



SPU
Slovenská
poľnohospodárska
univerzita v Nitre



SPU·VC ABT
Výskumné centrum
AgroBioTech

PLÁN [OBNOVY]



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

Existujúce metódy sledovania a kvantifikácie uhlíkovej stopy

(Working paper)



www.decarb.uniag.sk

Financované EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR
v rámci projektu č. 09I04-03-V02-00054 - Nízkoemisná Budúcnosť: Sledovanie Uhlíkovej Stopy
v Agropotravinárskych podnikoch pre Podporu Lokálnych Výrobcov

Obsah

Úvod	3
1 Medzinárodné štandardy a protokoly	4
1.1 GHG Protocol	4
1.1.1 Metodologické princípy GHG Protocol.....	4
1.1.2 Kategorizácia emisií podľa rozsahov.....	4
1.1.3 Štandardy v rámci GHG Protocol	5
1.1.4 Prínos pre projekt DECARB TRACK.....	5
1.2 ISO 14064.....	5
1.2.1 Štruktúra ISO 14064:.....	5
1.2.2 Metodologické princípy:.....	5
1.2.3 Relevancia pre agropotravinársky sektor	5
1.3 ISO 14067.....	6
1.3.1 Hlavné charakteristiky ISO 14067:.....	6
1.3.2 Metodologické kroky podľa ISO 14067:.....	6
1.4 IPCC Usmernenia pre národné inventúry skleníkových plynov.....	6
1.4.1 Aplikácia pre agropotravinárstvo	7
2 Európske iniciatívy a regulačný rámec.....	8
2.1 Environmentálne stopa produktu a Environmentálna stopa organizácie	8
2.1.1 Environmentálne stopa produktu	8
2.1.2 Environmentálna stopa organizácie.....	8
2.2 CSRD a ESRS štandardy	9
3 Databázové a softvérové riešenia	10
3.1 Medzinárodné databázy emisných faktorov.....	10
3.2 Softvérové a online riešenia.....	10
4 Špecifické prístupy v agropotravinárstve.....	11
4.1 Enterická fermentácia hospodárskych zvierat	11
4.2 Skladovanie a aplikácia maštalného hnoja	11
4.3 Používanie minerálnych hnojív a pesticídov	11
4.4 Odpadové toky a spracovanie zvyškov	11
4.5 Energetická spotreba fariem a spracovateľských podnikov.....	11
4.6 Logistika, balenie a distribúcia	12
5 Limity a neistoty metodík.....	13
5.1 Nedostatok národne špecifických emisných faktorov.....	13
5.2 Neistoty v Scope 3.....	13
5.3 Fragmentácia metodík	13
6 Záver.....	14



Úvod

Kvantifikácia a sledovanie uhlíkovej stopy sa stali nevyhnutnou súčasťou moderného prístupu k udržateľnosti, klimateckej politike a hodnoteniu environmentálnych dopadov. Pre podniky, verejné inštitúcie i tvorcov politik je čoraz dôležitejšie využívať spoľahlivé a porovnateľné metodické prístupy, ktoré umožnia transparentné vykazovanie emisií skleníkových plynov (GHG) a zároveň podporia prijímanie efektívnych opatrení na ich znižovanie.

V medzinárodnom kontexte sa vyvinulo viacero metodických rámcov a noriem, ktoré pokrývajú rôzne úrovne – od národných inventarizačných systémov, cez podnikové inventúry, až po detailné hodnotenia uhlíkovej stopy produktov. Medzi najvýznamnejšie patria GHG Protocol, normy ISO 14064 a 14067, metodické pokyny IPCC, ako aj európske rámce Product Environmental Footprint (PEF) a Organisation Environmental Footprint (OEF). Ich spoločným menovateľom je snaha zabezpečiť jednotnú a overiteľnú kvantifikáciu emisií, no jednotlivé prístupy sa líšia rozsahom, mierou detailu, auditovateľnosťou a vhodnosťou pre špecifické sektory.

Agropotravinársky sektor, ktorý je kľúčovým pilierom hospodárstva a zároveň významným zdrojom emisií GHG, prináša osobitné metodické výzvy. Emisie z biologických procesov, ako je enterická fermentácia či nakladanie s hnojom, spolu s vysokým podielom Scope 3 emisií z dodávateľských reťazcov, si vyžadujú kombináciu viacerých metodík a databáz. Dôležité je preto nielen dodržiavanie medzinárodných štandardov, ale aj ich adaptácia na lokálne podmienky a špecifiká slovenského agropotravinárstva.

Cieľom tohto dokumentu je poskytnúť systematický prehľad existujúcich metodických rámcov a databáz, zhodnotiť ich prínosy a limity, a zároveň prezentovať ich implementáciu v projekte DECARB TRACK.



1 Medzinárodné štandardy a protokoly

1.1 GHG Protocol

GHG Protocol predstavuje najrozšírenejší a medzinárodne uznávaný rámec na kvantifikáciu a vykazovanie emisií skleníkových plynov. Vyvinutý bol World Resources Institute (WRI) a World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) a od svojho zavedenia v roku 2001 sa stal globálnym štandardom, na ktorom sú založené viaceré ďalšie metodiky a regulačné požiadavky, vrátane noriem ISO, európskej metodiky Product Environmental Footprint (PEF) či nových štandardov ESRS v rámci smernice CSRD.

1.1.1 Metodologické princípy GHG Protocol

Metodika je založená na piatich základných princípoch:

- **Relevancia** – inventarizácia emisií musí reflektovať environmentálne dopady a informačné potreby zainteresovaných strán.
- **Úplnosť** – zahrnutie všetkých významných zdrojov emisií v rámci stanovených hraníc systému.
- **Konzistentnosť** – aplikácia jednotných postupov umožňujúcich porovnateľnosť v čase.
- **Transparentnosť** – jasná dokumentácia predpokladov, zdrojov údajov a metodických rozhodnutí.
- **Presnosť** – minimalizácia odchýlok a neistôt pri výpočte emisií.

1.1.2 Kategorizácia emisií podľa rozsahov

Zásadným prvkom GHG Protocol je rozdelenie emisií na tri rozsahy, ktoré odrážajú mieru priamej kontroly organizácie nad zdrojmi emisií:

Scope 1 – Priame emisie - emisie zo zdrojov vlastnených alebo priamo kontrolovaných podnikom. V agropotravinárskom sektore zahŕňajú napríklad:

- spaľovanie palív v poľnohospodárskych strojoch a zariadeniach,
- enterickú fermentáciu hospodárskych zvierat,
- emisie z nakladania s hnojom,
- priame procesné emisie zo spracovania potravín.

Scope 2 – Nepriame emisie z nakupovanej energie - emisie vznikajúce pri výrobe elektriny, tepla alebo pary, ktorú podnik nakupuje a spotrebuje. V agropotravinárskych podnikoch sú tieto emisie spojené najmä s energetickými vstupmi pre osvetlenie, chladenie, spracovanie a skladovanie produktov.

Scope 3 – Ostatné nepriame emisie v hodnotovom reťazci - Najrozsiahlejšia kategória zahŕňajúca všetky ostatné emisie, ktoré vznikajú mimo priamej kontroly podniku, no sú výsledkom jeho činnosti. V prípade agropotravinárstva ide napríklad o:

- výrobu a transport vstupov (hnojivá, pesticídy, krmivá, obaly),
- logistiku a distribúciu produktov,
- odpadové toky zo spracovania a spotreby,
- emisie spojené s používaním a likvidáciou potravinárskych výrobkov.



1.1.3 Štandardy v rámci GHG Protocol

Metodika obsahuje viaceré špecifické štandardy podľa cieľa aplikácie:

- **Corporate Accounting and Reporting Standard** – inventarizácia emisií na úrovni podniku, **Project Protocol** – hodnotenie projektov zameraných na redukciiu emisií,
- **Product Life Cycle Standard** – kvantifikácia uhlíkovej stopy produktov v rámci analýzy životného cyklu (LCA),
- **Scope 3 Standard** – detailný rámec na zachytenie emisií v dodávateľsko-odberateľských reťazcoch.

1.1.4 Prínos pre projekt DECARB TRACK

Aplikácia GHG Protocolu v projekte DECARB TRACK zabezpečuje:

- systematickú identifikáciu a kvantifikáciu zdrojov emisií v agropotravinárskom sektore,
- metodologickú kompatibilitu s európskou legislatívou (CSRD, ESRS, PEF),
- prepojenie výpočtov uhlíkovej stopy s databázami emisných faktorov (napr. ecoinvent, Climaq, The Big Climate Database),
- flexibilitu a škálovateľnosť využiteľnú pre malé a stredné podniky, ako aj pre väčšie potravinárske prevádzky,
- základ pre tvorbu sektorovo špecifických metodík (napr. pre enterickú fermentáciu, hnojivá, pesticídy a odpadové hospodárstvo).

1.2 ISO 14064

Norma ISO 14064 (Greenhouse gases – Part 1, 2 a 3) predstavuje medzinárodne uznávaný rámec pre kvantifikáciu, monitoring a verifikáciu emisií skleníkových plynov. Ide o kľúčovú metodiku, ktorá je kompatibilná s GHG Protocol, avšak poskytuje detailnejší technický a auditovateľný prístup.

1.2.1 Štruktúra ISO 14064:

- **ISO 14064-1:** Špecifikuje princípy a požiadavky na kvantifikáciu a vykazovanie emisií a záchytov GHG na úrovni organizácie. Definuje systém hraníc, kategorizáciu emisií a postupy na výpočet uhlíkovej stopy podniku.
- **ISO 14064-2:** Zameriava sa na kvantifikáciu, monitorovanie a vykazovanie redukčných projektov GHG (napr. projekty obnoviteľných zdrojov energie, technológie na znižovanie emisií v poľnohospodárstve).
- **ISO 14064-3:** Stanovuje požiadavky na validáciu a verifikáciu reportov GHG nezávislými tretími stranami, čo umožňuje ich využitie v certifikačných a regulačných procesoch.

1.2.2 Metodologické princípy:

ISO 14064 stavia na rovnakých princípoch ako GHG Protocol – relevancia, úplnosť, konzistentnosť, presnosť a transparentnosť – no dopĺňa ich o auditovateľnosť a verifikovateľnosť údajov.

1.2.3 Relevancia pre agropotravinársky sektor

- umožňuje štandardizovaný výpočet uhlíkovej stopy na úrovni agropodniku alebo celého dodávateľského reťazca,
- podporuje integráciu údajov do systému verejného obstarávania – keďže výsledky podľa ISO sú medzinárodne uznávané,



- zohľadňuje špecifiká poľnohospodárskych procesov, ako sú emisie z enterickej fermentácie, aplikácie hnojív a nakladania s hnojom,
- poskytuje rámec pre prípravu projektov zameraných na zníženie emisií (napr. využitie bioplynu z odpadov, optimalizácia logistiky, precízne poľnohospodárstvo).

1.3 ISO 14067

ISO 14067:2018 (Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification) je špecificky orientovaná na kvantifikáciu uhlíkovej stopy produktov (Product Carbon Footprint – PCF). Vychádza z metodických základov analýzy životného cyklu definovaných v ISO 14040 a ISO 14044, pričom sa sústreďuje výlučne na vplyv na zmenu klímy (indikátor Global Warming Potential, GWP).

1.3.1 Hlavné charakteristiky ISO 14067:

- Zohľadňuje celý životný cyklus produktu – od získavania surovín, cez výrobu, distribúciu a spotrebu až po fázu likvidácie (tzv. cradle-to-grave prístup).
- Umožňuje aj čiastočný rozsah analýzy – napr. cradle-to-gate (od surovín po odchod z výroby), ktorý je využiteľný v agropotravinárstve pri hodnotení medziproduktov.
- Uplatňuje štandardizované emisné faktory a environmentálne dátové súbory (napr. ecoinvent, Agribalyse, The Big Climate Database).
- Podporuje porovnateľnosť produktov medzi rôznymi výrobcami a trhmi – čo je zásadné pri verejnom obstarávaní a environmentálnom označovaní potravín.

1.3.2 Metodologické kroky podľa ISO 14067:

- Definícia cieľa a rozsahu hodnotenia – vrátane hraníc systému, funkčnej jednotky (napr. 1 kg mlieka, 1 tony mäsa) a alokačných pravidiel.
- Inventarizácia životného cyklu – zber údajov o materiálových a energetických tokoch v celom cykle.
- Hodnotenie vplyvu na klímu – prepočet inventarizačných údajov na GWP pomocou emisných faktorov (napr. IPCC 2021 GWP100).
- Interpretácia výsledkov – identifikácia kritických fáz životného cyklu a odporúčania pre znižovanie emisií.

1.4 IPCC Usmernenia pre národné inventúry skleníkových plynov

Medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC) vydal v roku 1996, 2006 a najnovšie v roku 2019 metodické pokyny pre zostavovanie národných inventúr emisií skleníkových plynov. Tieto metodiky predstavujú medzinárodne akceptovaný štandard, ktorý používajú členské štáty Dohovoru OSN o zmene klímy a Parížskej dohody pri vykazovaní svojich národných emisií.

Základná štruktúra a princípy

Metodické pokyny IPCC sú postavené na princípoch:

- **Transparentnosť** – jasná dokumentácia použitých metód a údajov,
- **Konzistentnosť** – zabezpečenie porovnateľnosti medzi rokmi,
- **Kompletnosť** – zahrnutie všetkých relevantných zdrojov emisií a záchytov,
- **Presnosť** – snaha minimalizovať neistoty,
- **Komparabilita** – umožnenie porovnávania medzi krajinami.



Sú organizované do piatich hlavných sektorov:

1. **Energie** (spaľovanie palív, fugitívne emisie),
2. **Priemyselné procesy a používanie produktov**,
3. **Poľnohospodárstvo, Lesníctvo a ostatné využívanie krajiny**,
4. **Odpady**,
5. **Iné**.

IPCC odporúča tzv. Tier approach, teda viacúrovňový systém metodologickej presnosti:

- **Tier 1** – základná úroveň: využitie preddefinovaných emisných faktorov IPCC a jednoduchých rovníc.
- **Tier 2** – pokročilejšia úroveň: využitie národne špecifických emisných faktorov a podrobnejších údajov.
- **Tier 3** – najvyššia úroveň: modely alebo priame merania špecifické pre danú krajinu/sektor.

Pre agropotravinársky sektor je najdôležitejšou časťou IPCC metodík sektor AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use), ktorý zahŕňa:

- **Enterická fermentácia** – výpočet emisií CH_4 zo živočíšnej výroby,
- **Nakladanie s hnojom** – emisie CH_4 a N_2O z uskladňovania a aplikácie maštalného hnoja,
- **Poľnohospodárske pôdy** – emisie N_2O z aplikácie hnojív, fixácie dusíka a rozkladu biomasy,
- **Rybolov a akvakultúra**,
- **Lesníctvo a zmeny využívania pôdy** – zachytávanie a uvoľňovanie uhlíka.

Každá kategória je podporená metodickými rovnicami a emisnými faktormi, pričom preddefinované emisné faktory IPCC (napr. kg CH_4 na kravu za rok pri enterickej fermentácii) predstavujú základ, ktorý môžu krajiny nahrádzať národnými alebo regionálnymi údajmi.

1.4.1 Aplikácia pre agropotravinárstvo

Identifikácia kľúčových zdrojov emisií v agropotravinárstve (mäso, mlieko, vajcia, zelenina).

- Použitie defaultných emisných faktorov ako východiskový bod pre výpočet uhlíkovej stopy podnikov.
- Možnosť postupnej adaptácie na vyššie Tier úrovne – napríklad pri dostupnosti slovenských štatistických údajov o spotrebe hnojív, počtoch zvierat alebo množstvách odpadu.
- Prepojenie so Scope 1, 2, 3 v GHG Protocol – IPCC metodiky môžu slúžiť ako zdroj výpočtových parametrov pre podnikové a produktové kalkulácie.



2 Európske iniciatívy a regulačný rámec

2.1 Environmentálne stopa produktu a Environmentálna stopa organizácie

Európska komisia vyvinula metodické rámce Environmentálna stopa produktu - PEF a Environmentálna stopa organizácie - OEF ako nástroje na hodnotenie environmentálnej výkonnosti produktov a organizácií. Tieto rámce sú založené na princípoch posudzovania životného cyklu, pričom cieľom je poskytnúť jednotnú, porovnateľnú a vedecky podloženú metodológiu na meranie a komunikáciu environmentálnych dopadov. PEF a OEF boli predstavené ako súčasť stratégie „Single Market for Green Products Initiative“ (2013), s cieľom prekonať fragmentáciu existujúcich metód environmentálneho hodnotenia v EÚ a zabezpečiť jednotné kritériá pre podniky i spotrebiteľov.

2.1.1 Environmentálne stopa produktu

PEF sa sústreďuje na hodnotenie environmentálnych dopadov konkrétneho produktu alebo služby počas celého jeho životného cyklu – od ťažby surovín, výroby, distribúcie, používania až po fázu likvidácie alebo recyklácie (tzv. cradle-to-grave prístup).

Metodické východiská: vychádza z noriem ISO 14040 a 14044, ale tieto dopĺňa o podrobné špecifikácie, ktoré zaručujú harmonizáciu a porovnateľnosť výsledkov medzi jednotlivými produktovými skupinami.

Kľúčové prvky:

- Funkčná jednotka (presná definícia služby alebo funkcie produktu, ktorá sa hodnotí).
- Systémové hranice (zahrnutie všetkých fáz životného cyklu).
- Viacero kategórií environmentálneho vplyvu (napr. klimatické zmeny, acidifikácia, eutrofizácia, spotreba vody, využívanie pôdy, toxicita).
- Priradenie environmentálnych dopadov k produktom prostredníctvom inventarizácie vstupov a výstupov.

PEF je obzvlášť dôležitý v agropotravinárstve, keďže umožňuje systematické porovnávanie uhlíkovej a environmentálnej stopy potravinárskych produktov (napr. mäso, mliečne výrobky, obilniny, nápoje).

2.1.2 Environmentálna stopa organizácie

OEF sa zameriava na hodnotenie environmentálnych dopadov celej organizácie. Tento prístup hodnotí agregované environmentálne dopady z činností organizácie v stanovenom období.

Metodické východiská: podobne ako PEF je OEF založený na LCA metodike, ale aplikovanej na úrovni podniku.

Kľúčové prvky:

- Referenčný tok je definovaný ako „celkový súbor produktov a služieb poskytnutých organizáciou za určité časové obdobie“.
- Zohľadňujú sa všetky environmentálne aspekty činností organizácie, vrátane spotreby energie, surovín, odpadu, emisií a ďalších vstupov/výstupov.
- Výsledky sú určené na porovnanie medzi organizáciami rovnakého sektora.



2.2 CSRD a ESRS štandardy

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) predstavuje kľúčový legislatívny rámec Európskej únie, ktorý od roku 2024 postupne nahrádza smernicu NFRD (Non-Financial Reporting Directive). CSRD zásadne rozširuje okruh podnikov, ktoré sú povinné zverejňovať informácie o udržateľnosti, vrátane environmentálnych ukazovateľov a uhlíkovej stopy. Povinnosť sa týka nielen veľkých spoločností, ale postupne aj malých a stredných podnikov kótovaných na regulovaných trhoch. Na podporu implementácie CSRD boli vypracované European Sustainability Reporting Standards (ESRS), ktoré konkretizujú požiadavky na štruktúru a obsah správ o udržateľnosti. ESRS štandardy sú vypracované Európskou poradnou skupinou pre finančné výkazníctvo (EFRAG) a schválené Európskou komisiou.

Kľúčové prvky relevantné pre uhlíkovú stopu:

- ESRS E1 – Climate Change: obsahuje priamo požiadavky na vykazovanie emisií skleníkových plynov (Scope 1, Scope 2, Scope 3), klimatických cieľov a plánov dekarbonizácie.
- Prepojenie s GHG Protocol a ISO: ESRS vychádzajú z medzinárodne uznávaných metodických rámcov a kladú dôraz na porovnateľnosť údajov medzi podnikmi a sektormi.
- Double materiality (dvojitá významnosť): podniky musia posudzovať nielen to, ako klimatické riziká ovplyvňujú ich hospodárske výsledky (finančná materialita), ale aj to, aký vplyv má ich činnosť na klímu a životné prostredie (environmentálna materialita).
- Časová perspektíva: vyžaduje sa reportovanie historických, súčasných aj budúcich ukazovateľov (vrátane cieľov a trajektórií znižovania emisií).

Časový harmonogram implementácie CSRD:

- **2024** – povinnosť pre veľké spoločnosti, ktoré už podliehali NFRD (cca 12 000 firiem v EÚ).
- **2025** – povinnosť pre všetky ostatné veľké spoločnosti (viac ako 250 zamestnancov alebo 40 mil. € obrát / 20 mil. € aktíva).
- **2026** – povinnosť pre malé a stredné podniky (MSP)
- **2028** – dobrovoľná možnosť pre MSP odložiť reportovanie



3 Databázové a softvérové riešenia

Na podporu praktického výpočtu uhlíkovej stopy v agropotravinárskom sektore je nevyhnutné využívať kombináciu spoľahlivých databáz emisných faktorov a softvérových nástrojov. Tieto riešenia umožňujú:

- štandardizovaný prístup k údajom,
- medzinárodnú porovnateľnosť výsledkov,
- zohľadnenie špecifik slovenského agropotravinárstva prostredníctvom adaptácie emisných faktorov a vstupných údajov.

3.1 Medzinárodné databázy emisných faktorov

- **The Big Climate Database (DK)** – poskytuje emisné faktory pre viac ako 600 potravín a výrobkov. Jej výhodou je prístupnosť, transparentnosť a orientácia na potravinársky sektor. Slúži ako základ pre adaptáciu emisných faktorov na slovenské podmienky.
- **Ecoinvent** – najpoužívanější databáza v oblasti LCA, obsahuje viac ako 18 000 procesov naprieč sektormi vrátane poľnohospodárstva a potravinárstva. Umožňuje detailný model dodávateľských reťazcov a prepojenie na softvérové riešenia.
- **Agri-footprint** – špecializovaná databáza zameraná na poľnohospodársku a potravinársku výrobu. Obsahuje detailné emisné faktory pre suroviny, krmivá a potravinárske výrobky.
- **Exiobase** – environmentálna databáza vstupno-výstupných analýz (EEIO), ktorá umožňuje prepojenie ekonomických údajov s environmentálnymi dopadmi, vrátane uhlíkovej stopy. Je vhodná pre makroekonomické porovnania a analýzy spotrebiteľských trendov.
- **DEFRA** – oficiálna databáza emisných faktorov pre Spojené kráľovstvo, aktualizovaná ročne. Poskytuje široké spektrum údajov (energie, palivá, doprava, odpady) a je často využívaná ako referenčný zdroj v európskych výpočtoch.
- **Bilan Carbone** – francúzsky nástroj a databáza emisných faktorov, vyvinutá agentúrou ADEME. Je zameraná na podniky, verejnú správu a odvetvia vrátane poľnohospodárstva a potravinárstva. Obsahuje detailné hodnoty pre Scope 1, 2 a 3 a umožňuje prepojenie s certifikačnými schémami.

3.2 Softvérové a online riešenia

- **Climatiq** – moderný nástroj s databázou emisných faktorov, ktorý umožňuje API integráciu do IT systémov podnikov. Jeho výhodou je flexibilita a možnosť automatizovaného spracovania dát, čo znižuje administratívnu záťaž pre podniky.
- **ADEME Base Carbone** – francúzska národná databáza emisných faktorov, ktorá obsahuje detailné hodnoty pre poľnohospodárstvo, potraviny a dopravu. Slúži ako referenčný základ v mnohých európskych krajinách a je využiteľná aj pri validácii slovenských údajov.
- **Cool Farm Tool** – praktická online kalkulačka pre farmy, ktorá umožňuje výpočet emisií z pestovania plodín, chovu hospodárskych zvierat a využívania pôdy. V metodike slúži ako inšpiračný zdroj pre integráciu poľnohospodárskych špecifik.
- **OpenLCA** – voľne dostupný softvér pre životný cyklus výrobkov (LCA), kompatibilný s databázami ako Ecoinvent či Agri-footprint. Je vhodný pre detailné výskumné a metodické práce.



4 Špecifické prístupy v agropotravinárstve

Agropotravinársky sektor predstavuje z pohľadu inventarizácie a kvantifikácie emisií skleníkových plynov (GHG) osobitne komplexnú oblasť, a to z dôvodu vysokého podielu biologicky podmienených procesov a silnej previazanosti jednotlivých článkov hodnotového reťazca. Metodické prístupy, ktoré sa využívajú v iných odvetviach, preto nie je možné aplikovať priamo, ale musia byť prispôbené osobitostiam poľnohospodárskej a potravinárskej výroby. Medzi kľúčové zdroje emisií patria najmä:

4.1 Enterická fermentácia hospodárskych zvierat

Metán, predstavuje jeden z najväčších zdrojov emisií v sektore. Metodiky IPCC (2006, 2019) rozlišujú viacero úrovní presnosti výpočtu (Tier 1 – defaultné globálne emisné faktory, Tier 2 – národne špecifické údaje o plemenách, krmných dávkach a produkcii mlieka/mäsa, Tier 3 – sofistikované modely a priame merania). Pre národné podmienky je nevyhnutné prejsť z úrovne Tier 1 na Tier 2, čo si vyžaduje systematický zber údajov o štruktúre chovov a krmných režimoch.

4.2 Skladovanie a aplikácia maštalného hnoja

Uvolňovanie emisií pri uskladňovaní a následnej aplikácii organických hnojív je determinované technológiou hospodárenia, klimatickými podmienkami a dĺžkou skladovania. Metodiky IPCC poskytujú rámcové emisné faktory, ktoré je však potrebné modifikovať podľa národných štatistík.

4.3 Používanie minerálnych hnojív a pesticídov

Aplikácia dusíkatých hnojív je významným zdrojom emisií N_2O , pričom emisné faktory sú závislé od typu hnojiva, aplikačnej dávky a agroklimatických podmienok. Pri pesticídoch je dominantným zdrojom emisií ich výroba a distribúcia, ktoré sa započítavajú v rámci Scope 3. Presnejší výpočet si vyžaduje detailnú evidenciu spotreby vstupov na úrovni podniku, čo je v praxi často limitované nedostupnosťou údajov.

4.4 Odpadové toky a spracovanie zvyškov

V potravinárstve vznikajú významné emisie pri likvidácii a zhodnocovaní organických odpadov (napr. kaly, zvyšky zo spracovania mäsa a mlieka, potravinový odpad). V závislosti od spôsobu nakladania (kompostovanie, anaeróbna digestcia, skládkovanie) sa uvoľňujú rôzne množstvá emisií. Alternatívne technológie (kompostovanie, anaeróbna digestcia) môžu mať výrazne nižšiu emisnú stopu, pričom správna metodika musí zohľadňovať podiel jednotlivých spôsobov nakladania s odpadmi. Metodiky IPCC poskytujú emisné faktory, avšak pre Slovensko je potrebná adaptácia na základe údajov o podiele recyklácie a využívaných technológiách.

4.5 Energetická spotreba fariem a spracovateľských podnikov

Významný podiel uhlíkovej stopy pochádza z nakupovanej energie – elektriny, tepla a palív. Tieto emisie patria do Scope 2 a sú závislé od energetického mixu krajiny. V prípade Slovenska je potrebné zohľadniť vysoký podiel jadrovej energie a rastúci podiel OZE, čo ovplyvňuje emisný faktor elektriny. V spracovateľskom priemysle zohráva úlohu aj vysoká potreba chladenia, skladovania a spracovania.



4.6 Logistika, balenie a distribúcia

Emisie spojené s dopravou surovín a hotových výrobkov, ako aj s výrobou a likvidáciou obalov, patria medzi kľúčové zdroje v Scope 3. Ich výpočet je náročný vzhľadom na rôznorodosť distribučných kanálov, typy dopravy (cestná, železničná, námorná, letecká) a spotrebiteľské správanie. Vzhľadom na fragmentáciu dodávateľských reťazcov je presná kvantifikácia týchto emisií problematická a spravidla sa využívajú priemerné emisné faktory z medzinárodných databáz (napr. DEFRA, Bilan Carbone).

Pri výpočte uhlíkovej stopy v agropotravinárstve je potrebné kombinovať prístupy založené na medzinárodných metodikách (IPCC, GHG Protocol, ISO 14067) so sektorovo špecifickými národnými údajmi. Kľúčom je identifikácia najvýznamnejších zdrojov emisií a ich prispôbenie slovenským podmienkam. Zvláštny dôraz je potrebné klásť na Scope 3, ktorý je najnáročnejší na výpočet, no zároveň predstavuje rozhodujúci podiel emisií v celom dodávateľskom reťazci.



5 Limity a neistoty metodík

Aj napriek existencii viacerých medzinárodne uznávaných metodických rámcov pre výpočet uhlíkovej stopy (GHG Protocol, ISO 14064/14067, IPCC, PEF/OEF), ich aplikácia v praxi prináša viacero limitov a neistôt. Tieto obmedzenia je potrebné explicitne pomenovať a zohľadniť, najmä ak majú byť výsledky využívané pre reguláciu, reporting podľa CSRD alebo ako kritérium pri verejnom obstarávaní.

5.1 Nedostatok národne špecifických emisných faktorov

Poľnohospodárstvo a potravinárstvo sú sektory, kde globálne databázy často neposkytujú dostatočne presné emisné faktory reflektujúce lokálne podmienky. Napr. emisné faktory pre enterickú fermentáciu alebo aplikáciu hnojív sú v metodike IPCC uvádzané ako priemerné globálne hodnoty (Tier 1), ktoré nezohľadňujú špecifické krmné dávky, plemená hospodárskych zvierat, klimatické podmienky a postupy hospodárenia na Slovensku. Podobne emisné faktory pre spracovanie potravín, logistiku a odpady vychádzajú prevažne zo západoeurópskych dát (ecoinvent, Agribalyse), ktoré nezodpovedajú plne štruktúre slovenského trhu. Nedostatok národných dát vedie k potrebe adaptácie zahraničných databáz (napr. The Big Climate Database) a ich úprave podľa slovenských štatistických údajov (ŠÚ SR, MPRV SR). To však prináša metodickú neistotu a obmedzenú porovnateľnosť výsledkov.

5.2 Neistoty v Scope 3

Scope 3 emisie predstavujú spravidla najväčší podiel uhlíkovej stopy v agropotravinárstve (výroba vstupov, logistika, obaly, spracovanie a spotreba). Ich kvantifikácia je spojená s vysokou mierou neistoty, keďže podniky často nemajú prístup k detailným údajom od dodávateľov, a sú odkázané na priemerné emisné faktory alebo proxy údaje. V rámci dodávateľských reťazcov dochádza k riziku dvojitého započítania emisií alebo naopak k ich podhodnoteniu v prípade, že niektoré články reťazca nie sú pokryté. Pre obaly a odpady často chýbajú špecifické emisné faktory, ktoré by reflektovali lokálne technológie recyklácie a zhodnocovania odpadu. Významnú neistotu prináša aj budúca zmena metodiky, keďže EÚ pripravuje harmonizované pravidlá pre Scope 3 v rámci ESRS, ktoré sa môžu líšiť od doterajších prístupov.

5.3 Fragmentácia metodík

Súbežná existencia viacerých metodických rámcov spôsobuje, že podniky sa stretávajú s rozdielnymi požiadavkami na výpočet uhlíkovej stopy. GHG Protocol sa zameriava na inventarizáciu emisií podľa Scope 1–3, pričom je najrozšírenejší vo firemnej praxi. ISO 14064/14067 kladie dôraz na auditovateľnosť a verifikovateľnosť údajov, čo je kľúčové pre certifikáciu a reguláciu, no zároveň zvyšuje administratívnu a finančnú náročnosť. PEF/OEF vyžadujú harmonizovaný prístup v rámci EÚ, ale v súčasnosti sú ešte vo fáze implementácie a ich aplikácia môže byť náročná pre malé a stredné podniky. Táto fragmentácia vedie k situácii, že podnik môže získať odlišné výsledky uhlíkovej stopy v závislosti od použitej metodiky, čo znižuje transparentnosť a dôveryhodnosť výsledkov.



6 Záver

Analýza existujúcich metodík sledovania a kvantifikácie uhlíkovej stopy potvrdili, že v súčasnosti existuje široké spektrum medzinárodných rámcov (GHG Protocol, ISO 14064/14067, IPCC Guidelines, PEF/OEF), ktoré poskytujú teoreticky robustný a globálne uznávaný základ pre meranie emisií skleníkových plynov. Tieto metodiky majú spoločný cieľ - umožniť transparentnú, porovnateľnú a verifikovateľnú kvantifikáciu emisií v súlade s požiadavkami na udržateľnosť a klimatické záväzky.

Agropotravinársky sektor však prináša špecifické výzvy, ktoré si vyžadujú prispôbenie medzinárodných metodík národným podmienkam. Medzi najvýznamnejšie patrí vysoký podiel biologických procesov (enterická fermentácia, nakladanie s hnojom), variabilita v používaní vstupov (hnojivá, pesticídy, krmivá) a prepojenosť na rozsiahle dodávateľsko-odberateľské reťazce. Výpočet uhlíkovej stopy v tomto sektore je preto citlivý na kvalitu a dostupnosť údajov, pričom významná neistota pretrváva najmä v kategórii Scope 3.

Ďalšou identifikovanou výzvou je fragmentácia metodík a štandardov, ktorá podniky vystavuje rozdielnym požiadavkám a môže viesť k nejednotným výsledkom. Preto sa ako kľúčové ukazuje harmonizovať výpočtové prístupy, a to nielen medzi rámcami ISO, GHG Protocol a PEF, ale aj medzi sektorovými iniciatívami a legislatívnymi požiadavkami (CSRD, ESRS).



Autorka:

doc. Ing. Lenka Lackóová, PhD.

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre



2025

www.decarb.uniag.sk