Technologické emise skleníkových plynů zemědělského podniku pěstujícího cukrovou řepu ve Středočeském kraji

TECHNOLOGICAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF SUGAR BEET-PRODUCING FARM IN CENTRAL BOHEMIAN REGION

Jaromír Chochola – Řepařský institut, spol. s r. o., Semčice
Martin Dědina – Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v. v. i., Praha

V této práci chceme odhadnout technologické emise z rostlinné výroby a oddělit je od koloběhu organické hmoty v půdě. V koloběhu půdní organické hmoty vznikají emise z původně fotosynteticky fixovaného uhlíku, z hlediska bilance tedy nejde o zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Pokud v tomto koloběhu dochází ke zvýšenému ukládání uhlíku do stabilní půdní organické hmoty, je to samozřejmě velmi pozitivní. Jak míra tohoto ukládání, tak míra její mineralizace (bilančních úbytků) jsou však kvůli množství ovlivňujících faktorů natolik nejisté, že kvantifikace v krátkodobém měřítku (jednotky let) je velmi sporná. Nesporné emise skleníkových plynů – ze spotřeby hnojiv, PHM a dalších energií, ze spotřeby dalších nakupovaných materiálů – by měly mít své jasné místo v úvahách o snižování emisí, a proto je důležité mít představu o jejich rozsahu a struktuře.

Ten druhý okruh, koloběh půdní organické hmoty a bilance oxidu uhličitého v něm, je v odborné diskusi mnohem frekventovanější a vděčnější. Je tu vědecká komunita, která zkoumá složky půdní organické hmoty, jejich stabilitu, funkci… Praktickým výstupem v otázce emisí jsou mj. simulační modely dynamiky uhlíku v půdě (1), z nichž lze odhadovat dopady agrotechnických opatření a dalších podmínek, zejména teploty. Bilance půdní organické hmoty může být kladná i záporná, při stabilním obhospodařování s ohledem na tuto bilanci (2) však jsou změny velmi malé, pozvolné. Celkové emise ovlivňují málo, ovšem dlouhodobě. Hospodaření je třeba koncipovat na vyrovnanou nebo lépe pozitivní bilanci dostatečným přívodem biomasy do půdy.

Vedle této „vědecké“ komunity je tu ještě významná komunita komerční. Vidina „záporných“ emisí v podobě sekvestrace biogenního uhlíku do stabilní půdní organické hmoty s sebou nese úsilí finančně silných firem nakoupit záporné emise a prezentovat se těmito sníženými emisemi. Je to logická snaha, která v konečném výsledku finančně odměňuje zemědělce za ekologicky přínosné hospodaření. Tržní zájmy na tomto poli však mohou vést k málo transparentním metodikám výpočtů a k nadhodnocování fixace uhlíku. Dalším aspektem pak je, že namísto zemědělství vykazuje ekologický přínos někdo úplně jiný a až bude muset úspory emisí vykazovat zemědělec a navazující zpracovatel (potravináři), budou prodané efekty chybět (3). To je primárním důvodem, proč se snažíme kvantifikovat emise rostlinné výroby mimo koloběh půdní organické hmoty a **ukázat, že máme nesporné technologické emise skleníkových plynů, pro které budeme brzy i v zemědělství potřebovat kompenzace, a proč bychom se neměli unáhleným**



Tab. I. Rostlinná výroba v Řepařském institutu – plocha plodin v letech 2023 – 2025 (meziročníkové rozdíly byly minimální)

Plodina	Výměra (ha)
Cukrová řepa	201
Ječmen jarní	198
Kukuřice na siláž	53
Mák setý jarní	91
Pšenice setá ozimá	442
Řepka ozimá	252
Sója	18
Směs pro nektarodárný úhor (ekoplatba)	32
Dočasné jetelotravní směsi	10
Celkem	1 292

Tab. II. Spotřebovaná minerální hnojiva v hospodářském roce 2024/2025

Hnojivo	Spotřeba (t)	Aplikované čisté živiny (kg)			Emisní faktor hnojiva (kg $CO_2 \cdot kg^{-1}$ živin)			Emise hnojiva (t)
		N	P, S	K, Ca, Mg	EF (N)	EF (P, S)	EF (K, Mg,)	CO_2
NPK 15–15–15	27,16	4,07	4,07	4,07	3,469	0,54	0,42	18,044
NPK 10–35–20	32,46	3,25	11,36	6,49	3,469	0,54	0,42	20,122
Lovodam 30	37,71	11,31	0,00	0,00	2,693			30,466
Amofos	23,12	2,77	12,02	0,00	2,832	0,54		14,349
NSMg 24–11–2	36,94	8,87	4,06	0,74	3,469	0,54	0,42	33,259
NPKMg 16,5–29–9–1,5	25,52	4,21	7,40	2,93	3,469	0,54	0,42	19,836
Močovina	41,74	19,20	0,00	0,00	2,668			51,227
Lovofert LAD 27	462,67	124,92	0,00	1,67	3,670		0,42	459,161
Lovodasa S 13	28,62	7,44	3,72	0,00	3,469	0,54		27,823
PK 16,5–20,4–1,32 Mg	19,96	0,00	3,27	6,22		0,54	0,42	4,378
Cukrovarská šáma*	72,98							1,533
Minerální hnojiva celkem		144,0 **	35,5 **	17,1 **				680,198

** cukrovarská šáma: 25 % CaO + 3–5 % MgO, emisní faktor CaO 0,07, ** spotřeba živiny kg na 1 ha.*

prodejem tzv. uhlíkových kreditů předčasně zbavovat potenciálu, který máme v ukládání uhlíku do vlastní půdy.

Metodika

V tomto „prvním přiblížení" k problematice nechceme být zatíženi existujícími, zpravidla komplikovanými modely a výpočetními programy. Máme za to, že velmi detailní přístup s sebou mj. nese veliké nebezpečí chyb. Základním principem metodického přístupu tady je, že emise rostlinné produkce souvisejí s nakupovanými produkty – s hnojivy, s PHM a s další nakupovanou energií, s POR. Veškerá produkce, která v rostlinné výrobě vzniká, je výsledkem fotosyntézy, fixace uhlíku a v prvním přiblížení je zavádějící zahrnovat do bilance rostlinné produkce emise oxidu uhličitého z jakékoliv organické hmoty – z posklizňových zbytků, z organického hnojení, z vlastních osiv. Výjimkou by mohlo být rozorání trvalých travních porostů – změna kultury; k tomu v tomto našem analyzovaném hospodaření nedochází. Je však třeba započítat emise oxidů dusíku – jak v souvislosti s minerálním hnojením, tak s hnojením organickým, resp. použitím rostlinných zbytků. Emise dusíku souvisí daleko více s technologií obhospodařování než s koloběhem organické hmoty.

Firma Řepařský institut, spol. s r. o., podniká mj. v rostlinné výrobě (tab. I.), která je účetně i lokálně oddělená od ostatních aktivit. Ve smyslu předchozího odstavce můžeme z účetnictví vyčíslit zdroje emisí skleníkových plynů mimo emisí z mineralizace biogenního uhlíku z půdy.

Všechny rostlinné zbytky (chrást řepy, sláma obilnin a řepky, zbytky po máku a sóje) se zaorávají. Na plochu přibližně 30 ha se nakupuje hnůj. Bilance půdní organické hmoty podle Modelu organické hmoty pro ekoplatbu (2) vychází „vyrovnaná" resp. mírně pozitivní a emise z mineralizace půdní organické hmoty tedy celkové emise velmi pravděpodobně nezvyšují. Čisté emise rostlinné produkce pak sestávají z položek:
– aplikovaná minerální hnojiva,
– spotřebovaná nakoupená energie (PHM, elektřina, fosilní topná média),
– aplikované přípravky na ochranu rostlin, morforegulátory, pomocné látky,
– N_2O spojený se spotřebou minerálních hnojiv,
– N_2O spojený se spotřebou organických hnojiv a s mineralizací organických zbytků plodin,
– atmosférická depozice N_2O spojená s minerálním a organickým hnojením a s mineralizací organických zbytků.

Do kalkulace tedy na základě popsané úvahy nezahrnujeme:
– nakoupená osiva, protože emise spojené s jejich výrobou (PHM, POR, další energie) vznikly a měly by být započítány v jiném zemědělském podniku a v podniku posuzovaném vznikají pouze emise z jejich biogenně akumulovaného uhlíku, tedy odčerpáním CO_2 z atmosféry,
– emise CO_2 z nakupovaného organického hnojení a z organických zbytků produkce (řepný chrást, organické zbytky dalších plodin) – opět se jedná o biogenně akumulovaný uhlík, naopak, započítáváme emise N_2O související s těmito zdroji N; v posuzovaném ustáleném provozu nevznikají emise ze změny kultury – odlesňování, rozorávání trvalých travních porostů,
– v posuzovaném provozu bez živočišné výroby nevznikají emise methanu.

Emisní faktory jednotlivých zdrojů emisí jsou uvedeny v příslušných tabulkách jejich spotřeby. U dusíkatých hnojiv jsme použili faktory z publikace (4). U kombinovaných hnojiv jsme sečetli jednotlivé složky: množství jednotlivé živiny × její emisní faktor.

Emise N_2O jsou vypočteny na základě níže uvedených základních parametrů a příslušnou metodikou (5) daných ekologických podmínek ve vyjádření na 1 hektar. Počítáme vždy s množstvím elementárního dusíku a v posledním kroku ho přepočítáváme na oxid dusný N_2O (× 44/28) a posléze na ekvivalent CO_2.

Tab. III. Emise z hnojení a dalších zdrojů – PHM, POR a pomocných látek, elektřiny, topení

Zdroj emisí	2022/23	2023/24	2024/25	2022/23	2023/24	2024/25	Emise průměr 2023–25 ($t \cdot rok^{-1}$ CO_2)	Emise průměr 2023–25 ($t \cdot rok^{-1} \cdot ha^{-1}$ CO_2)
	spotřeba			emise CO_2 (t)				
Minerální hnojiva (t N)	165,691	156,377	186,046	574,781	566,712	644,578	595,357	460,803
Minerální hnojiva (t P)	18,555	36,950	45,916	10,020	16,718	24,794	17,177	13,295
Minerální hnojiva (t K)	11,547	18,859	22,125	4,850	3,630	9,293	5,924	4,585
Ostatní (cukrovarská šáma) (t)	0	0	72,98	0	0	1,533	0,511	0,396
Organická hnojiva (nakoupený hnůj) (t)	910	1281	1178	0	0	0	0	0,000
Organické zbytky po řepě (chrást) (t)	7 000	7 000	7 000	0	0	0	0	0,000
Org. zbytky po obilninách, řepce, máku, kukuřice a sóje (t)	4 000	4 000	4 000	0	0	0	0	0,000
PHM, spotřeba včetně služeb (sklizeň řepy) (l)	172,334	171,183	160,549	454,962	451,923	423,849	443,578	343,327
POR – účinné látky (t)	4,092	4,077	3,478	45,012	44,847	38,258	42,706	33,054
Elektřina (MWh)	14,005	13,767	15,438	5,182	4,681	5,249	5,037	3,899
Plyn – propan (m^3)	1,6	2	2,1	2,416	3,02	3,171	2,869	2,221
Technologické emise CO_2 celkem (t)				1 097,222	1 091,531	1 150,725	1 113,160	861,579

Základní parametry výpočtu emisí N_2O:
– dávka dusíku v minerálních hnojivech: 2023 = 120,6 $kg \cdot ha^{-1}$ N, 2024 = 127,7 $kg \cdot ha^{-1}$ N, 2025 = 144,0 $kg \cdot ha^{-1}$ N, průměr let 2023–2025 = 130,6 $kg \cdot ha^{-1}$ N,
– dávka využitelného dusíku v org. hnojivech – 4,3 $kg \cdot ha^{-1}$ N,
– dusík v posklizňových zbytcích (chrást řepy, organické zbytky dalších plodin) – 31,0 $kg \cdot ha^{-1}$ N.

Výsledky výpočtů emisí N_2O (tab. IV.):
1. Přímé emise N_2O-N z minerálních hnojiv = 1,3923 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O-N.
2. Přímé emise N_2O-N z organického hnojení a z posklizňových zbytků = 0,3456 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O-N.
3. Nepřímé emise N_2O-N z vyplavování a odtoku po aplikaci minerálních a organických hnojiv = 0,4384 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O-N.



4. Nepřímé emise N_2O-N z atmosférické depozice dusíku = 0,1529 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O-N.
5. Přímé a nepřímé emise N_2O-N = 1,3923 + 0,3456 + 0,4384 + 0,1529 = 2,3292 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O-N.
6. Přepočet emisí N_2O-N na N_2O: 2,3292 × 44/28 = 3,6602 $kg \cdot ha^{-1}$ N_2O.
7. Přepočet emisí N_2O na CO_{2ekv}: 3,6602 × 265 = 969,9454 $kg \cdot ha^{-1}$ $CO_{2\ ekv}$.

Výsledky

Nejvýznamnějším zdrojem emisí v rostlinné výrobě bývají minerální a zejména dusíkatá hnojiva. V tab. II. je uveden výpočet přímých emisí s rozpočtem na jednotlivá hnojiva spotřebovaná v hospodářském roce 2024/2025. Analogicky byly vypočteny emise v předchozích dvou letech a v tab. III. byly přidány další položky – pohonné hmoty, přípravky na ochranu rostlin, spotřeba elektřiny a topných médií. Výsledkem (tab. III.) jsou technologické emise CO_2, některé položky v tabulce vyžadují zpřesňující komentář:
– u spotřeby fosforu je stejným emisním faktorem připočtena spotřeba síry obsažené v některých hnojivech, obdobně u draslíku je započten i hořčík,
– u posklizňových zbytků jsme rozdělili řepný chrást a „slámu“, kvůli velikému rozdílu v obsahu dusíku, do „slámy“ jsme zahrnuli zbytky po sklizni obilnin, řepky, kukuřice, máku a sóji na ploše cca 1 000 ha, s odhadem množství 4,0 $t \cdot ha^{-1}$ a s obsahem dusíku 0,5 %,
– k přípravkům na ochranu rostlin jsme se stejným emisním faktorem (11) připočetli pomocné látky, morforegulátory a listová hnojiva,
– nízká spotřeba topných médií je způsobena topením „zeleným“ dřevem na jedné ze dvou farem.

Z malých meziročních rozdílů ve spotřebě prakticky všech zdrojů emisí je zřejmé, že se jedná o velmi ustálený způsob

Tab. IV. Výsledky výpočtu emisí N_2O a jejich přepočet na ekvivalent CO_2

Zdroj emisí	2023	2024	2025	Průměr 2023–2025
Roční dávka N minerálních hnojiv (kg·ha^{-1})	120,6	127,7	144	130,8
Roční dávka N organických hnojiv (kg·ha^{-1})	4,3	4,3	4,3	4,3
Roční množství N v posklizňových zbytcích (kg·ha^{-1})	31	31	31	31
Přímé emise N_2O–N z minerálních hnojiv (kg·ha^{-1})	1,2557	1,3491	1,5730	1,3926
Přímé emise N_2O–N z organickéhohnojení (kg·ha^{-1})	0,0356	0,0356	0,0356	0,0356
Přímé emise N_2O–N z posklizňových zbytků (kg·ha^{-1})	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100
Přímé emise N_2O z organického hnojení a posklizňových zbytků (kg·ha^{-1})	0,3456	0,3456	0,3456	0,3456
Nepřímé emise N_2O–N z vyplavování a odtoku po aplikaci minerálních a organických hnojiv (kg·ha^{-1})	0,4116	0,4303	0,4730	0,4383
Nepřímé emise N_2O–N z atmosférické depozice dusíku (kg·ha^{-1})	0,1417	0,1495	0,1670	0,1527
Emise N_2O–N celkem (kg·ha^{-1})	2,1546	2,2745	2,5586	2,3292
Přepočet emisí N_2O–N na N_2O (kg·ha^{-1})	3,3857	3,5743	4,0206	3,6602
Přepočet emisí N_2O na $CO_{2\,ekv}$ (kg·ha^{-1})	897,220	947,176	1065,467	969,955

hospodaření. Více než polovina emisí připadá na dusíkatá hnojiva, zhruba 40 % připadá na naftu, ostatní zdroje se podílejí jen malými hodnotami. **Vypočtené emise v přepočtu na 1 ha obhospodařované plochy jsou 862 kg CO_2.**

Do výpočtu těchto emisí jsme nezahrnuli úplně všechno. Jsou tu ještě emise spojené s prací agronomů (benzin osobních automobilů), se službami v údržbě budov a možná další drobné zdroje – zvyšujeme proto vypočtené emise odhadem o 5 %:

1. **Technologické emise CO_2: 862 × 1,05 = 905 kg·ha^{-1} CO_2.** Dalším zdrojem emisí jsou emise oxidu dusného (N_2O), spojené s dusíkem v minerálních a organických hnojivech a v posklizňových zbytcích. Tyto emise vypočítané dle mezinárodní metodiky IPCC jsou vyčísleny v tab. IV.
2. **Emise oxidu dusného 970 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$** jsou dokonce vyšší než vypočtené technologické emise CO_2.
3. **Celkové emise námi zkoumané rostlinné výroby jsou 1 875 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$.**

Diskuse

V dostupných literárních pramenech jsme nenašli relevantní srovnání s výsledkem našeho výpočtu, tedy emise rostlinné výroby za předpokladu vyrovnané bilance u půdní organické hmoty. Neveřejně je možné získat výpočty emisí pro komerční účely, kde jsou odděleně vyčísleny emise farmy jako celku a kladné či záporné emise z půdní organické hmoty. Pro cukrovary Tereos TTD, a. s., byly takto servisní firmou vyčísleny emise u tří pěstitelů cukrové řepy hospodařících bez živočišné výroby, ve stejné oblasti, ve stejném časovém období, na podobných půdách, tedy za velmi podobných podmínek (3). Tyto výsledky se vzájemně velmi liší: 2 080; 2 519 a 6 459 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$. Takové rozdíly v podobných podmínkách vzbuzují velkou nedůvěru ve správnost výpočtu a ukazují na potřebu mít alespoň hrubou představu, v jakých hodnotách se mohou emise pohybovat. I to bylo jedním z důvodů, proč jsme se o prezentovaný výpočet pokusili. Výpočetní programy pro odhad emisí jsou poměrně komplikované, jednotlivé operace jsou pro běžného uživatele skryté, nekontrolovatelné, vyžadují veliké množství vstupních dat, při jejichž zadávání může docházet k chybám. Proto jsme zvolili v metodice popsaný velmi zjednodušený přístup a pokud jsme nějaký významný zdroj emisí nevynechali, považujeme tento postup za transparentnější a spolehlivější. Emise v našem případě vycházejí významně nižší než dva citované komerční výpočty.

Další možností k ověření správnosti výpočtu jsou emise publikované pro jednotlivé plodiny (6). Pro Středočeský kraj jsou v citovaném národním reportu vypočteny měrné emise pro plodiny, které zaujímají 89 % obhospodařované plochy posuzované rostlinné výroby. Při přepočtu na naše plochy těchto plodin vycházejí tyto „teoretické“ emise na 2 026 kg·ha^{-1} CO_2. (tab. V.).

I když emise na zbývající ploše 147 ha budou pravděpodobně mnohem nižší, je přesto zřejmé, že v našem výpočtu za celý podnik jsou emise (1 875 kg·ha^{-1} CO_2) nižší, než to vychází z odhadu pro hlavní plodiny, rozdíl však není velký, je menší než 10 %.

Tab. V. Hodnoty emisí skleníkových plynů z pěstování plodin ve Středočeském kraji (za roky 2020–2022) a přepočet na emise posuzovaného podniku

Plodina	Emise na t sušiny podle (6) (kg CO_2)	Výměra v daném podniku (ha)	Emise u plodiny celkem (kg CO_2)	Emise plodiny a celkem (kg·ha^{-1} CO_2)
Pšenice ozimá	369	442	902 454	2 042
Ječmen jarní	331	198	299 345	1 512
Řepka ozimá	702	252	520 629	2 066
Kukuřice (siláž)	217	53	118 870	2 243
Cukrová řepa	144	200	478 512	2 393
Celkem		1 145	2 319 809	2 026

Je zřejmé, že hodnoty pro hlavní plodiny z národního reportu jsou v tomto střetu s realitou dobrým vodítkem. Na základě těchto úvah odhadujeme, že **technologické emise skleníkových plynů z rostlinné výroby u středočeských pěstitelů cukrové řepy se mohou pohybovat v rozmezí 1 700 – 2 000 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$** a pokud dostane podnik výsledek výrazněji odlišný, je potřeba hledat, zda někde nedošlo k chybě ve výpočtu. A jestli se ukáže výpočet jako správný, je potřeba hledat chyby technologické.

V diskusi je potřeba zvažovat možnosti snížení technologických emisí skleníkových plynů v rostlinné výrobě. V technologii výroby je na prvním místě racionalizace hnojení dusíkem. Při přesnějším hnojení podle půdních rozborů, podle zásoby dusíku v půdě je možné hnojení selektivně snížit, aniž by to mělo dopad na výnosy. Náhrada orby kypřením s nižší spotřebou nafty se navrhuje často. Není to však tak jednoduché, protože orba poskytuje řadu fytosanitárních efektů, bez ní asi naroste spotřeba přípravků na ochranu rostlin (7). Mimo v této práci analyzované technologické emise ovšem hospodaření bez orby sníží mineralizaci půdní organické hmoty a tento efekt může být pro celkové emise významný. Na technologické emise má vliv i skladba pěstovaných plodin. Ta se řídí poptávkou po produktech a jejich cenou. Emise by jistě snížil vyšší podíl leguminóz – hlavně díky fixaci dusíku a možnosti snížit dávky průmyslových hnojiv, ekonomika v praxi tu však vychází jen vzácně. Ve zkoumané výrobě jsou využívány všechny zdroje zbytkové biomasy pro reprodukci půdní organické hmoty, nepěstují se však meziplodiny. Jejich zařazením je možno za cenu zvýšených nákladů, zvýšených technologických emisí a zvýšené spotřeby vody zvýšit přívod organické hmoty do půdy a snažit se o postupné zvyšování jejího obsahu, o „záporné“ emise CO_2.

Cíl nulových emisí skleníkových plynů v EU v roce 2050 je pro rostlinnou výrobu zatím bez reálných technologických možností, jak jej dosáhnout. Klíčová je naprosto „zelená“, resp. bezemisní energetika – bezemisní energie pro výrobu hnojiv, bezemisní energie pro pohon strojů… Sekvestrace uhlíku do půdní organické hmoty, „záporné“ emise nám tady příliš nepomohou. Jestliže jsme odhadli technologické emise na úrovni přibližně 1 800 kg·ha^{-1} CO_2, pak roční potenciál sekvestrace může být o řád nižší.

Souhrn

V práci byly na základě údajů z účetnictví, na základě spotřeby hnojiv, pohonných hmot, přípravků na ochranu rostlin, morforegulátorů a pomocných látek, spotřeby elektřiny a topných médií odhadnuty emise skleníkových plynů reálného zemědělského podniku s rostlinnou výrobou ve Středočeském kraji. Emise byly vypočteny ve výši 1 875 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$. Přímé emise ze spotřeby dusíkatých hnojiv byly 461 kg·ha^{-1} CO_2, emise z pohonných hmot 343 kg·ha^{-1} CO_2, emise spojené se vznikem N_2O byly 970 kg·ha^{-1} $CO_{2\,ekv}$. Do výpočtu nebyly zahrnuty emise spojené s eventuálními změnami v obsahu půdní organické hmoty, resp. emise spojené s mineralizací dříve fotosyntézou fixovaného uhlíku. Z propočtů bilance půdní organické hmoty vypočtené dle Modelu organické hmoty pro ekoplatbu, využívané v České republice, vyplynulo, že její bilance byla v tomto případě vyrovnaná. V diskusi výsledků je konstatováno, že prezentovaný výsledek je mírně nižší než údaje z dostupné literatury. V diskusi jsou navrženy možnosti snížení emisí.

Klíčová slova: cukrová řepa, rostlinná výroba, koloběh půdní organické hmoty, emise skleníkových plynů.

Literatura

1. Madaras, M.; Skalský, R.; Balkovič, J.: Modelování obsahu uhlíku v půdách ČR. In *Sborník Racionální použití hnojiv*, ČZU Praha, 27. 11. 2025, [online] https://www.carc.cz/wp-content/uploads/2025/11/Madaras_RPH_2025.pdf.
2. Klír, J.: *Bilance organické hmoty (Model OH) pro základní celofaremní ekoplatbu (nad 30 ha) v roce 2025.* Metodika NCZPV, Praha, 2025.
3. *Tereos TTD: Sustainable and regenerative agriculture project (SARA).* Interní document, 2025.
4. *ISCC EU205 – Greenhouse gas emissions.* version 4.0, valid from 1st July 2021, 61 s., [online] https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2022/05/ISCC_EU_205_Greenhouse-Gas-Emissions-v4.0.pdf.
5. Dědina, M. et al.: *Výpočet typických měrných emisí skleníkových plynů z pěstování a zpracování zemědělských surovin pro stanovení hodnoty jejich emisních faktorů.* Certifikovaná metodika, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, 2023, 64 s., [online] https://agronavigator.cz/sites/default/files/2025-04/cert.%2520metodika%2520vypocet%2520uhlikov%25C3%25A9%2520stopy%2520final_2.pdf.
6. Dědina, M. et al.: *Czech Republic report prepared to meet the requirements of the Directve (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (REDII).* 2024, [online] https://circabc.europa.eu/ui/group/8f5f9424-a7ef-4dbf-b914-1af1d12ff5d2/library/0aba8c46-2e3e-4146-8b57-5076b910b762/details.
7. Chochola, J.: Cukrová řepa a životní prostředí. *Listy cukrov. řepař.*, 137, 2021 (7–8), s. 238–239.
8. Chochola, J., Jevič, P. Dědina, M.: Možnosti snížení emisí skleníkových plynů při pěstování cukrové řepy. *Listy cukrov. řepař.*, 141, 2025 (2), s. 48–55.

Chochola J., Dědina M.: Technological Greenhouse Gas Emissions of Sugar Beet-Producing Farm in Central Bohemian Region

This study presents the greenhouse gas emissions of an existing agricultural enterprise in the Central Bohemian Region which were estimated based on the company's accounting data, as well as on the consumption of fertilizers, fuels, plant protection products, growth regulators and auxiliary substances, electricity, and heating media. Total emissions were calculated at 1,875 kg·ha^{-1} $CO_{2\,eq}$. Direct emissions from the use of nitrogen fertilizers amounted to 461 kg·ha^{-1} CO_2, emissions from fuels to 343 kg·ha^{-1} CO_2, and emissions associated with N_2O formation to 970 kg·ha^{-1} $CO_{2\,eq}$. Emissions related to potential changes in soil organic matter content, i.e. emissions associated with the mineralization of carbon previously fixed by photosynthesis, were not included in the calculation. Calculations of the soil organic matter balance, performed using the Organic Matter Model for eco-schemes used in the Czech Republic, showed that the balance was neutral in this case. The discussion of the results states that the presented value is slightly lower than data reported in the available literature. The discussion also proposes possible options for emission reduction.

Key words: sugar beet, crop production, soil organic matter cycle, greenhouse gas emissions.

Kontaktní adresa – Contact address

Ing. Jaromír Chochola, CSc., Řepařský institut, spol. s r.o., Semčice 69, 294 46 Semčice, Česká republika, e-mail: chochola@semcice.cz