

# Srovnávací hodnocení životního cyklu obalových systémů pracích prostředků: Analýza dopadu šesti komerčních formátů na životní prostředí na evropském trhu

Roman KOVÁŘ<sup>a</sup>, Vladimír KOČÍ<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Ústav designu, Fakulta architektury ČVUT Praha, Thákurova 9, 166 34 Praha 6 – Dejvice, e-mail: kovarro2@fa.cvut.cz

<sup>b</sup> Ústav udržitelnosti a produktové ekologie, Fakulta technologie ochrany prostředí, VŠCHT Praha, Jankovcova 23, 170 00 Praha 7, e-mail: [vlad.koci@vscht.cz](mailto:vlad.koci@vscht.cz)

## Souhrn

Tato studie prezentuje srovnávací hodnocení životního cyklu (LCA) šesti komerčně dostupných formátů obalů pracích prostředků na evropském trhu se zaměřením na environmentální dopady samotných obalových systémů. Hodnoceny byly následující formáty: prací prášek v kartonovém obalu, tekutý detergent v HDPE lahvi, koncentrovaný tekutý detergent v LDPE/PET refill sáčku, kapsle v PP obalu, kapsle v kartonovém obalu a prací listy v LDPE obalu. Studie byla provedena v souladu s normami ISO 14040 a ISO 14044 s využitím databáze Ecoinvent 3.10 a metody ReCiPe 2016 midpoint (H). Funkční jednotkou byl jeden standardní prací cyklus pro 4 – 5 kg prádla. Výsledky ukazují významné rozdíly mezi jednotlivými formáty z hlediska spotřeby materiálu i dopadů na životní prostředí. Nejnižší environmentální zátěž vykázaly prací listy, které dosáhly hodnoty 1,967 g CO<sub>2</sub> ekv. na jednu dávku, což představuje snížení dopadu na změnu klimatu o 73,6 % ve srovnání s tekutým detergentem v HDPE lahvi. Nízké dopady byly zaznamenány rovněž u kapslí v kartonovém obalu a koncentrovaných refill systémů. Naopak nejvyšší dopady vykázaly tekuté detergenty v pevných plastových lahvích. Analýza životního cyklu potvrdila dominantní vliv těžby a výroby primárních materiálů obalů, zatímco vysoká míra recyklace kartonových obalů významně snižovala výsledné environmentální zatížení. Studie potvrzuje, že dematerializace obalů, vysoká koncentrace produktu a využití recyklovatelných materiálů představují účinné strategie pro snižování environmentálních dopadů detergentních obalových systémů. Výsledky současně ukazují, že nové formáty, zejména prací listy, mohou představovat významný příspěvek k naplňování cílů evropské politiky oběhového hospodářství a regulace obalových odpadů.

**Klíčová slova:** LCA, obaly, detergenty, prací prášek, prací koncentrát, prací kapsle, prací listy

## 1. Úvod

Odvětví domácích čisticích prostředků významně přispívá k celosvětovému množství odpadu z obalů; samotné prací prostředky představují ročně miliony tun plastových a kartonových obalů<sup>1</sup>. V Evropské unii se každoročně provádí přibližně 3,5 miliardy pracích cyklů<sup>2</sup> a environmentální zátěž spojená s obaly pracích prostředků se stala kritickým problémem v kontextu přechodu na oběhové hospodářství<sup>3</sup>. Trh s pracími prostředky diverzifikoval od tradičních práškových přípravků v kartonových krabicích až po tekuté prací prostředky, koncentrované přípravky, kapsle s jednotkovou dávkou a nejnověji rozpustné prací listy<sup>4,5</sup>. Každý formát má odlišné požadavky na balení s různými dopady na spotřebu materiálu a scénáře konce životnosti<sup>4</sup>. EU stanovila ambiciózní cíle pro snížení množství odpadu z obalů a zavedení oběhového hospodářství, včetně požadavku, aby všechny obaly byly do roku 2030 recyklovatelné nebo opakovaně použitelné<sup>6,7</sup>. Posuzování životního cyklu (LCA), standardizované podle norem ISO 14040 a 14044, poskytuje systematický rámec pro kvantifikaci dopadů produktů na životní prostředí<sup>8,9</sup>. Ačkoli se četné studie LCA zabývaly pracími prostředky, většina se zaměřuje na složení produktu, nikoli na obalové systémy<sup>10,11</sup>, a mnoho vzniklo před nástupem novějších formátů, jako jsou prací listy<sup>12</sup>. Tato studie provádí komplexní srovnávací LCA šesti formátů balení pracích prostředků dostupných na evropském trhu v souladu s ISO 14040/14044, s funkční jednotkou jednoho pracího cyklu.

## 2. Materiály a metody

### 2.1. Návrh a rozsah studie

Tato studie použila metodiku srovnávacího LCA v souladu s normami ISO 14040:2006 a ISO 14044:2006<sup>8,9</sup> k vyhodnocení environmentální výkonnosti šesti formátů obalů pracích prostředků dostupných na evropském trhu. Analýza zahrnuje celý životní cyklus obalových systémů od těžby surovin přes výrobu, distribuci, použití spotřebiteli až po nakládání s odpady. Studie se zaměřuje konkrétně na dopady obalů na životní prostředí a nezahrnuje chemické složení samotných pracích prostředků<sup>10,11,13</sup>.







### 2.2. Funkční jednotka a hranice systému

Funkční jednotka je definována jako „jeden standardní prací cyklus pro 4–5 kg prádla se středním stupněm znečištění v evropské HE pračce“<sup>14</sup>. Hranice systému zahrnují primární obal, sekundární obal a uzavírací systémy; fáze výroby, přepravy a nakládání s odpady. Fáze používání (provoz pracího cyklu) byla vyloučena, protože je u všech formátů identická.

### 2.3. Výběr a kategorizace produktů

Bylo vybráno šest formátů: (1) prací prášek v kartonových krabicích; (2) tekutý detergent v HDPE lahvích; (3) refill sáčky s tekutým koncentrovaným detergentem; (4) kapsle v pevných plastových obalech; (5) kapsle v kartonových obalech; (6) prací listy v LDPE fóliových obalech. Produkty byly zakoupeny v září–listopadu 2025 v prodejně DM v Praze.

#### Přehled porovnávaných pracích prostředků – primární obaly

|   |  |  |
|---|--|--|
|                        |                             |                              |
| (1) Prací prášek Ariel Aquapuder + Ultra OXI Effect<br>Primární obal: karton<br>70 dávek / obal           | (2) Tekutý prací prostředek Persil Color Gel XXL<br>Primární obal: láhev HDPE<br>Uzávěr: PP<br>66 dávek / obal | (3) Tekutý konc. prací prostředek Denkmit<br>Primární obal: pouch pack LDPE/PET<br>Uzávěr: PP<br>23 dávek / obal |
|                        |                             |                              |
| (4) Detergent ve formě kapslí Persil Universal 4in1 Discs<br>Primární obal: PP + papír<br>26 dávek / obal | (5) Detergent ve formě kapslí Denkmit<br>Primární obal: karton<br>22 dávek / obal                              | (6) Prací papírky Dr. Beckmann Magic Leaves – Colour Protect<br>Primární obal: LDPE<br>20 dávek / obal           |

**Obrázek 1: Reprezentativní produkty vybrané pro analýzu obalů v pěti kategoriích prostředků.**

## 2.4. Měření poměru obalu k dávce

Poměr obalu k dávce byl stanoven systematickým měřením všech součástí obalu. Kompletní balení bylo zváženo kalibrovanou analytickou vahou ( $\pm 0,01$  g) a byla stanovena hmotnost obalu na dávku vydělením celkové hmotnosti obalu počtem dávek. Zveřejněné průmyslové údaje potvrzují konzistentně hmotnost pracích listů přibližně 3 g/list<sup>15,16,17</sup>, hmotnost dávky prášku 30–85 g<sup>18</sup>, tekutého detergentu 37 – 75 g<sup>19</sup> a kapslí 15 – 20 g na kapsli<sup>20</sup>.

## 2.5. Metodika posuzování životního cyklu

Údaje LCI pro obalové materiály byly získány z databáze Ecoinvent 3.10<sup>21</sup>. Scénáře přepravy předpokládaly 500 km od výrobního závodu k distribučnímu centru a 150 km k maloobchodní prodejně<sup>22</sup>. Scénáře konce životnosti byly modelovány dle dat Eurostatu<sup>23</sup>: míra recyklace 85 % pro lepenku, 40 % pro HDPE lahve, 25 % pro flexibilní plasty, 35 % pro smíšené tvrdé plasty a 70 % pro papírové obaly. Dopady byly posouzeny metodikou ReCiPe 2016 midpoint (H) v1.1<sup>24</sup> v softwaru SimaPro 9.5<sup>25</sup>, Monte Carlo simulací (1 000 iterací).

## 2.6. Statistická analýza

K testování statisticky významných rozdílů byla použita jednosměrná ANOVA s Tukeyho post-hoc testem ( $\alpha = 0,05$ ). Veškeré statistické analýzy byly provedeny v programu R verze 4.3.2<sup>26</sup>.

# 3. Výsledky

## 3.1. Analýza poměru obalu k dávce

Poměr obalu k dávce se mezi formáty výrazně lišil. Prací listy vykazovaly nejnižší poměr 0,7 g LDPE + 0,93 g kartonu na dávku, následované kapslemi Persil (3,3 g PP/papír). Tradiční prací prášky vykazovaly 6,8 g kartonu, tekuté detergenty 2,4 g HDPE/PP + 4 g karton.

**Tabulka 1: Hmotnost obalu na jednu dávku pracího prostředku v pěti kategoriích formátů.**

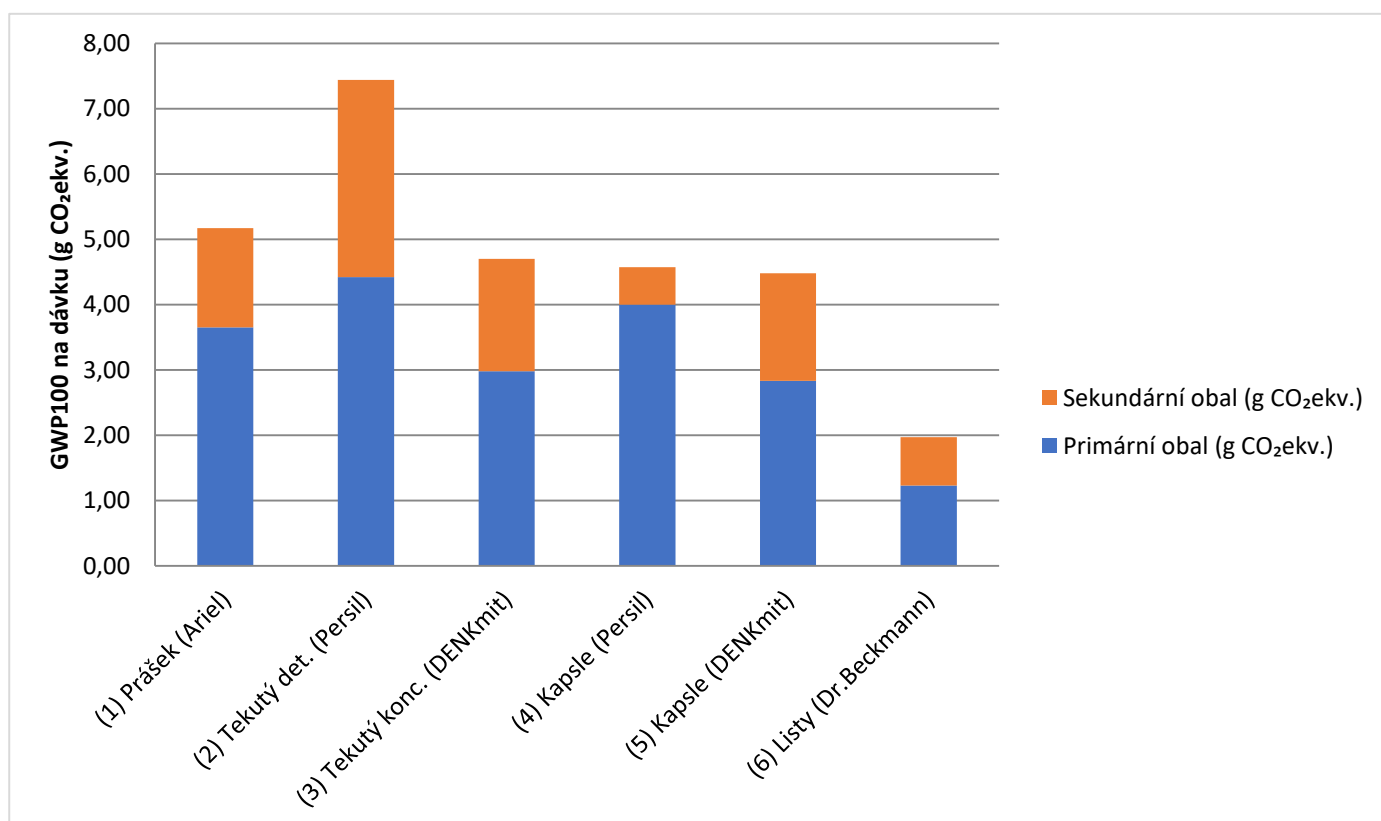
| Vstupní data – Naměřené hmotnosti a materiály obalů |                 |                           |                                |                             |                                  |
|---|-----------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Formát  | Značka          | Primární obal / dávka (g) | Materiál primární obal / dávka | Sekundární obal / dávka (g) | Materiál sekundární obal / dávka |
| Prášek  | (1) Ariel       | 4,8                       | Karton                         | 2                           | Karton                           |
| Tekutý detergent                                    | (2) Persil      | 2,4                       | HDPE+PP                        | 4                           | Karton                           |
| Tekutý koncentrát                                   | (3) DENKmit     | 1,2                       | PET+PP                         | 2,3                         | Karton                           |
| Kapsle  | (4) Persil      | 2,53                      | PP+Papír                       | 0,5                         | PP                               |
| Kapsle  | (5) DENKmit     | 3,7                       | Karton                         | 2,2                         | Karton                           |
| Listy   | (6) Dr.Beckmann | 0,7                       | PE                             | 0,93                        | Karton                           |

### 3.2. Dopad na změnu klimatu v průběhu životního cyklu

Prací listy (6) Dr.Beckmann vykazovaly nejnižší dopad na klima 1,967 g CO<sub>2</sub> ekv. na dávku, což představuje 73,6% snížení ve srovnání s tekutým detergentem Persil (7,436 g CO<sub>2</sub> ekv. na dávku).

**Tabulka 2: Dopad na změnu klimatu (GWP100) obalů pracích prostředků na jednu dávku praní (g CO<sub>2</sub> ekv)**

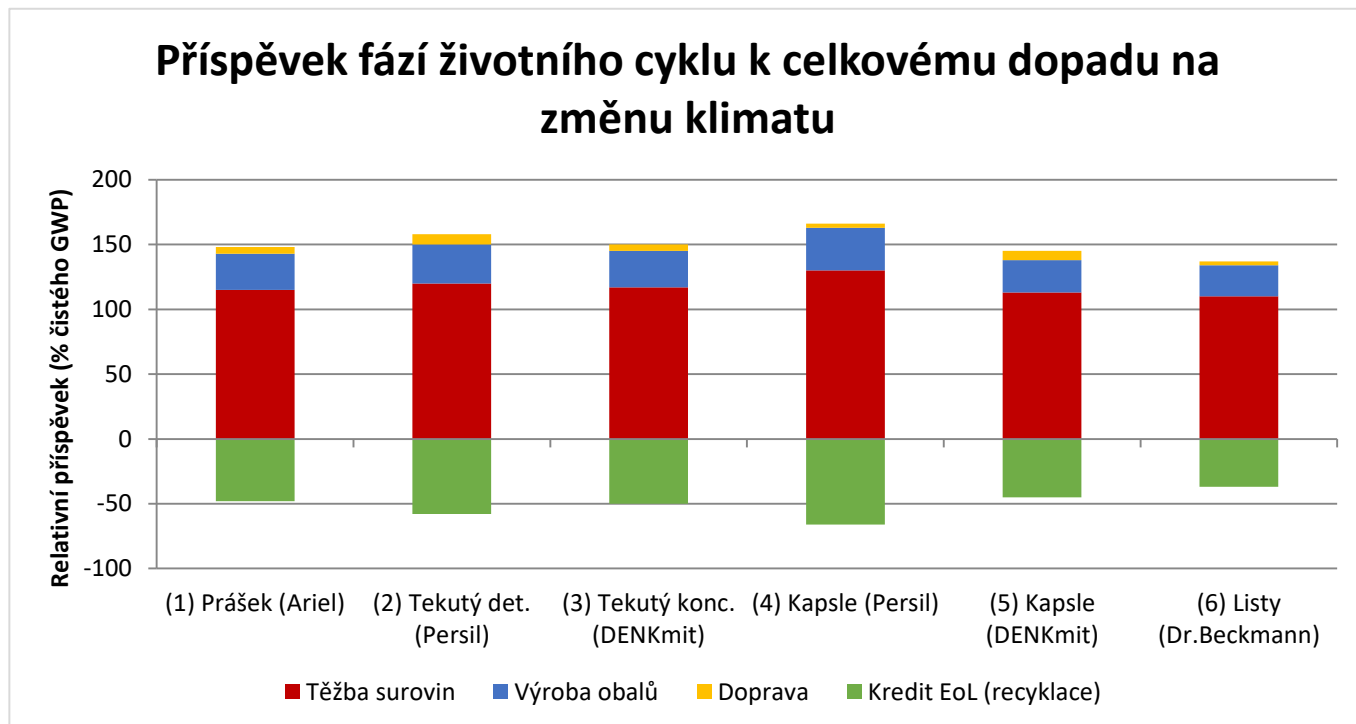
| Formát            | Značka          | Primární obal (g CO <sub>2</sub> ekv./dávku) | Sekundární obal (g CO <sub>2</sub> ekv./dávku) | Celkem (g CO <sub>2</sub> ekv./dávku) | Snížení vs. tekutý (%) |
|-------------------|-----------------|--|--|---------------------------------------|------------------------|
| Prášek            | (1) Ariel       | 3,648  | 1,520  | 5,168                                 | -30,5 %                |
| Tekutý detergent  | (2) Persil      | 4,396  | 3,040  | 7,436                                 | referenční             |
| Tekutý koncentrát | (3) DENKmit     | 2,950  | 1,748  | 4,698                                 | -36,8 %                |
| Kapsle            | (4) Persil      | 3,987  | 0,580  | 4,567                                 | -38,6 %                |
| Kapsle            | (5) DENKmit     | 2,812  | 1,672  | 4,484                                 | -39,7 %                |
| Listy             | (6) Dr.Beckmann | 1,260  | 0,707  | 1,967                                 | -73,6 %                |



**Obrázek 2: Celkový dopad na změnu klimatu během životního cyklu (g CO<sub>2</sub> ekv. na dávku) u pěti formátů balení pracích prostředků.**

### 3.3. Analýza příspěvku jednotlivých fází životního cyklu

U všech formátů představovaly těžba a zpracování surovin dominantní faktor (110–130 % celkových emisí před odečtením kreditů EoL). Výrobní procesy přispěly 25–32 %, doprava a nakládání s odpady 5 – 8 % a –40 až –67 %. Kartonové obaly ((1)Ariel, (5) DENKmit kapsle) s mírou recyklace 85 % poskytly recyklační kredity kompenzující 47 – 67 % emisí z výroby.



Obrázek 3. Procentuální příspěvek fází životního cyklu k celkovému dopadu na změnu klimatu u každého formátu obalu pracího prostředku.

Tabulka 3: Dopady na životní prostředí v průběhu životního cyklu v různých kategoriích dopadů (na jednu dávku praní, metoda ReCiPe 2016 midpoint H).

| Formát (Značka)                 | Fosilní zdroje (g rop. ekv.) | Spotřeba vody (ml/dávku) | Okyselení půdy (mg SO <sub>2</sub> ekv.) | Eutrof. sl. voda (mg P ekv.) | Eutrof. moře (mg N ekv.) | Toxicita člověka (mg 1,4-DCB ekv.) | Ekotoxická (mg 1,4-DCB ekv.) |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| (1) Prášek (Ariel)              | 3,12                         | 4,8                      | 28,4                                     | 2,1                          | 1,8                      | 42,1                               | 18,6                         |
| (2) Tekutý det. (Persil)        | 5,84                         | 9,2                      | 46,2                                     | 3,5                          | 3,1                      | 68,3                               | 29,4                         |
| (3) Koncentrát tekutý (DENKmit) | 3,68                         | 5,6                      | 32,1                                     | 2,4                          | 2,1                      | 48,7                               | 21,2                         |
| (4) Kapsle (Persil)             | 4,21                         | 5,0                      | 35,8                                     | 2,7                          | 2,3                      | 52,4                               | 22,8                         |
| (5) Kapsle (DENKmit)            | 3,04                         | 4,3                      | 27,6                                     | 2,0                          | 1,7                      | 40,2                               | 17,5                         |
| (6) Listy (Dr.Beckmann)         | 1,42                         | 2,1                      | 12,8                                     | 0,9                          | 0,8                      | 18,6                               | 8,1                          |

### 3.4. Další kategorie dopadů na životní prostředí

Ve většině kategorií dopadů vykazovaly listy (6) Dr.Beckmann nejnižší zátěž pro životní prostředí. Výjimku tvoří ekotoxicita sladké vody, kde polyetylenový obal generoval relativně vyšší dopad než kartonové alternativy

## 4. Diskuse

### 4.1. Hlavní zjištění a interpretace

Prací listy (6) (Dr.Beckmann) dosáhly 76% snížení hmotnosti obalu na dávku (1,63 g oproti 6,80 g u (1) tradičního prášku). Dopad na změnu klimatu o 73,6% nižší ve srovnání s ((2) tekutým detergentem Persil). (6) Prací listy se ukázaly výhodnější i v porovnání s konvenčními formáty. Tato výhoda vyplývá z minimalistického obalu v kombinaci s ultra koncentrovaným složením. Tekuté koncentráty ((5) DENKmit, 4,698 g CO<sub>2</sub> ekv.) vykazovaly střední výkonnost, kapsle paradoxní výsledky: kapsle DENKmit v kartonu (4,484 g CO<sub>2</sub> ekv.) dosáhly dobrých výsledků, zatímco (4) kapsle Persil v PP (4,567 g CO<sub>2</sub> ekv.) vykazovaly vyšší dopad navzdory strategii opakovaného použití sekundárního obalu. Výběr materiálu – uhlíková intenzita výroby nového plastu – může převážít výhody snížení hmotnosti obalu.

### 4.2. Srovnání s existující literaturou a výběr materiálu

Poměry obalu k dávce se přiměřeně shodují s hodnotami A.I.S.E.<sup>2,18</sup>. Naše naměřené dopady na klima jsou nižší než hodnoty Golsteijn et al.<sup>13</sup> (0,010 – 0,015 kg CO<sub>2</sub>ekv./dávku pro rok 2015), což naznačuje pokrok díky inovacím v obalech a zvýšení míry recyklace. Obaly na bázi lepenky vykazovaly nižší dopady (emise při výrobě lepenky 0,70 kg CO<sub>2</sub>ekv./kg, recyklace 85 %); obaly z nového polypropylenu naopak vyšší dopad (1,7 kg CO<sub>2</sub>ekv./kg PP). Snížení dopadu o 73,6 % u (6) pracích listů<sup>12,15,17</sup> naznačuje, že formát listů představuje skutečnou inovaci v oblasti udržitelnosti, nikoli postupné zlepšení.

### 4.3. Dopady na politiku a průmysl

Nařízení PPWR<sup>6,7</sup> stanoví závazné cíle pro snížení množství odpadu. Naše výsledky ukazují, že inovace formátu (ultra koncentrované prací listy) mohou podstatně přispět k těmto cílům. Pro výrobce: dematerializace a nahrazování materiálů by měly probíhat současně. Spotřebitelé: koncentrované formáty obecně nezaručují nízký dopad – rozdíly v rámci kategorií jsou značné (0,0025 – 0,0092 kg CO<sub>2</sub>ekv. pro kapsle), proto je nezbytné standardizované označování ekologické stopy<sup>27,28</sup>.

### 4.4. Omezení studie a potřeby budoucího výzkumu

Studie použila screeningový přístup LCA s publikovanými emisními faktory; nezahrnuje chemické složení produktů (20 – 40 % celkového dopadu<sup>10,11</sup>), je omezena na český trh a předpokládá idealizované scénáře recyklace. Budoucí výzkum by měl provést komplexní LCA úrovně 2 zahrnující složení produktů a longitudinální sledování přijímání trhu.

## 5. Závěr

Srovnávací LCA pěti formátů obalů pracích prostředků dostupných na evropském trhu ukazuje, že prací listy (6) Dr.Beckmann dosáhly nejnižšího environmentálního dopadu ve všech hlavních kategoriích – 73,6% snížení dopadu na klima oproti tekutému detergentu (2) Persil. Výsledky potvrzují, že výběr obalového materiálu a míra koncentrace produktu jsou klíčovými determinanty udržitelnosti obalů pracích prostředků.

## Poděkování

Příspěvek vzniknul díky institucionální podpoře FA ČVUT a VŠCHT Praha.

## Literatura

- 1 European Commission: Packaging waste. Environment. [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste_en), staženo 2. 3. 2026.
- 2 A.I.S.E.: Compaction of household laundry detergents factsheet. International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products, Brusel 2019. <https://aise.eu/app/uploads/2024/04/Compaction-AISE-factsheet-2019.pdf>, staženo 2. 3. 2026.
- 3 European Parliament: New EU rules to reduce, reuse and recycle packaging. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240419IPR20589>, staženo 8. 3. 2026.
- 4 Expert Market Research: Europe laundry detergents market size & share. <https://www.expertmarketresearch.com/reports/europe-laundry-detergents-market>, staženo 5. 3. 2026.
- 5 Market Data Forecast: Europe laundry detergents market size, share & growth, 2033. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-laundry-detergents-market>, staženo 8. 3. 2026.
- 6 European Union: Regulation (EU) 2025/40 on packaging and packaging waste (PPWR). Official Journal of the European Union. [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste/packaging-packaging-waste-regulation\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste/packaging-packaging-waste-regulation_en), staženo 10. 3. 2026.
- 7 EUR-Lex: Packaging and packaging waste (from 2026). <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/packaging-and-packaging-waste-from-2026.html>, staženo 11. 3. 2026.
- 8 ISO Standard 14040:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
- 9 ISO Standard 14044:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.
- 10 van Hoof G., Schowanek D., Feijtel T. C. J.: Tenside Surf. Det. 40, 266 (2003).
- 11 Stamminger R., Elschenbroich A., Rummeler B., Broil G.: Hauswirtschaft Wiss. 55, 31 (2007).
- 12 Golsteijn L., Menkveld R., King H., Schneider C., Schowanek D., Nissen S.: Environ. Sci. Eur. 27, 23 (2015). doi: 10.1186/s12302-015-0055-4.
- 13 HeySunday: Greenest laundry detergent: Sheets vs liquid vs pods. <https://www.heySunday.com/blogs/learn/greenest-laundry-detergent>, staženo 11. 3. 2026.
- 14 A.I.S.E.: Consumers' understanding and washing & cleaning habits at home – Summary report. International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products, Brusel 2025. [https://aise.eu/app/uploads/2025\\_AISE-consumer-research\\_report-summary.pdf](https://aise.eu/app/uploads/2025_AISE-consumer-research_report-summary.pdf), staženo 11. 3. 2026.
- 15 HeySunday: Greenest laundry detergent: Sheets vs liquid vs pods. <https://www.heySunday.com/blog/greenest-laundry-detergent>, staženo 16. 3. 2026.
- 16 Packaging Dive: Refills and plastic alternatives offer a fresh spin on laundry detergent packaging. <https://www.packagingdive.com/news/laundry-detergent-packaging-sheet-pod-refill/708729/>, staženo 16. 3. 2026.
- 17 InPlasticFree: Plastic free laundry detergent: We tested 9 non toxic options. <https://www.implasticfree.com/plastic-free-laundry-detergent/>, staženo 16. 3. 2026.
- 18 A.I.S.E.: Compaction of household laundry detergents factsheet. (Viz citace č. 2.)
- 19 A.I.S.E.: Consumers' understanding and washing & cleaning habits at home. (Viz citace č. 25.)
- 20 Packaging Dive: Refills and plastic alternatives. (Viz citace č. 28.)

- 21 Ecoinvent: Ecoinvent database v3.10. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich 2024. <https://ecoinvent.org/ecoinvent-v3-10/>, staženo 16. 3. 2026.
- 22 European Commission: Study on the average distances travelled by goods vehicles in the EU. Directorate-General for Mobility and Transport, Brusel 2019.
- 23 Eurostat: Packaging waste statistics. European Commission, Brusel 2024. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging\\_waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics), staženo 18. 3. 2026.
- 24 Huijbregts M. A. J., Steinmann Z. J. N., Elshout P. M. F., Stam G., Verones F., Vieira M., Zijp M., Hollander A., van Zelm R.: *Int. J. Life Cycle Assess.* 22, 138 (2017). doi: 10.1007/s11367-016-1246-y.
- 25 PRé Sustainability: SimaPro 9.5 LCA software. Amersfoort, Netherlands 2024. <https://simapro.com/>, staženo 20. 3. 2026.
- 26 R Core Team: R: A language and environment for statistical computing, Version 4.3.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna 2023. <https://www.R-project.org/>, staženo 20. 3. 2026.
- 27 European Commission: Product Environmental Footprint (PEF). [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims/product-environmental-footprint\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims/product-environmental-footprint_en), staženo 3. 4. 2026.

## Comparative Life Cycle Assessment of Detergent Packaging Systems: Analysis of the Environmental Impact of Six Commercial Formats on the European Market

Roman KOVÁŘ<sup>a</sup>, Vladimír KOČÍ<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury, Thákurova 9, 166 34 Praha 6 – Dejvice, Czech Republic, e-mail: [kovarro2@cvut.cz](mailto:kovarro2@cvut.cz)

<sup>b</sup> Ústav udržitelnosti a produktové ekologie, VŠCHT Praha, Jankovcova 23, 170 00 Praha 7, Czech Republic, e-mail: [vlad.koci@vscht.cz](mailto:vlad.koci@vscht.cz)

### Summary

This study presents a comparative Life Cycle Assessment (LCA) of six commercially available laundry detergent packaging formats on the European market, focusing specifically on the environmental impacts associated with packaging systems. The assessed formats included: laundry powder in cardboard packaging, liquid detergent in an HDPE bottle, concentrated liquid detergent in an LDPE/PET refill pouch, detergent capsules in PP packaging, detergent capsules in cardboard packaging, and laundry detergent sheets in LDPE packaging. The study was conducted in accordance with ISO 14040 and ISO 14044 standards using the Ecoinvent 3.10 database and the ReCiPe 2016 midpoint (H) method. The functional unit was defined as one standard washing cycle for 4 – 5 kg of laundry.

The results revealed substantial differences among the evaluated packaging formats in terms of material consumption and environmental impacts. Laundry detergent sheets demonstrated the lowest environmental burden, achieving a climate change impact of 1.967 g CO<sub>2</sub> eq. per washing dose, representing a 73.6% reduction compared to liquid detergent in an HDPE bottle. Low environmental impacts were also observed for cardboard-based capsule packaging and concentrated refill systems. In contrast, liquid detergents packaged in rigid plastic bottles showed the highest impacts across most categories. The life cycle analysis confirmed that raw material extraction and packaging material production represented the dominant contributors to environmental impacts, while high recycling rates of cardboard packaging significantly reduced the final environmental burden.

The study confirms that packaging dematerialisation, product concentration, and the use of recyclable materials are effective strategies for reducing the environmental impacts of detergent packaging systems. The findings further indicate that emerging formats, particularly laundry detergent sheets, may contribute significantly to the objectives of European circular economy policies and packaging waste reduction strategies.

**Keywords:** LCA, packaging, detergents, laundry detergent powder, laundry detergent concentrate, laundry detergent capsules, laundry detergent sheets