

# Snižování uhlíkové stopy plastů přidavkem biosložky

*Ing. Kamila Sirotná, prof. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D., MBA, Ing. Lukáš Zuzánek, Ph.D.*

## **Souhrn**

*Vývoj kompozitních plastů s bio plnivý je motivován snahou automotive průmyslu o ekologizaci produkce i snížení nákladů. Cílem studie je pro kompozitní materiál ABS s peletizovanými řízký z cukrové řepy určit metodou posuzování životního cyklu (LCA) hlavní kategorie dopadů na životní prostředí a zanalyzovat vliv změny podílu biosložky na uhlíkovou stopu produktu. Zvolená metodika výpočtu uhlíkové stopy je diskutována s ohledem na započtení vstřebávání uhlíku během produkce biomasy.*

*The development of composite plastics with bio fillers is driven by the automotive industry's efforts to green production and reduce costs. The aim of the study is to identify the main environmental impact categories for ABS composite material with pelletized sugar beet pulp using Life Cycle Assessment (LCA) method and to analyze the effect of changing the biofiller proportion in the mixture on the carbon footprint of the product. The chosen methodology for calculating the carbon footprint is discussed with respect to accounting for carbon sequestration during biomass production.*

**Klíčová slova:** *LCA, pelety z cukrové řepy, ABS, akrylonitrilbutadienstyren, uhlíková stopa, kompozitní plast, bioplňiva*

## **Úvod**

Škoda Auto se možností snížení uhlíkové stopy výrobků zabývá dlouhodobě a využití bio složky do kompozitních plastů pro interiéry automobilů je jeden z perspektivních směrů výzkumu nových materiálů.

V roce 2021 byl vývojáři ze Škoda Auto představen nový kompozitní materiál (odkaz), vyvinutý ve spolupráci s TU Liberec, jehož plánované využití je na části palubní desky s vzhledem dřevěné dýhy. Jedná se o plast akrylonitrilbutadienstyren (ABS) do něhož jsou přimíchávány jako biosložka zbytky cukrové řepy.

Tento projekt má reálné vyhlídky na uvedení do praxe, jelikož probíhá ve spolupráci s cukrovarem v blízkých Dobrovicích (společnost Tereos TTD, a.s.), kde právě peletizované vysušené vyloužené cukrové řízký vznikají jako odpadní materiál při výrobě cukru. Peletizované cukrové řízký jsou obvykle využívány jako krmivo pro hospodářská zvířata a případná spotřeba pro tento projekt je malým zlomkem celkové produkce cukrových řízků.

Kompozitní materiál obecně se získávají smícháním polymerní suroviny s přírodními plnivý, v tomto případě ABS s peletami cukrových řízků. Přírodní vlákna a plastový materiál se nejprve připraví mletím pro následné technologické procesy, smísí se v rozdílných procentuálních objemech a granulací se vyrobí se granule kompozitu. Materiál se následně zpracuje vstřikováním nebo lisováním, aby byl získán požadovaný tvar dílu.

## **Metoda LCA a východiska studie**

Metoda posuzování životního cyklu (LCA) je analytický nástroj založený na měření technologických, provozních a environmentálních parametrů jednotlivých organizací nebo průmyslových podniků, které se podílejí na výrobě, dopravě, provozu nebo odstranění jakéhokoli materiálu, zařízení, paliva nebo nosiče energie vstupujícího do kteréhokoliv stádia životního cyklu výrobku.

Metoda LCA se provádí podle norem ISO 14040 (ISO 14040:2006) a EN ISO 14044 (ISO 14044:2006). Je to robustní a transparentní nástroj pro kvantifikaci potenciálních dopadů na životní prostředí spojených s jednotlivými vstupními a výstupními materiály a energiemi. LCA je mezinárodně používaná metoda, kterou doporučuje UNEP OSN a o níž se v současné době diskutuje v souvislosti s přechodem na oběhové hospodářství.

Podstatou metody LCA je stanovení materiálových a energetických toků do a z posuzovaného systému. Sleduje se jejich množství, složení, charakter a význam pro životní prostředí. Příčiny a důsledky těchto toků pak určují výsledné změny v životním prostředí. Vstupní údaje se zpracovávají pomocí inventarizační analýzy. Předem definovaná část životního cyklu posuzovaného systému se rozdělí na jednotkové procesy a zmapují se toky mezi nimi. Poté následuje hodnocení uhlíkové stopy a závěrečná interpretace

V této studii byly vyhodnoceny následující materiály a jejich směsi:

- Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)
- Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 95/5 %
- Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 90/10 %
- Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 85/15 %
- Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 80/20 %
- Pelety z loužených řepných řízků

Údaje použité ve studii vycházejí z roku 2021. Všechny údaje použité pro následující modely poskytla společnost ŠKODA AUTO a.s a její dodavatelé. Ostatní soubory dat použité v modelech pocházejí z databáze GaBi Professional a částečně z databáze Ecoinvent 3.7.

Jako funkční jednotka byla zvolena hmotnost 1 kg materiálové směsi. Referenčním tokem pro účely této studie je hmotnost jednotlivých složek směsi (ABS a biosložky – pelet cukrovarských řízků) v kg potřebná pro přípravu 1 kg materiálové směsi.

Pro určení potenciálních dopadů na životní prostředí byly zvoleny následující metody charakterizace:

- metoda Environmental Footprint - EF 3.0 (která je v současné době doporučována Evropskou komisí pro posuzování dopadů životního cyklu výrobku),
- metoda pro stanovení uhlíkové stopy dle ISO 14067.

Obě zvolené metody jsou založeny na GWP 100. Potenciál globálního oteplování (GWP z anglického global warming potential) je měřítkem toho, kolik tepla v atmosféře zachytí skleníkový plyn v určitém časovém horizontu ve vztahu k oxidu uhličitému. Porovnává množství tepla zachyceného určitou hmotností plynu s množstvím tepla zachyceného stejnou hmotností oxidu uhličitého a vyjadřuje se jako činitel oxidu uhličitého (jehož potenciál globálního oteplování je standardizován na 1).

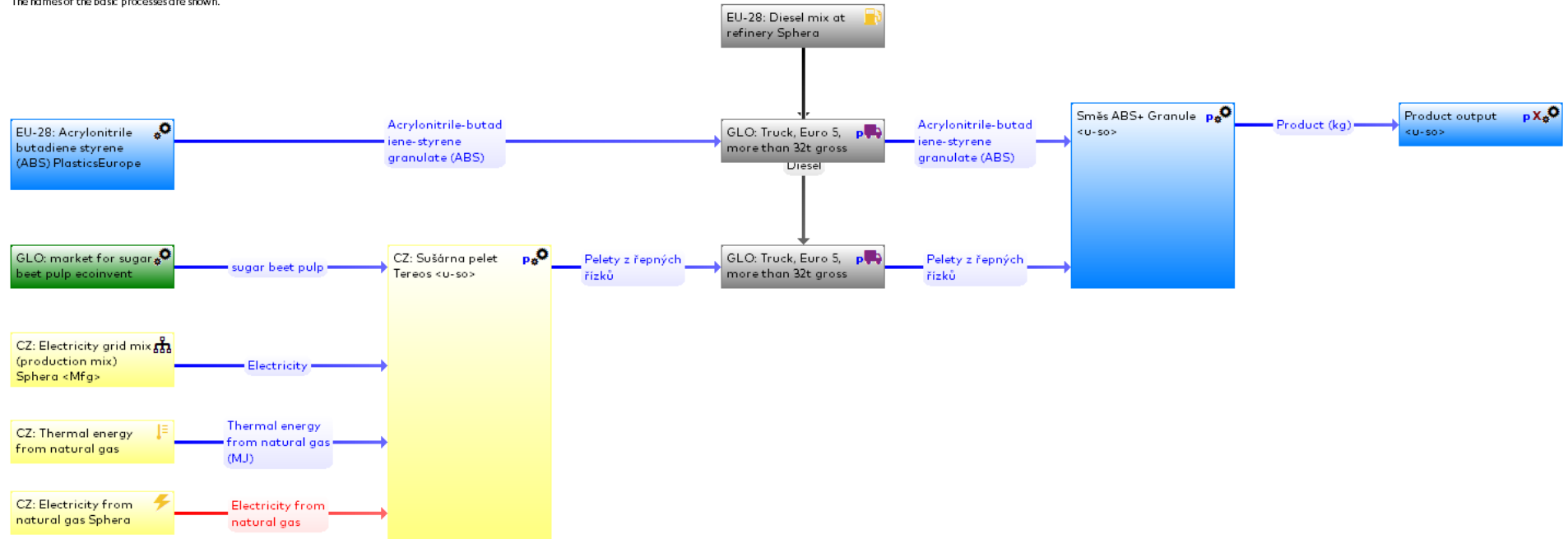
Vyvinutý model LCA je v rozsahu cradle-to-entry-gate. Zahrnuty jsou tyto procesy: těžba potřebných surovin, doprava surovin, výroba energie, paliva, výrobní procesy, přeprava ke zpracování. Veškeré údaje použité v inventarizaci a výpočtech jsou údaje z regionu ČR a EU, případně nedostupnosti evropských údajů jsou použity údaje globální. Při tvorbě modelů LCA bylo potřeba přijmout určité předpoklady:

- Z důvodů nedostupnosti údajů nebyly do studie zahrnuty dopady uvolňování mikroplastů a litteringu.
- Vyloužené a vylisované řízky přichází do systému jako vedlejší produkt z výroby cukru. Procesy spojené s pěstováním a sklízením řepy, úpravou, řezáním a dalším zpracováním až po vylisování zbytků šťávy nejsou zahrnuté do hranic systému, jelikož souvisí primárně s výrobou cukru. Veškeré materiálové a energetické toky, jakož i dopady těchto procesů jsou alokovány ze 100 % na výrobu cukru.
- Dopravní vzdálenosti hlavních surovin – pelet cukrovarských řízků a ABS granulátu odpovídají reálným dopravním vzdálenostem od dodavatele do areálu výrobních závodů Škody auto, a.s. v Mladé Boleslavi.
- Materiálová směs se připravuje pouze smísením granulátu ABS a pelet cukrovarských řízků. Proces nespotebovává žádné další suroviny ani energii. Během samotného procesu přípravy směsi nevznikají žádné emise. Jediným výstupem procesu je vlastní materiálová směs.

**Obrázek 1 Schéma produktového systému výroby směsi ABS a pelet z loužených řepných řízků**

ABS / Sugar beet pulp - dried

Process plant: Reference quantities  
The names of the basic processes are shown.



## Výsledky posouzení environmentálních dopadů ABS s přidavkem bio složky

Potenciální dopady výstupů inventarizace na životní prostředí byly vyjádřeny pomocí metody EF 3.0, kterou v současné době doporučuje Evropská komise pro posuzování dopadů životního cyklu výrobků a pomocí metody pro potenciál globálního oteplování dle ISO 14067.

V tabulce 1 jsou uvedeny vážené a normalizované výsledky podle EF 3.0 a jejich kontribuční analýza, pro 3 z vybraných zkoumaných materiálů a jejich směsí. Z tabulky je zřejmé, že z celkových dopadů mají největší vliv kategorie Celková změna klimatu (Climate change total), která odpovídá uhlíkové stopě produktu, a kategorie Spotřeba fosilních surovin (Resource use, fossils), což jsou midpointové kategorie se stejnou endpointovou kategorií dopadu.

Kategorie Spotřeba fosilních surovin je aktuálně velmi zajímavá z hlediska situace na trhu s fosilními zdroji, který je výrazně ovlivněn válkou na Ukrajině. Uhlíková stopa je ale komplexnější ukazatel, který je i z hlediska komunikace výsledků čitelnější pro širší publikum a tyto dva dopady korelují, protože jsou tvořeny převážně stejnými emisemi. Také v případě uhlíkové stopy lze použít porovnání metodiky EF 3.0 s ISO 14067 a zohlednit ve výsledcích různé přístupy pro porovnávání vlivu biogenní složky.

Z toho důvodu byla pro podrobnější rozbor vybrána kategorie Celková změna klimatu podle EF 3.0 ta je dále porovnávána s metodou pro stanovení uhlíkové stopy dle ISO 14067.

**Tabulka 1 Vážené a normalizované výsledky podle EF 3.0 a jejich kontribuční analýza pro vybrané 3 materiály a jejich směsi. Žlutě jsou vyznačeny přínosy k celkovému dopadu nad 20% a zeleně v intervalu 10 – 20%.**

	Pelety z loužených řepných řízků		Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 80/20 %		Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 95/5 %	
EF 3.0	1,35E-02		2,53E-02		2,76E-02	
EF 3.0 Acidification	1,73E-03	13%	1,18E-03	5%	1,08E-03	4%
EF 3.0 Climate Change - total	2,33E-03	17%	7,19E-03	28%	8,10E-03	29%
EF 3.0 Ecotoxicity, freshwater - total	1,40E-03	10%	3,06E-03	12%	3,37E-03	12%
EF 3.0 Eutrophication, freshwater	2,27E-04	2%	6,14E-05	0%	3,05E-05	0%
EF 3.0 Eutrophication, marine	7,59E-04	6%	4,45E-04	2%	3,86E-04	1%
EF 3.0 Eutrophication, terrestrial	1,39E-03	10%	7,01E-04	3%	5,71E-04	2%
EF 3.0 Human toxicity, cancer - total	3,79E-05	0%	8,67E-05	0%	9,59E-05	0%
EF 3.0 Human toxicity, non-cancer - total	-7,08E-05	-1%	1,73E-04	1%	2,19E-04	1%
EF 3.0 Ionising radiation, human health	3,40E-05	0%	7,18E-04	3%	8,46E-04	3%
EF 3.0 Land Use	2,79E-04	2%	5,63E-05	0%	1,46E-05	0%
EF 3.0 Ozone depletion	4,18E-06	0%	8,50E-07	0%	2,25E-07	0%
EF 3.0 Particulate matter	1,61E-03	12%	1,02E-03	4%	9,14E-04	3%
EF 3.0 Photochemical ozone formation, human health	2,55E-04	2%	7,66E-04	3%	8,61E-04	3%
EF 3.0 Resource use, fossils	1,56E-03	12%	8,89E-03	35%	1,03E-02	37%
EF 3.0 Resource use, mineral and metals	4,58E-04	3%	1,33E-04	1%	7,24E-05	0%
EF 3.0 Water use	1,44E-03	11%	8,55E-04	3%	7,44E-04	3%

V následující tabulce 2 jsou uvedeny analyzované směsi a vstupní suroviny, a také zjištěné hodnoty uhlíkové stopy podle výše uvedených metodik. Hodnoty jsou uvedeny v jednotkách [kg CO<sub>2</sub> eq.].

**Tabulka 2 Uhlíková stopa všech porovnávaných materiálů a směsí dle vybraných metodik [kg CO2 eq.]**

Materiál / směs	EF 3.0 Climate Change - total	ISO14067 GWP100, total
Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)	3,213	3,187
Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 95/5 %	3,113	3,015
Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 90/10 %	2,995	2,820
Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 85/15 %	2,880	2,628
Směs ABS / pelety v hmotnostním poměru 80/20 %	2,763	2,436
Pelety z loužených řepných řízků	0,895	-0,632

V tabulce 3 jsou uvedeny výsledné hodnoty jednotlivých kategorií uhlíkových stop dle obou zvolených metodik, tj. Změna klimatu – celkem (EF 3.0 Climate Change - total) a Celkový potenciál globálního oteplování (ISO14067 GWP100 Total) pro jednotlivé směsi.

Obě zvolené metodiky jsou založeny na stejném přístupu, a to principu GWP 100. Tyto metodiky se liší především v přístupu k biogennímu uhlíku, tj. k zohlednění skutečnosti, že během výroby biomasy (růstu plodiny) dochází k pohlcování vzdušného uhlíku. Tento děj je vyjádřen v kategorii ISO14067 GWP100, Biogenic GHG removal a je započítán jako přínos, tj. vstupuje do kalkulace vlivů na životní prostředí s opačným znaménkem, než ostatní procesy. To je zřejmé právě z tabulky 3, kde v případě ISO 140 67 je celková uhlíková stopa pelet z řepných řízků záporná (během procesu je více uhlíku pohlceno než emitováno), zatímco podle EF 3.0 je celková uhlíková stopa kladné číslo, jelikož vliv pohlcování vzdušného uhlíku není zohledněn.

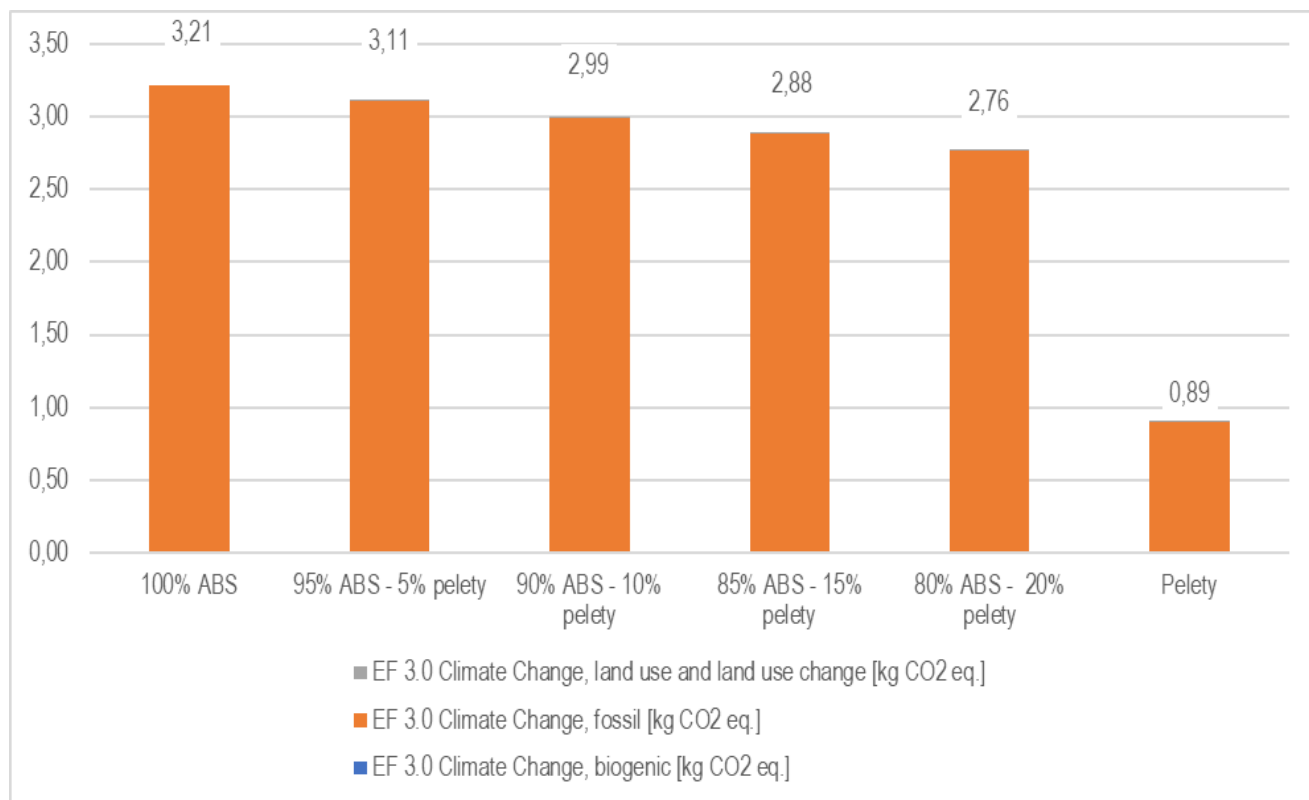
**Tabulka 3 Uhlíkové stopy materiálových směsí v níže uvedených kategoriích [kg CO2 eq.]**

	100% ABS	95% ABS 5% pelety	90% ABS 10% pelety	85% ABS 15% pelety	80% ABS 20% pelety	Pelety
<b>EF 3.0 Climate Change - total [kg CO2 eq.]</b>	<b>3,213</b>	<b>3,113</b>	<b>2,995</b>	<b>2,880</b>	<b>2,763</b>	<b>0,895</b>
EF 3.0 Climate Change, biogenic [kg CO2 eq.]	1,82E-09	2,25E-04	4,04E-04	5,82E-04	7,61E-04	3,62E-03
EF 3.0 Climate Change, fossil [kg CO2 eq.]	3,213	3,113	2,994	2,879	2,762	0,891
EF 3.0 Climate Change, land use and land use change [kg CO2 eq.]	0	1,07E-04	1,25E-04	1,42E-04	1,59E-04	4,24E-04
<b>ISO14067 GWP100, total [kg CO2 eq.] - kalkulované</b>	<b>3,187</b>	<b>3,015</b>	<b>2,820</b>	<b>2,628</b>	<b>2,436</b>	<b>-0,632</b>
ISO14067 GWP100, Air craft emissions [kg CO2 eq.]	0	8,10E-10	1,14E-09	1,47E-09	1,79E-09	7,02E-09
ISO14067 GWP100, Biogenic GHG emissions [kg CO2 eq.]	0,075	0,088	0,100	0,112	0,125	0,320
ISO14067 GWP100, Biogenic GHG removal [kg CO2 eq.]	-0,088	-0,176	-0,264	-0,352	-0,439	-1,840
ISO14067 GWP100, Emissions from land use change (dLUC) [kg CO2 eq.]	0	1,06E-04	1,22E-04	1,37E-04	1,53E-04	3,94E-04
ISO14067 GWP100, Fossil GHG emissions [kg CO2 eq.]	3,200	3,104	2,984	2,867	2,751	0,888

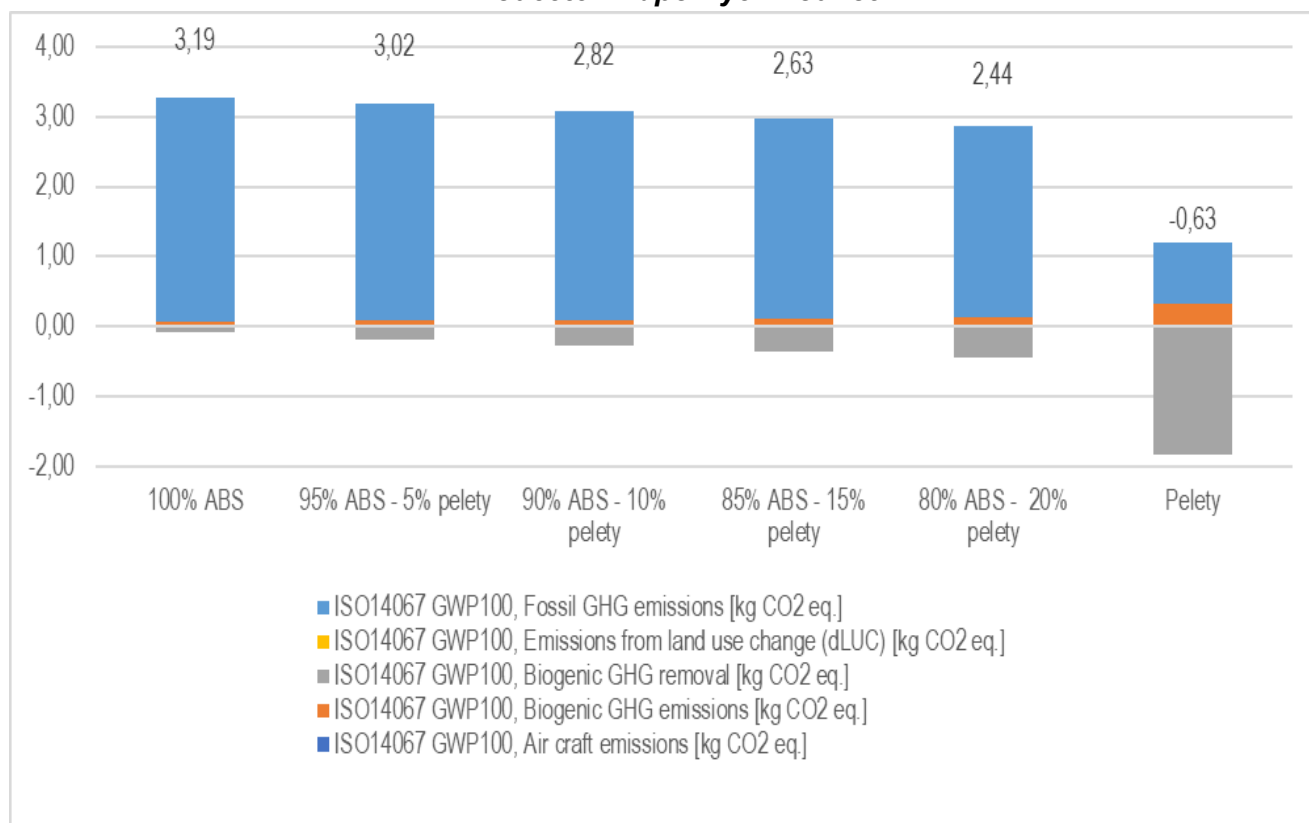
Z výše uvedené tabulky 3 vyplývá, že se zvyšujícím se poměrem rostlinné složky, tj. pelet z řepných řízků, klesá celková uhlíková stopa směsi, přičemž rychlost poklesu uhlíkové stopy je závislá na zvolené metodice, respektive především na započtení pohlcování biogenního uhlíku.

Příspěvky jednotlivých kategorií dopadu pro obě metodiky jsou znázorněny na obrázcích 2 a 3.

**Obrázek 2 Porovnání uhlíkové stopy směsi ABS a pelet z řepných řízků dle metodiky EF 3.0 na funkční jednotku 1kg směsi**

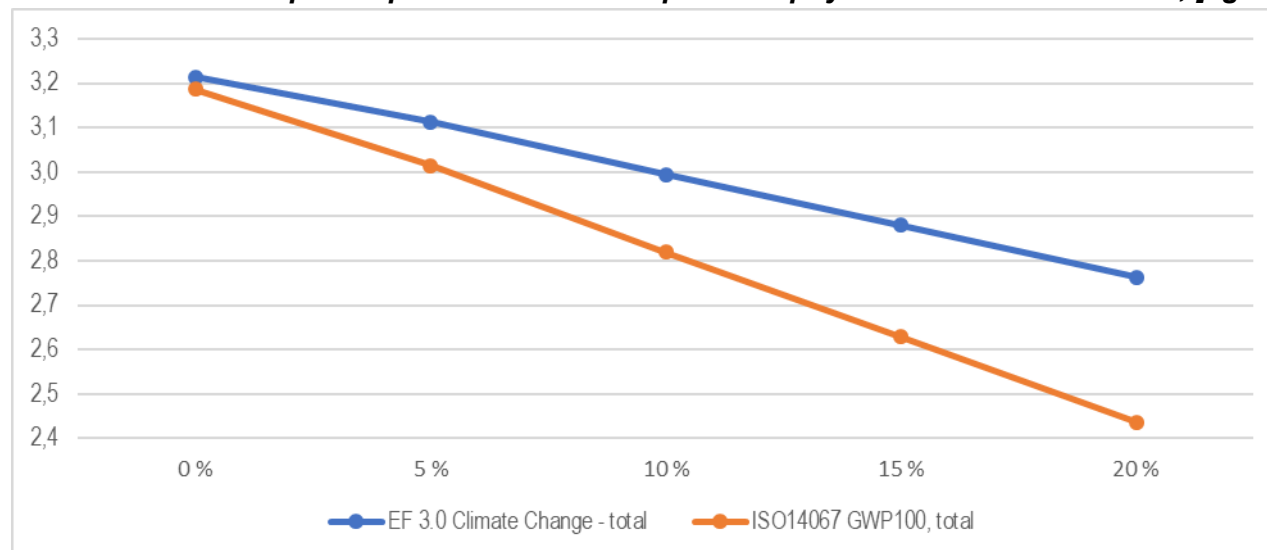


**Obrázek 3 Porovnání uhlíkové stopy směsi ABS a pelet z řepných řízků dle metodiky ISO 14067 na funkční jednotku 1kg směsi. Čísla uvedená u sloupců reprezentují výslednou hodnotu po odečtení záporných hodnot.**



Na obrázku 4 je znázorněn trend poklesu uhlíkové stopy v závislosti na rostoucím podílu rostlinné / obnovitelné složky pro obě zvolené metodiky pro rozpětí 0-20 % obsahu pelet řepných řízků ve směsi s ABS.

**Obrázek 4 Trend poklesu uhlíkové stopy s rostoucím podílem obnovitelné složky s ohledem na zvolenou metodiku pro rozpětí 0-20 % obsahu pelet z řepných řízků ve směsi s ABS, [kg CO<sub>2</sub> eq.]**



## Závěr

Z hodnocených materiálů má největší uhlíkovou stopu čistý ABS, a to bez ohledu na metodiku výpočtu uhlíkové stopy. Z porovnávaných materiálů mají nejnižší uhlíkovou stopu mají pak pelety z řepných řízků.

Nejvyšší uhlíkovou stopu ze všech posuzovaných směsí má směs s nejvyšším podílem ABS, tj. ve složení 95 % ABS a 5 % pelet z řepných řízků. Nejnižší uhlíkovou stopu má pak podle obou zvolených metodik směs s nejvyšším podílem obnovitelné složky, tj. směs ve složení 80 % ABS a 20 % pelet z řepných řízků, jak je uvedeno v tabulce 2.

Celkový trend výsledků není zvolenou metodikou ovlivněn, tj. vliv s klesajícím podílem ABS klesá celková uhlíková stopa směsi, jak je zřejmé z obrázku 4.

Obě zvolené metodiky jsou založeny na stejném přístupu, a to principu GWP 100. Tyto metodiky se liší především zohledněním pohlcování vzdušného uhlíku během růstu biomasy. Tento děj je v metodice ISO 140 67 započítán jako přínos, což má vliv na celkovou hodnotu uhlíkové stopy. To je důvodem k rychlejšímu poklesu uhlíkové stopy s rostoucím podílem řepných pelet v případě metodiky ISO 140 67 v porovnání s metodikou EF 3.0.

Výzkum v oblasti kompozitních plastů s bio plnivem jako náhradou fosilních surovin má opodstatnění nejen finanční, ale také environmentální či technologické. Přínosem může být nejen nižší uhlíková stopa finálního výrobku, ale také zlepšení vlastností výsledného materiálu, jeho vzhledu, rozložitelnosti atp. V tomto konkrétním případě je jistě výhodou malá vzdálenost zdroje bio plniva od zpracovatelského závodu a také skutečnost, že se jedná o vedlejší či odpadní produkt, nikoliv o surovinu pěstovanou za účelem využití jako bio plniva.

Je otázkou, zda je taková aplikace přínosná i z hlediska alternativního využití odpadních produktů jako bio plniv, pokud mají tyto odpady jiné konvenční využití, v tomto případě jako krmivo. Zda jejich další přepracování, investice spojené se zaváděním potřebných technologií, komplikace spojené s koncem životního cyklu materiálu (nemožnost recyklace, heterogenní složení) vyvažuje přínosy spojené s novými materiálovými vlastnostmi a snížením uhlíkové stopy finálního výrobku. Tato úvaha je ovšem nad rámec studie a předpokládala by významné rozšíření hranic posuzovaného systému a změnu předpokladů o alokaci dopadů při výrobě cukru a vedlejších produktů.