,6 [m] Globina: 1,5 [m] Obseg: 1 [m]	Polietilen visoke gostote (HDPE)

3.3 Družinski poslovni objekt

Tovrsten sistem je zasnovan tako, da družinskemu podjetju, kjer se eden ali več članov ukvarja z akvaponsko pridelavo, zagotavlja spodoben zaslužek ali dopolnilni zaslužek. Letni obseg proizvodnje postane večji, zato se povečajo investicijski in obratovalni stroški. Glavne komponente so navedene v **tab. 6**. Zato je predvidena vgradnja močnejše črpalke za prisilno prezračevanje in naprav za kondicioniranje temperature vode, da bo sistem deloval večji del leta. Obstajata dve možnosti za kritino: druga, trda iz polikarbonata, zagotavlja večjo toplotno izolativnost. Poleg tega je treba v tem primeru sedimentacijsko posodo zamenjati z mehanskim filtrom, po možnosti z bobnastim filtrom.

Tabela 6: Infrastrukturne komponente večdružinskega sistema lastne porabe

Komponenta	Značilnosti	Material
Okrogli rezervoarji za ribe	Premier: 2 [m] Globina: 1 [m] Prostornina: 3,14 [m ³]	Polietilen visoke gostote (HDPE) ali steklena smola
Pladnji za rastlinjak	Dolžina: 1 [m] Širina: 0,5 [m]	Ekspandirani polistiren visoke gostote (EPS)
Pokritost rastlin	Natezna struktura / toga struktura	Nosilci iz pocinkanega železa in najlonske/polikarbonatne plošče
Črpalka za gibanje vode	Moč: 1,1 kW	Sestavljeno
Črpalka za prisilno prezračevanje	Moč: 1,2 kW	Sestavljeno
Naprava za temperaturo vode	Moč: 250 (hlajenje) – 350 (ogrevanje) W	Sestavljeno
UV dezinfekcija	Moč: 32W	Sestavljeno
Bobnasti filter	Moč: 100W	Sestavljeno

4. KAKULATOR OGLJIKOVEGA IN VODNEGA ODTISA

Razvoj demonstrativnega uporabniškega vmesnika, ki mora biti enostaven za uporabo, nujno vključuje standardizacijo strukture sistema in poenostavitev dinamičnega modela. Pri oblikovanju te različice vmesnika in IT platforme, ki obdeluje podatke v zakulisju, smo iskali najboljše ravnovesje med realizmom rezultatov in enostavnostjo uporabe tudi za uporabnike z malo ali nič izkušenj z načrtovanjem in upravljanjem akvaponičnega sistema. Zato so predstavljeni rezultati uporabni za **hitro in brezplačno pridobitev** splošnih indikacije, ki pa veljajo za dovolj zanesljive za prvi dve vrsti sistemov. Tretja tipologija je bistveno bolj kompleksna in v tem primeru bi se morala zainteresirana podjetja zateči k bolj specifični analizi, tudi na podlagi izbire izdelkov, stroškov, porabe energije in obsega proizvodnje, ocenjenih na ravni poslovnega načrta. V skladu z namenom projekta se od uporabnika zahteva malo podatkov, ki se nanašajo predvsem na tipične podnebne razmere in vire energije. Trenutna različica kalkulatorja upošteva dve kombinaciji izdelkov, raziskani v BeBlue : i) orado in salicornia; ii) šarenka in solata, sorta Salanova . Kalkulator uporablja metodologijo LCIA Environmental Footprint – EF. Vplivi, povezani z infrastrukturnimi elementi in porabo energije, so bili izračunani ločeno s pomočjo brezplačne programske opreme OpenLCA in so nato kumulirani s kodo, ki obdeluje vhodne podatke, navedene v prejšnjem poglavju, ki jih je razvil LP-UNIVE v programskem okolju "R". Kalkulator bo dostopen preko spleta v trijezični različici (italijansko-slovenski in angleški) preko uporabniškega vmesnika, ki ga trenutno pripravlja PP6-LegaCoop.

4.1 Podatki, zahtevani od uporabnika

Informacije in podatki, ki jih uporabnik zahteva za predhodno oceno ogljičnega in vodnega odtisa, so navedeni v tabeli 7. Na podlagi njih se izračuna potreba po krmi, ki predstavlja drugi največji prispevek, ki ga je mogoče pripisati potrošnemu materialu, takoj za porabo električne energije. Vir električne energije je izjemno pomemben, saj se ogljični odtis na kWh močno razlikuje glede nanj. Časovna vrsta fotosintetsko aktivne intenzivnosti sončnega sevanja (PAR) bo ocenjena iz geografskih koordinat in intenzivnosti sončnega obsevanja pri tleh, v kolikor je uporabnik ne more zagotoviti.

Tabela 7: Vhodni podatki, ki jih lahko vnese uporabnik.

Spremenljivka	merska enota
Lokacija obrata: Lat -Long	Stopnje – prva – druga
Izbira izdelkov;	
Letna proizvodnja rib	kg
Najnižja, povprečna in najvišja temperatura zraka	°C
Elektrika iz omrežja	%
Samoproizvedena električna energija s fotovoltaiiko	%
Samoproizvedena električna energija z mikro vetrnimi turbinami	%
Samoproizvedena električna energija z mikrohidroelektrično energijo	%
Časovna serija dnevnih vrednosti PAR ali intenzivnosti sončnega obsevanja pri tleh.	W/ m ²

4.2 Podatke zagotavlja kalkulator

Podatki o infrastrukturi in podatki, ki jih zagotovijo uporabniki, se uporabljajo za sestavljanje popisa glavnih energetske in materialnih tokov, potrebnih za doseganje želene proizvodnje. Na podlagi letne proizvodnje rib se izračuna obdelovalna površina, tudi z uporabo prototipa Digital Twin, opisanega v izročilu D1.4.2. Nato se za izračun uporabi metodologija okoljskega odtisa – EF:

- vodni odtis [m³ / kg];
- ogljični odtis [CO₂ eq/kg];
- PEF [mikrotičke /kg]

Ti kazalniki so **podani na kg rib in zelenjave , pri čemer se skupni vpliv razporedi glede na ustrezne odstotke letne proizvedene biomase .**

Za vsak odtis kalkulator predstavlja tudi graf, ki prikazuje odstotke prispevkov glavnih infrastrukturnih elementov in potrošnega materiala, ki sestavljajo inventar. S tem lahko začnete s procesom optimizacije proizvodnega procesa, ki mora nujno vključevati celoten LCA in podrobno analizo porabe energije oziroma energetske pregled.

5. SKLEPI

Kalkulator ogljičnega in vodnega odtisa, ki ga razvijamo v okviru projekta BeBlue, predstavlja prvo orodje, prosto dostopno prek spleta, za ocenjevanje ogljičnega in vodnega odtisa produktov akvaponičnega sistema. Zagotavlja tudi predhodno oceno okoljskega odtisa izdelka ali PEF, celovitega indeksa, ki naj bi bil kmalu uveden v Evropski uniji, da bi omogočil primerjave podobnih izdelkov, na primer solate, pridelane v akvaponičnem sistemu ali na polju.

Ocene odtisa se nanašajo na tri vrste rastlin in torej temeljijo na vrsti predpostavk, tako glede rastlinskih elementov in materialov, iz katerih so sestavljeni, kot glede tokov snovi in energije. Slednje so izračunane na podlagi proizvodnih količin tudi z uporabo prototipa Digital Twin, ki je podrobno opisan v izročilu D1.4.2. Pri tem je še posebej pomembna ocena porabe električne energije, saj ta močno vpliva tako na ogljični odtis kot na okoljski odtis izdelka ali PEF. Poleg tega kalkulator upošteva dve kombinaciji izdelkov:

- morska akvaponika: orade in salikornije;
- Sladkovodna akvaponika: šarenka in solata, sorta Salanova.

Rezultate je zato treba obravnavati kot indikativne, zlasti za proizvodni obrat, za katerega so na voljo različne rešitve za obrat in upravljanje. V tem primeru je posebna analiza, ki jih upošteva, tudi v fazi načrtovanja, posebej primerna za bolj robustne rezultate.