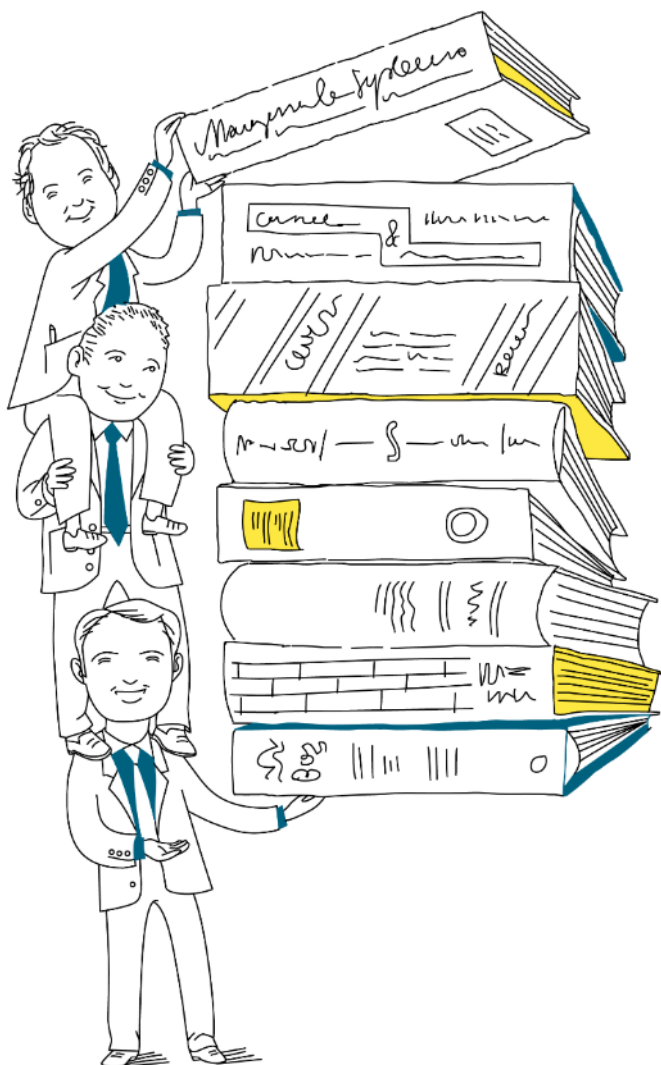


Életciklus elemzés különböző ételszállító dobozok gyártására

Rakun Kft. részére





Készítette Bajnóczki Csongor
Tanácsadó

Készítette Borhegyi Veronika
Tanácsadó

Ellenőrizte Jenei Attila
Üzletágvezető
MMK: 01-11827

**Dokumentum
címe:**

Változat 1.

Dátum 2021.11.19.

Kapcsolat

denkstatt Hungary Kft.

H-1037, Budapest, Seregély u.6.

Tel.: +36 1 239 1206

Email: denkstatt@denkstatt.hu www.denkstatt.eu

Nyilatkozat

Jelen dokumentumot a denkstatt Hungary Kft. készítette el a vonatkozó jogszabályoknak megfelelően, és a szerződésben foglaltak szerint elvárható legnagyobb körültekintéssel és gondossággal. A dokumentumban szereplő számításokért, szakmai következtetésekért az denkstatt Hungary Kft. felelősséget vállal. A denkstatt nem vállal felelősséget semmilyen, a jelen dokumentáció határain túlnyúló kérdésben. A dokumentum részben, vagy egészben történő másolása a denkstatt, vagy felhasználási joggal rendelkező fél engedélyével lehetséges. Bármely, a jelen dokumentációban megjelölt érintett félen kívüli jogi vagy természetes személyek a jelen dokumentációban foglaltakat csak saját felelősségére használhatják fel.

Tartalom

1. A tanulmány célja	3
2. A tanulmány hatóköre	3
2.1. Termékrendszerek	3
2.2. Termékfunkciók és funkcionális egység	4
2.3. Rendszerhatárok	4
2.4. Az inputok és outputok kizárásának kritériumai (cut-off szabályok)	5
2.5. Adatválasztás	5
2.6. Adatok minősége és teljessége	6
2.7. Becslések és feltételezések	8
3. Életciklus leltárelemzés	8
3.1. Adatgyűjtés és számolási eljárások	8
3.2. Allokáció	10
3.3. Egységfolyamatok	11
3.3.1. Nyersanyagellátás	11
3.3.2. Gyártási folyamatok	11
3.3.3. Szállítás	11
4. Életciklus hatásvizsgálat	12
4.1. Fenntarthatósági számvitel	13
4.2. Rakun ételszállító doboz környezeti profilja mosogatógép használatával	14
4.3. Rakun ételszállító doboz környezeti profilja kézi mosással	15
4.4. Kínai PP ételszállító doboz környezeti profilja	15
4.5. Német PP ételszállító doboz környezeti profilja	16
4.6. Magyar PP ételszállító doboz környezeti profilja	16
4.7. Német PLA ételszállító doboz környezeti profilja	17
4.8. Magyar PLA ételszállító doboz környezeti profilja	17
5. Életciklus értelmezés (LCIA)	18
5.1. Dominancia elemzés	18

1. A tanulmány célja

A Rakun Dobozközösség nevű kezdeményezés 2020-ban indult el Magyarországon. A start-up célja, hogy higiénikus és valóban környezetbarát megoldást kínáljon azoknak a felelős vendéglátósoknak és tudatos fogyasztóknak, akik szeretnék csökkenteni az étel ki- és elszállításához használt egyszer használatos csomagolóanyagok mennyiségét. A vállalat célja, hogy elterjessze az acélból készült, szilikon tömítéssel ellátott polipropilén (PP) fedelű, többszöri alkalommal újra felhasználható ételszállító dobozok használatát. A Rakun rendszerében kevesebb hulladék keletkezik, mivel a résztvevő éttermek tárolják, tisztítják, rendezik és felhasználják a kimosott ételszállító doboz elemeket. Egy Rakun ételszállító doboz előállítására ugyan nagyobb környezeti terheléssel jár, mint az egyes eldobható alternatívák példányainak elkészítése, azonban a Rakun ételszállító dobozok újrahasználhatósága felveti a kérdést, hogy hány újra-használat és mosás után egyenlítődik ki és lesz kedvezőbb alternatíva környezetterhelés szempontjából, mint az egyszer használatos, eldobható alternatívák esetében. A tanulmány célja, hogy megállapítsa, hány használat után lesz kedvezőbb a Rakun ételszállító doboz környezetre gyakorolt hatása az alternatívákkal szemben.

A tanulmány eredményeit a Rakun belső ismereteinek kialakítására és fejlesztésére használja fel a termék relatív környezeti teljesítményével kapcsolatban. A vállalat szeretné megérteni, hogyan teljesítenek az acél ételszállító dobozok az alternatív élelmiszer-csomagolási lehetőségekkel összehasonlítva. A Rakun további célja, hogy az eredményeket megossza a nyilvánossággal, ügyfeleivel, fogyasztókkal és más érdekelt felekkel. edukációs jelleggel ezzel is elősegítve azt, hogy népszerűsítse a környezettudatos életmódot és fogyasztást a mindennapokban.

2. A tanulmány hatóköre

A következő szakaszok a projekt általános határait írják le a kitűzött célok elérése érdekében. Ez magában foglalja többek között az értékelendő termékrendszerek, a termékfunkció(k), a funkcionális egység és a referenciaáramlások, a rendszerhatár és a vizsgálat határértékének meghatározását.

2.1. Termékrendszerek

Ez a tanulmány a Rakun és más élelmiszer-csomagolási lehetőségek különböző anyagválasztásainak környezeti teljesítményének értékelésére összpontosít:

- 1000 ml térfogatú Rakun ételszállító doboz, melynek az elemei:
 - Ételszállító doboz (acél: 160,7873 g)
 - Fedő (PP: 69,10099 g)
 - Tömítés (szilikon: 12 g)
- 1000 ml térfogatú PP ételszállító doboz, melynek az elemei:
 - Ételszállító doboz fedővel (PP: 24 g)
- 1000 ml térfogatú politejsav (PLA) ételszállító doboz, melynek az elemei:
 - Ételszállító doboz fedővel (PLA: 33,15 g)

2.2. Termékfunkciók és funkcionális egység

A Rakun Kft. választ kíván nyújtani az elmúlt évtizedek és a COVID-19 járvány során méginkább megnövekedett szemét, azon belül is az egyszer használatos ételcsomagoló dobozhulladékok mennyiségére. A rendszernek – amellyel, hogy csökkenti a hulladékképződést – élelmiszer-higiéniai szempontból is biztonságosnak kell lennie. Az ételszállító doboz ezért acélból készült, vastag PP fedővel (valamint szilikon tömítéssel), amely biztosítja az ételszállító doboz részeinek újrahasználhatóságát kézi és gépi mosást követően. a Rakun projektben résztvevő éttermek végzik el, miután a vendég visszahozza az ételszállító dobozt.

Az ebben a tanulmányban vizsgált, leggyakrabban előforduló PP és PLA anyagú ételszállító dobozok feltételezhetően azonos funkcionalitással rendelkeznek, hasonló méretekkel és azonos használati könnyedséggel. Mind a PP, mind a PLA ételszállító dobozokról feltételezzük, hogy egy használat után kidobásra kerülnek, így élettartamuk egyenértékű a használat során.

A tanulmány funkcionális egysége:

az élelmiszer-tárolás / étel elvitele egy 1000 ml térfogatú ételszállító dobozban.

Ez a funkcionális egység összhangban van a tanulmány céljaival, amelyek szándéka a különböző ételszállító doboz lehetőségek környezeti hatásának értékelése és összehasonlítása.

2.3. Rendszerhatárok

A Megbízóval történt egyeztetést követően ez az életciklus elemzés (LCA) 1000 ml-es térfogatú ételszállító dobozokra vonatkozó „bölcsőtől-kapuig opciókkal” elemzést von maga után, a következő termékgyártási szakaszokra összpontosítva:

- Nyersanyag-előállítás;
- Feldolgozási folyamatok;
- Másodlagos energiahordozók (pl. villamos energia) használata;
- Minden vonatkozó szállítás az üzem kapujáig és a telephelyre;
- Forgalmazás;
- A csomagolás gyártása;
- Mosás (újrahasználható ételszállító dobozok esetében).

A mosás során használt energiahordozókat, például a villamos energiát, Magyarország területén állítják elő. A villamosenergia-termelés elsődleges energiahordozói elsősorban nukleáris (46%), földgáz (26%) és szén (11%). A hatások kiszámításakor a villamos energia országspecifikus jellemző (nukleáris energia, földgáz, szén, napenergia (7%), biomassa (6%), szél (2%) és egyéb (2%)) lett alkalmazva.

A tőkeberendezések és az infrastruktúra előállításával kapcsolatos szempontokat szintén kizártuk az értékelésből, mivel ezek nagy valószínűséggel elhanyagolhatóak, ha az ilyen berendezések teljes élettartama során keletkező kibocsátásra vetítjük őket. Az alkalmazottak szállítását szintén kizártuk a tanulmányból, hasonló indoklással. Ezen szempontok szerint a tanulmány a következő tényezőket tartalmazza és zárja ki:

Táblázat 1: Rendszerhatárok

Tartalmazza	Kizárja
✓ Nyersanyag-előállítás	X Berendezések/infrastruktúra
✓ Szállítás a gyártási helyszínekre	X Kiskereskedelmi tárolás
✓ Termékké alakítás	X Fogyasztói szállítás és tárolás
✓ Porcióméretű kartoncsomagolás	X Szállítás az életciklus végéig
✓ Kiskereskedőkhöz történő forgalmazás	X Hulladékkezelési lehetőségek
✓ Mosás (gépi és kézi)	X Alkalmazottak utazása

A tanulmány földrajzi hatálya Európára és Kínára terjed ki, ezért európai és kínai átlag adatokat használtunk, amennyiben ilyen információk rendelkezésre állnak. Amennyiben nem álltak rendelkezésre ilyen információk, globális átlag adatokat használtunk.

A tanulmányhoz szükséges adatok az LCA-tanulmány megrendelésének évében felelhető adatbázisokból származnak.

A tanulmány tovább pontosítható a nyersanyagok eredetének és az ételszállító dobozok újrahasznosíthatóságának szempontjaiból:

- Az ételszállító dobozok gyártásának környezeti terhelése kedvezőbb lehet, amennyiben az előállításuk újrafeldolgozott, újrahasznosított anyagból történik. Megbízható adatok hiányában azonban jelen tanulmányban nem lehetséges magabiztosan és objektívan megállapítani az újrahasznosított alapanyagok arányát egyik ételszállító doboz esetében sem.
- Másrészt, miután az ételszállító dobozok használhatatlanná válnak, különböző hulladékkezelési lehetőségeken mehetnek keresztül (pl.: hulladéklerakás, energetikai hasznosítás, anyagában történő újrahasznosítás). Azonban ebből a szempontból sem lehetséges jelen tanulmány esetében határozott és tárgyilagos döntést hozni, ezért ez a szempont is kizárásra került.

Mindenesetre a tanulmány további pontosítása lehetséges és kifejezetten javasolt ezen szempontokat is figyelembe véve amennyiben megbízható adatok állnak rendelkezésre.

2.4. Az inputok és outputok kizárásának kritériumai (cut-off szabályok)

Ebben a tanulmányban minden olyan anyag- és energiaáramlást figyelembe vettünk, amelyről ismert, hogy jelentős környezetkárosítási hozzájárulást jelent. A vizsgált rendszer határainak részét képező folyamat összes bemenete és kimenete szerepel a számításban, mivel konkrét adatok állnak rendelkezésre.

2.5. Adatválasztás

A számítások a meghatározott rendszerhatárok szempontjából releváns összes input és output adatain alapulnak, a 2021-es év lefedettségével és feltételezésével azonban korábbi évek legrelevánsabb adataival, valamint a fent említett határértékelési kritériumokat követve. A felhasznált mennyiségekre vonatkozó adatok az alábbiakban leírtaknak megfelelően a Rakun által szolgáltatott adatok. Az alternatív ételszállító dobozok adatválasztását és számítását a 4.1 fejezet mutatja be.

Mivel a tanulmány középpontjában a termékgyártási fázis áll, az adattípusok kiválasztása a Táblázat 2-ben összefoglalt séma szerint történik.

Táblázat 2: Adatválasztás A1 – A3 és B1 modulokra

Adatválasztás A1 – A3 modulokra				Adatválasztás B1 modulra
Modulok	Nyersanyagellátás (A1)	Szállítás (A2)	Gyártás (A3)	Használat (mosás) (B1)
Adattípus	Ecoinvent 3.7.1; Morão és de Bie (2019) ¹	Ecoinvent 3.7.1; Gallego-Schmid <i>et al.</i> (2018) ²	Ecoinvent 3.7.1	Gallego-Schmid <i>et al.</i> (2019) ³

A műanyag ételszállító dobozok esetében a nyersanyagelőkészítés a releváns műanyag granulátumok gyártásával végződik, amit a gyártási folyamat használ fel nyersanyagként.

Az adatokat minden esetben a számításhoz szükséges, megfelelő mértékegységekbe átváltva használtuk fel.

2.6. Adatok minősége és teljessége

Ez a tanulmány főként a Rakun és a közönséges PP és PLA ételszállító dobozokról gyűjtött konkrét adatokon alapul. Az összegyűjtött adatok a korábbi évek legrelevánsabb információiból áll össze. Az adatok megbízhatóságát a tanúsított minőségirányítási rendszer használata biztosítja. Ez továbbá a következetes adatgyűjtés és dokumentálás jól kialakított mechanizmusaihoz kapcsolódik.

Az eredményeket Táblázat 3 mutatja be:

¹ Morão, A., & De Bie, F. (2019). Life cycle impact assessment of polylactic acid (PLA) produced from sugarcane in Thailand. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(11), 2523-2539.

² Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417-427.

³ Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417-427.

Táblázat 3: Adatok minősége és teljessége

Adat típus	Folyamat	Hozzárendelt adatminőség	Megbízhatóság	Adatmódosítások Q&A után
Konkrét	Nyersanyagellátás	Jó*	Mért és kiszámított	A termeléshez szükséges teljes nyersanyagellátás szerepel.
Konkrét	Energiaellátás	Jó*	Mért és kiszámított	A termeléshez szükséges teljes energiafogyasztás szerepel.
Konkrét	Gyártási folyamatok	Jó/elfogadható*	Mért és kiszámított	A különböző gyártási folyamatok típusainak begyűjtése megtörtént.
Konkrét & proxy	Anyagszállítás	Jó*	Szállított mennyiség – mérve; Megtett távolság – feltételezett; Járműtípus és technológia – feltételezett	A távolságok és a bizonyos távolságokon keresztül szállított mennyiségek tisztázásra kerültek. A szállítási távolságokra vonatkozó hiányzó adatok rendelkezésre állnak.
Konkrét	A késztermékek szállítása és forgalmazása	Jó*	Szállított mennyiség – mérve; Megtett távolság – feltételezett; Járműtípus és technológia – feltételezett	A távolságok és a bizonyos távolságokon keresztül szállított mennyiségek tisztázásra kerültek. A szállítási távolságokra vonatkozó hiányzó adatok rendelkezésre állnak.

* Az LCA-szakemberek által kijelölt.

Azokban az esetekben, amikor konkrét adatok nem állnak rendelkezésre, a helyettesítő adatokat szakirodalmi forrásokból vagy az Ecoinvent 3.7.1 adatkészletből szereztük be. A helyettesítő adatok forrásait a jelentés dokumentálja. Az üzemanyag-felhasználásból eredő hatászámítások az Európára, illetve Ázsiára jellemző jellemzési tényezőkön alapulnak. A villamos energia esetében Magyarországra vonatkozó országspecifikus kibocsátási tényezők állnak rendelkezésre.

2.7. Becslések és feltételezések

Ez az elemzés főként a különböző termégyártási folyamatokra vonatkozó átlagos adatokon alapul. A tanulmány eredményei a meghatározott technológiai folyamatra, földrajzi területre és az említett időszakra érvényesek.

Továbbá a következő feltételezések lettek használva:

- Adatkészletek hiánya miatt a Táblázat 4-ben szereplő alábbi helyettesítő kibocsátási faktort használtuk.
- A nyersanyagok beszerzésére az Gallego-Schmid *et al.* (2018)⁴ tanulmánya által megadott átlagos távolságot használtuk.

Táblázat 4: Helyettesítő kibocsátási faktorok

Adatok	Ecoinvent 3.7.1 adatbázis
Műanyag doboz formálása	extrusion, plastic pipes//[RER] extrusion, plastic pipes

3. Életciklus leltárelemzés

3.1. Adatgyűjtés és számolási eljárások

A számításokat Excel-modell segítségével végeztük. A hatáskategóriák kiszámítása az Ecoinvent 3.7.1-ben szereplő jellemzési tényezők és a megfelelő bemeneti mennyiségek szorzatával történt.

Mivel a termelési folyamat lineáris, és az üzem fő kimenetei az átlagos termékösszetételben jelennek meg, minden input és output relevánsnak tekinthető a különböző ételszállító dobozok gyártásához vezető fő áramlás szempontjából. Ezért a kiválasztott rendszerhatár megfelelőnek tekinthető és a finomítási folyamat következtében nem történik más változás.

A kézi és gépi mosás esetében a villamos energiát, mint energiahordozót, Magyarország területén állítják elő. A villamosenergia-termelés elsődleges energiahordozói elsősorban nukleáris (46%), földgáz (26%) és szén (11%). A hatások kiszámításakor a villamos energia országspecifikus jellemzői (nukleáris energia, földgáz, szén, napenergia (7%), biomassa (6%), szél (2%) és egyéb (2%)) lettek alkalmazva a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal kutatásán⁵ alapulva.

Rakun rozsdamentes acél ételszállító dobozokat Kínában állítják elő, ezért a Megbízótól kapott adatokhoz Kínára releváns emissziós faktorokkal történt a számolás. A dobozok mosására Gallego-Schmid *et al.* 2019-es

⁴ Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417-427.

⁵ Forrás: <https://villanyautosok.hu/2021/03/14/latvanyos-grafikonokon-magyarorszag-aramtermelese/>.

tanulmányában⁶ használt adatok lettek felhasználva, újraszámítva az itt figyelembe vett doboz méretére (670-ről 1000 ml-re között).

Mivel nagyobb esélye van annak, hogy PP termékek gyártása Kínában történik Európa helyett⁷, ezért a számítások során elvégeztük a PP-ből készült ételszállító dobozok előállításának környezetre mért hatását kínai előállítás esetében is. Emellett Németországban és Magyarországon előállított PP ételszállító dobozok életciklus elemzése is megtörtént. Mind a három esetben helyszínspecifikus emissziós faktorokkal és adatokkal végeztük az ételszállító dobozok előállításának és szállításának hatását. PLA ételszállító dobozok tekintetében a jelen életciklus elemzésben német, illetve magyar előállítási folyamat számítását végeztük el.

Az alternatív ételszállító dobozok adatainak meghatározása az alábbiak szerint történt:

- 1000 ml térfogatú, PP-ből készült egyszerhasználatos ételszállító doboz esetében súlymérés WMF AG Digital Kitchen Scale-lel: 24 g.
- 1000 ml-es PLA anyagból készült egyszerhasználatos ételszállító doboz: $p=m/V$ képlet felhasználásával, ahol a sűrűség (p) egyenlő a tömeg (m) és a térfogat (V) hányadosával. Ismervén a PP és PLA anyagok sűrűségét ($0,9^8$, illetve $1,25^9$ g/cm³) és a PP doboz súlyát, PP-dobozhoz azonos méretű, falvastagságú és kialakítású PLA dobozt feltételezünk. PLA doboz súlyát így képesek vagyunk kiszámolni, amely 33,15 g.

A Megbízó 550, illetve 1200 ml-es térfogatú acél, PP és szilikon összetevőjű ételszállító dobozokat forgalmaz. Egyik ételszállító doboz térfogattartalma sem felel meg a tanulmány funkcionális egységének, amely 1000 ml-es ételszállító dobozok használatát köti ki. Ezért miután a Megbízó konyhai mérlegen lemérte a két ételszállító doboz egyes elemeinek súlyát egy 1000 ml-es ételszállító dobozra vonatkoztatva számoltuk át az egyes elemek tömegeit.

Táblázat 5: Helyettesítő kibocsátási faktorok

Rakun doboz típus	550 ml	1200 ml	1000 ml
Acél	116 g	168 g	160,79 g
PP	47 g	77 g	69,1 g
Szilikon	12 g	12 g	12 g

A PLA granulátum gyártási folyamatához szükséges adatok az Ecoinvent 3.7.1 adatbázisban nem találhatóak meg. Mivel a PLA egy feltörekvőben lévő alternatív (ételszállításra is alkalmas) csomagolási anyag, ezért fontos volt az adatok megszerzése más forrásból. Ennek érdekében Ana Morão és François de Bie 2019-es kutatómunkájának az eredményeit¹⁰ használtuk fel az adatok pótlására. A dokumentum tartalmazza 1 tonna PLA granulátum előállításának a környezetre gyakorolt hatását a PLA alapanyag gyártásától kezdve (cukornádtermelés) egészen a PLA granulátumok legyártásáig.

A kutatás azonban nem ugyanazt a 18 középponti mutatót veszi figyelembe, amelyet az Ecoinvent 3.7.1 használ az acélból és PP-ből készült anyagok esetére. Morão és de Bie tanulmánya a következő középponti mutatókat

⁶ Forrás: Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417-427.

⁷ Forrás: <https://www.statista.com/statistics/732167/distribution-of-polypropylene-consumption-worldwide-by-region/>.

⁸ Forrás: <https://hudsonriverpark.org/app/uploads/2020/06/Plastic-Density-Table.pdf>.

⁹ Forrás: <https://3dinsider.com/pla-density/>.

¹⁰ Morão, A., & De Bie, F. (2019). Life cycle impact assessment of polylactic acid (PLA) produced from sugarcane in Thailand. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(11), 2523-2539.

veszi számításba: globális felmelegedési potenciál; vízkészletek kimerülése; tengeri eutrofizáció; szárazföldi eutrofizáció; savasodás; részecskék; földhasználat; megújuló energiafelhasználás; nem megújuló energiafelhasználás. Az Ecoinvent 3.7.1 adatbázis és Morão és de Bie kutatása alapján négy közös középponti mutató van, amelyek a következők:

- Globális felmelegedés;
- Tengeri eutrofizáció;
- Részecskéképződés; és
- Vízkészletcsökkenés.

Morão és de Bie kutatásában a részecskéképződés kg PM2.5 eq. mértékegységben van megadva. A ReCiPe részecskéképződéssel foglalkozó középponti mutatójának a mértékegysége azonban kg PM10 eq. Annak érdekében, hogy közös mértékegység alapján végezzük el az életciklus elemzést, Hong Kong Környezetvédelmi Osztályának honlapján ismertetett átváltási mutatót¹¹ használtuk, hogy a PM2.5 eq.-t átváltssuk kg PM10 eq.-ra.

Az ételszállító dobozok szállításakor használt kartondoboz súlyát Gallego-Schmid *et al.* 2019-es kutatása¹² alapján számoltuk ki, a releváns viszonyítási alapokat figyelembe véve.

Annak érdekében, hogy PP és PLA ételszállító dobozokkal is össze tudjuk hasonlítani a Megbízó által szolgáltatott terméket a fentebb meghatározott funkcionális egység alapján, két számítást végeztünk, figyelembe véve, hogy PP és Rakun ételszállító dobozok gyártására 18 közös középponti mutatót, míg PP, PLA és Rakun ételszállító dobozok gyártására négy közös középponti mutatót tudunk használni. Ezért az első számítás csak PP és Rakun ételszállító dobozok életciklus elemzésének összehasonlításával foglalkozik a ReCiPe által meghatározott 18 középponti mutató alapján. A második számítás pedig PP, PLA és Rakun ételszállító dobozok életciklus elemzését foglalja magába a fentebb említett négy középponti mutató alapján.

Összességében, az első számításban Rakun ételszállító doboz (kézi mosás), Rakun ételszállító doboz (gépi mosás), PP ételszállító doboz Kínából, PP ételszállító doboz Németországból és PP ételszállító doboz Magyarországról, míg a második számításban Rakun ételszállító doboz (kézi mosás), Rakun ételszállító doboz (gépi mosás), PP ételszállító doboz Kínából, PP ételszállító doboz Németországból, PP ételszállító doboz Magyarországról, PLA ételszállító doboz Németországból és PLA ételszállító doboz Magyarországról lettek összehasonlítva életciklus elemzésen keresztül.

3.2. Allokáció

Az ISO 14040 az allokációt úgy határozza meg, mint „egy folyamat egység bemeneti vagy kimeneti áramlásának felosztását a vizsgált termékrendszerre”¹³. A jelen életciklus elemzésben nincs szükség releváns felosztásra, mivel minden bemeneti anyag a fent leírt termékekké van átalakítva. A teljes környezeti terhelés a fogyasztóknak szállított termékekhez kapcsolódik.

¹¹ Forrás: https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/guide_ref/guide_aqa_model_g5.html.

¹² Forrás: Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of takeaway food containers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 417-427.

¹³ Eredeti nyelven, angolul: “partitioning the input or output flow of a unit process to the product system under study”.

3.3. Egységfolyamatok

Mivel ebben a tanulmányban a vizsgált rendszerre a „bölcstől-kapuig opciókkal” megközelítést alkalmaztuk, a nyersanyag-kitermelés, a nyersanyagok feldolgozása, az anyagok szállítása és mosás (gépi és kézi) főbb szakaszainak részletes elemzését végeztük el. A főbb szakaszokat az anyagáramlások és az egyes szakaszokhoz felhasznált energia szempontjából vázoljuk fel és mutatjuk be. A számítások alapját az 1000 ml-es ételszállító dobozok gyártásához szükséges bemeneti adatok képezik.

Az elemzett főbb áramlások a következő kategóriákba sorolhatók:

Bemeneti áramlások

- Fő anyagok – rozsdamentes acél, PP és PLA granulátum
- Csomagolás – kartondoboz
- Energia – gyártási ország, illetve régió által meghatározott energia-mix

Kimeneti áramlások

- Fő termékek – Rakun/PP/PLA ételszállító dobozok
- Melléktermékek – nincs jelentett melléktermék

3.3.1. Nyersanyagellátás

A nyersanyagokat a 3.3. pontban meghatározottak szerint Európából és Ázsiából szerzik be. Az acél, a PP és a PLA a fő nyersanyagok, amelyeket a megfelelő ételszállító dobozok gyártásához használnak.

3.3.2. Gyártási folyamatok

A különböző ételszállító dobozok elkészítési folyamatához a következő kutatómunkákat tanulmányoztuk: Cross *et al.* (1999)¹⁴; Gall *et al.* (2020)¹⁵; Shit *et al.* (2013)¹⁶; Palmer (2000)¹⁷; European Federation of Corrugated Board Manufacturers (2012)¹⁸. Ezeket a tanulmányokat, valamint az Ecoinvent 3.7.1 adatbázis információit alapul véve készítettük el a különböző gyártási folyamatok értékláncait.

3.3.3. Szállítás

Az összes alapanyag beáramlás szállítása a gyártó üzemekbe, valamint a késztermékek gyárból való szállítása a megfelelő úticélokra a vizsgált rendszer részét képezi. Az alapanyagok beszállítására vonatkozó adatok

¹⁴ Forrás: <https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/1999HealthEffectsofStainlessSteels.pdf>.

¹⁵ Forrás: Gall, M., Schweighuber, A., Buchberger, W., & W Lang, R. (2020). Plastic bottle cap recycling—characterization of recycplate composition and opportunities for design for circularity. *Sustainability*, 12(24), 10378.

¹⁶ Forrás: Shit, S. C., & Shah, P. (2013). A review on silicone rubber. *National Academy Science Letters*, 36(4), 355-365.

¹⁷ Forrás: Palmer, R. J. (2000). Polyamides, plastics. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*.

¹⁸ Forrás: https://www.fefco.org/sites/default/files/documents/LCA%20report%202012_0.pdf.

kiszámításához Gallego-Schmid *et al.* 2018-as kutatásának¹⁹ eredményeit vettük alapul. Rakun ételszállító dobozok gyártása Sencsen, Kínában történik, ahonnan hajóval szállítják a dobozokat a hamburgi kikötőbe, majd vonattal megy tovább Budapestre. A sencseni és hamburgi kikötő közötti távolság 11436 tengeri mérföld²⁰, míg a Hamburg- Budapest közötti távolság 928 km. Jelen LCA tanulmány 10 km-es kiszállítást vesz alapul teherautóval, miután megérkezik Budapestre az ételszállító doboz.

Az alternatív műanyag dobozok szállítását illetően (PP dobozok Kínából, Németországból és Magyarországról, valamint PLA dobozok Németországból és Magyarországról), a gyártási helyszínnel összeegyeztethető szállítás számítottunk a fenti távolságokat figyelembe véve.

4. Életciklus hatásvizsgálat

Ebben az LCA tanulmányban a ReCiPe jellemzési módszert alkalmaztunk. Az életciklus-hatásvizsgálat (LCIA) a kibocsátásokat és az erőforrás-kivonásokat korlátozott számú környezeti hatáspontszámra fordítja le az úgynevezett jellemzési tényezők segítségével. A jellemzési tényezők levezetésének két fő módja van, a középponti és a végponti szinten. A ReCiPe szerinti számítási módnak 18 középponti mutatója²¹ van. A középponti mutatók egyes környezeti problémákra összpontosítanak, például az éghajlatváltozásra vagy a savasodásra. A végponti mutatók három magasabb aggregációs szinten mutatják a környezeti hatást, ezek az 1) emberi egészségre gyakorolt hatás, 2) a biológiai sokféleség és 3) az erőforráshiány²². A jellemzési tényezőket az Ecoinvent 3.7.1. adatbázisból vettük. Az előnyben részesített rendszermodell az „Allokáció, osztályozás szerinti leválasztás”.

Az életciklus során keletkező kibocsátások kiszámítása és kategorizálása az ISO 14040 szabvány elveivel összhangban történt. A hatásvizsgálat a következő, a tanulmány célja szempontjából relevánsnak tekintett középső hatáskategóriákra készült:

1. Mezőgazdasági területfoglalás (ALOP);
2. Globális felmelegedés (GWP);
3. Édesvízi ökototoxicitás (FETP);
4. Édesvízi eutrofizáció (FEP);
5. Emberi toxicitás (HTP);
6. Ionizáló sugárzás (IRP);
7. Tengeri ökototoxicitás (METP);

¹⁹ Forrás: Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., & Azapagic, A. (2018). Improving the environmental sustainability of reusable food containers in Europe. *Science of The Total Environment*, 628, 979-989.

²⁰ Forrás: <http://ports.com/sea-route/port-of-shenzhen,china/port-of-hamburg,germany/#/?a=0&b=0&c=Port%20of%20Shenzhen,%20China&d=Port%20of%20Hamburg,%20Germany>.

²¹ A 18 középponti mutatók a következők: mezőgazdasági területfoglalás; éghajlatváltozás; fosszilis kimerülés; édesvízi ökototoxicitás; édesvízi eutrofizáció; emberi toxicitás; ionizáló sugárzás; tengeri ökototoxicitás; tengeri eutrofizáció; fémkimerülés; természetes talajátalakulás; ózonkimerülés; részecskéképződés; fotokémiai oxidánsok képződése; földi savasodás; földi ökototoxicitás; városi területfoglalás; vízkimerülés.

²² További információ a ReCiPe számítási módszerről az alábbi linken található: <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>.

8. Tengeri eutrofizáció (MEP);
9. Természetes talajátalakulás (NLTP);
10. Ózonkimerülés (ODP);
11. Részecskéképződés (PMFP);
12. Fotokémiai oxidánsok képződése (POFP);
13. Földi savasodás (TAP);
14. Földi ökototoxicitás (TETP);
15. Városi területfoglalás (ULOP);
16. Vízkimerülés (WDP).

4.1. Fenntarthatósági számvitel

A számítás során kapott környezetterhelést jellemző eredményeket közös nevezőre tudjuk hozni azok átláthatóbb értelmezése érdekében fenntarthatósági költségszámítás eszközével. Intuitív módon minden környezeti hatásnak valós költsége van a gazdaságra nézve – valakinek fizetnie kell a szennyeződés eltakarításáért, az emberi egészségre hatással vannak a különböző kibocsátások (pl. levegőminőség), vagy például az infrastruktúrában is keletkeznek károk szennyezések miatt. Szintén intuitív módon a különböző hatásokat nagyságrendileg ki lehet egyenlíteni – például a klímaváltozás hatása nagyobb, mint a savasodásé; ez könnyen is értelmezhető – a klímaváltozás globális probléma, a savasodás pedig helyi. Ennek érdekében a különböző középponti mutatók monetáris hatásainak értékelését megtehetjük a fenntarthatósági számvitel²³ vagy természeti tőke számvitel²⁴ eszközeivel. Ily módon az ételszállító dobozok előállításának a környezetre és társadalomra gyakorolt hatásuk megmérhetőek euróban, valamint az életciklus elemzés eredménye is könnyebben értelmezhető.

Jelen életciklus elemzés fenntartható számvitel számításához szükséges adatok az *Environmental Prices Handbook EU28 version*²⁵ dokumentumból gyűjtöttük ki és igazítottuk a 2021-es évhez infláció szerint. A fent említett első számítás terén a ReCiPe által meghatározott 18 középponti mutatók közül 16-ot lehetséges 'számszerűsíteni', ezért a fenntarthatósági számvitel elvégzése a következő középső hatáskategóriákra lehetséges:

1. Mezőgazdasági területfoglalás (ALOP);
2. Globális felmelegedés (GWP);
3. Édesvízi ökototoxicitás (FETP);
4. Édesvízi eutrofizáció (FEP);
5. Emberi toxicitás (HTP);
6. Ionizáló sugárzás (IRP);

²³ Angolul: 'sustainability accounting'.

²⁴ Angolul: 'natural capital accounting'.

²⁵ Forrás: <https://cedelft.eu/publications/environmental-prices-handbook-eu28-version/>.

7. Tengeri ökototoxicitás (METP);
8. Tengeri eutrofizáció (MEP);
9. Természetes talajátalakulás (NLTP);
10. Ózonkimerülés (ODP);
11. Részecskeképződés (PMFP);
12. Fotokémiai oxidánsok képződése (POFP);
13. Földi savasodás (TAP);
14. Földi ökototoxicitás (TETP);
15. Városi területfoglalás (ULOP);
16. Vízkimerülés (WDP).

4.2. Rakun ételszállító doboz környezeti profilja mosogatógép használatával

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják, opciókkal együtt.

Táblázat 6: Környezeti hatások 1000 ml-es Rakun ételszállító dobozra vetítve, mosogatógép használatával

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2	B1
ALOP ²⁶	m ² a	9,19E-02	7,95E-04	7,23E-04
GWP	kg CO ₂ -Eq	1,29E+00	6,72E-02	1,08E-03
FETP	kg 1,4-DC	8,91E-02	6,12E-04	6,18E-05
FEP	kg P-Eq	4,93E-04	1,52E-05	2,85E-07
HTP	kg 1,4-DC	6,25E-01	1,30E-02	4,27E-04
IRP	kg U235-Eq	1,30E-01	5,03E-03	8,59E-05
METP	kg 1,4-DC	8,68E-02	6,11E-04	2,66E-05
MEP	kg N-Eq	1,48E-03	4,24E-04	5,17E-06
NLTP	m ²	1,72E-04	2,06E-05	3,18E-06
ODP	kg CFC-11	8,03E-08	9,48E-09	5,88E-11
PMFP	kg PM10-Eq	4,84E-03	4,40E-04	1,85E-06
POFP	kg NMVOC	4,23E-03	1,21E-03	2,86E-06
TAP	kg SO ₂ -Eq	5,55E-03	1,28E-03	4,24E-06
TETP	kg 1,4-DC	2,04E-04	5,75E-06	2,06E-04
ULOP	m ² a	2,42E-02	1,07E-03	8,98E-06
WDP	m ³	8,38E-03	7,14E-05	3,92E-04

²⁶ ALOP: agricultural land occupation; GWP: global warming potential; FETP: freshwater ecotoxicity potential; FEP: freshwater eutrophication potential; HTP: human toxicity potential; IRP: ionising radiation potential; METP: marine ecotoxicity potential; MEP: marine eutrophication potential; NLTP: natural land transformation potential; ODP: Ozone Depletion Potential; PMFP: particulate matter formation potential; POFP: photochemical oxidant formation potential; TAP: terrestrial acidification potential; TETP: terrestrial ecotoxicity potential; ULOP: urban land occupation potential; WDP: water depletion potential

4.3. Rakun ételszállító doboz környezeti profilja kézi mosással

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják, opciókkal együtt.

Táblázat 7: Környezeti hatások 1000 ml-es Rakun ételszállító dobozra vetítve, kézi mosással

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2	B1
ALOP	m2a	9,19E-02	7,95E-04	7,23E-04
GWP	kg CO2-Eq	1,29E+00	6,72E-02	1,08E-03
FETP	kg 1,4-DC	8,91E-02	6,12E-04	6,18E-05
FEP	kg P-Eq	4,93E-04	1,52E-05	2,85E-07
HTP	kg 1,4-DC	6,25E-01	1,30E-02	4,27E-04
IRP	kg U235-Eq	1,30E-01	5,03E-03	8,59E-05
METP	kg 1,4-DC	8,68E-02	6,11E-04	2,66E-05
MEP	kg N-Eq	1,48E-03	4,24E-04	5,17E-06
NLTP	m2	1,72E-04	2,06E-05	3,18E-06
ODP	kg CFC-11	8,03E-08	9,48E-09	5,88E-11
PMFP	kg PM10-Eq	4,84E-03	4,40E-04	1,85E-06
POFP	kg NMVOC	4,23E-03	1,21E-03	2,86E-06
TAP	kg SO2-Eq	5,55E-03	1,28E-03	4,24E-06
TETP	kg 1,4-DC	2,04E-04	5,75E-06	2,06E-04
ULOP	m2a	2,42E-02	1,07E-03	8,98E-06
WDP	m3	8,38E-03	7,14E-05	3,92E-04

4.4. Kínai PP ételszállító doboz környezeti profilja

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják.

Táblázat 8: Környezeti hatások 1000 ml-es kínai PP ételszállító dobozra vetítve

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2
ALOP	m2a	7,96E-03	8,98E-05
GWP	kg CO2-Eq	6,87E-02	7,59E-03
FETP	kg 1,4-DC	1,00E-03	6,92E-05
FEP	kg P-Eq	1,67E-05	1,71E-06
HTP	kg 1,4-DC	1,39E-02	1,46E-03
IRP	kg U235-Eq	2,81E-03	5,68E-04
METP	kg 1,4-DC	8,77E-04	6,91E-05
MEP	kg N-Eq	6,11E-05	4,79E-05
NLTP	m2	4,84E-06	2,32E-06
ODP	kg CFC-11	1,22E-09	1,07E-09
PMFP	kg PM10-Eq	9,75E-05	4,97E-05
POFP	kg NMVOC	2,16E-04	1,37E-04
TAP	kg SO2-Eq	2,22E-04	1,44E-04
TETP	kg 1,4-DC	6,35E-06	6,50E-07
ULOP	m2a	4,68E-04	1,21E-04
WDP	m3	2,10E-04	8,07E-06

4.5. Német PP ételszállító doboz környezeti profilja

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják.

Táblázat 9: Környezeti hatások 1000 ml-es német PP ételszállító dobozra vetítve

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2
ALOP	m2a	7,59E-03	6,77E-05
GWP	kg CO2-Eq	5,61E-02	2,60E-03
FETP	kg 1,4-DC	8,89E-04	4,51E-05
FEP	kg P-Eq	1,31E-05	1,56E-06
HTP	kg 1,4-DC	1,02E-02	1,29E-03
IRP	kg U235-Eq	5,72E-03	2,92E-04
METP	kg 1,4-DC	7,86E-04	4,53E-05
MEP	kg N-Eq	4,54E-05	4,26E-06
NLTP	m2	3,15E-06	7,00E-07
ODP	kg CFC-11	1,26E-09	2,81E-10
PMFP	kg PM10-Eq	5,96E-05	4,69E-06
POFP	kg NMVOC	1,74E-04	1,23E-05
TAP	kg SO2-Eq	1,61E-04	9,25E-06
TETP	kg 1,4-DC	4,16E-06	6,65E-07
ULOP	m2a	2,86E-04	1,45E-04
WDP	m3	1,87E-04	6,91E-06

4.6. Magyar PP ételszállító doboz környezeti profilja

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják.

Táblázat 10: Környezeti hatások 1000 ml-es magyar PP ételszállító dobozra vetítve

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2
ALOP	m2a	7,59E-03	4,46E-06
GWP	kg CO2-Eq	5,61E-02	5,67E-04
FETP	kg 1,4-DC	8,89E-04	4,15E-06
FEP	kg P-Eq	1,31E-05	4,02E-08
HTP	kg 1,4-DC	1,02E-02	1,60E-04
IRP	kg U235-Eq	5,72E-03	4,58E-05
METP	kg 1,4-DC	7,86E-04	5,52E-06
MEP	kg N-Eq	4,54E-05	9,80E-07
NLTP	m2	3,15E-06	2,24E-07
ODP	kg CFC-11	1,26E-09	1,04E-10
PMFP	kg PM10-Eq	5,96E-05	1,16E-06
POFP	kg NMVOC	1,74E-04	3,11E-06
TAP	kg SO2-Eq	1,61E-04	2,15E-06
TETP	kg 1,4-DC	4,16E-06	3,07E-07
ULOP	m2a	2,86E-04	4,14E-05
WDP	m3	1,87E-04	4,58E-07

4.7. Német PLA ételszállító doboz környezeti profilja

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják.

Táblázat 11: Környezeti hatások 1000 ml-es német PLA ételszállító dobozra vetítve

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2
GWP	kg CO ₂ -Eq	2,97E-02	2,75E-03
MEP	kg N-Eq	4,60E-04	4,44E-06
PMFP	kg PM ₁₀ -Eq	9,73E-05	4,79E-06
WDP	m ³	1,35E-03	8,62E-06

4.8. Magyar PLA ételszállító doboz környezeti profilja

Az alábbi táblázatban összefoglalt értékelési eredmények a bölcstől a kapuig terjedő termék életciklusának becsült potenciális hatásait mutatják.

Táblázat 12: Környezeti hatások 1000 ml-es magyar PLA ételszállító dobozra vetítve

Paraméter	Mértékegység	A1+A3	A2
GWP	kg CO ₂ -Eq	2,97E-02	7,55E-04
MEP	kg N-Eq	4,60E-04	1,30E-06
PMFP	kg PM ₁₀ -Eq	9,73E-05	1,54E-06
WDP	m ³	1,35E-03	6,09E-07

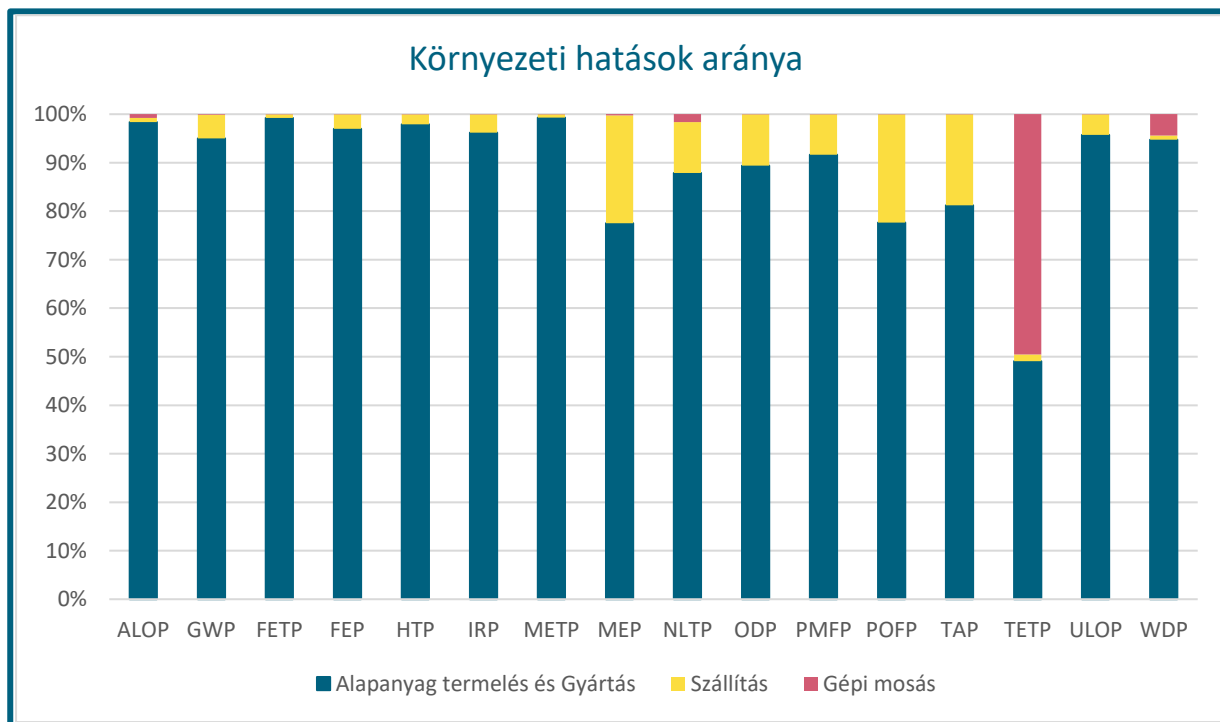
5. Életciklus értelmezés (LCIA)

5.1. Dominancia elemzés

Az LCIA-eredmények 1 db 1000 ml térfogatú ételszállító doboz gyártására vonatkoznak. Az alábbi táblázatok tájékoztatást nyújtanak a gyártási szakaszok egyes környezeti hatáskategóriákhoz való relatív hozzájárulásáról, bemutatva a különböző folyamatok dominanciáját.

Táblázat 13: Környezeti hatások aránya, Rakun ételszállító doboz gépi mosással

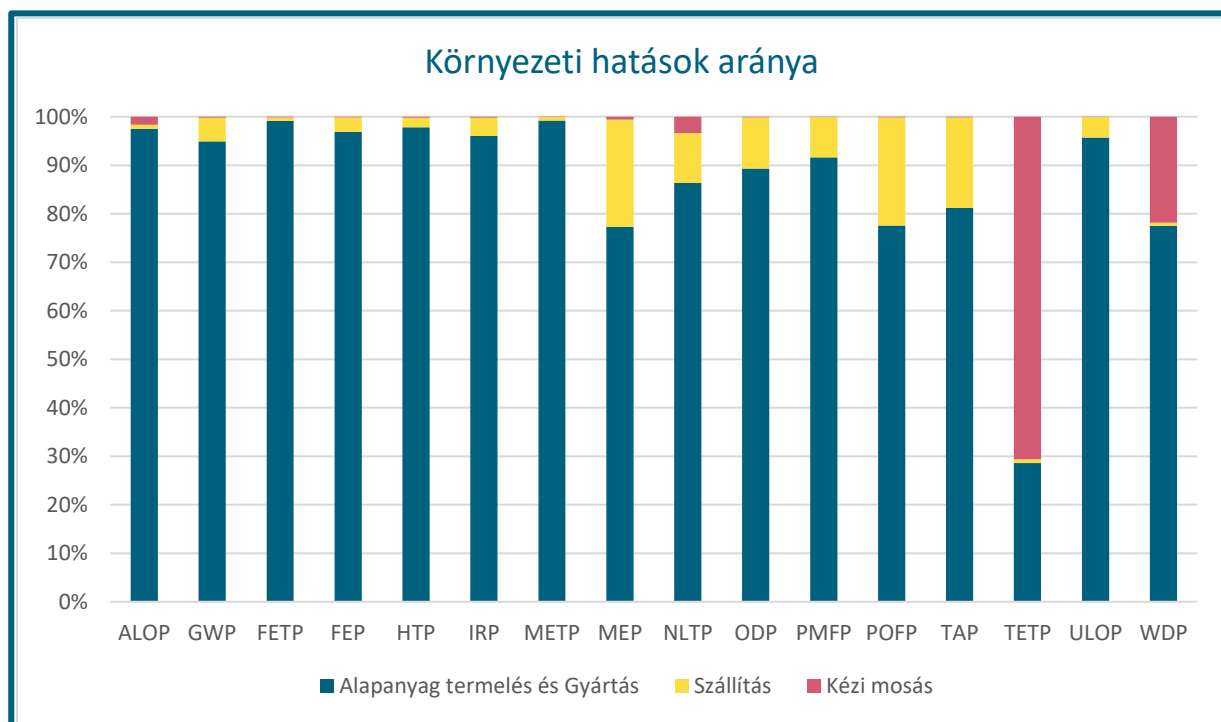
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás	Mosás
ALOP	m2a	98,38%	0,85%	0,77%
GWP	kg CO2-Eq	94,99%	4,93%	0,08%
FETP	kg 1,4-DC	99,25%	0,68%	0,07%
FEP	kg P-Eq	96,96%	2,98%	0,06%
HTP	kg 1,4-DC	97,90%	2,03%	0,07%
IRP	kg U235-Eq	96,20%	3,74%	0,06%
METP	kg 1,4-DC	99,27%	0,70%	0,03%
MEP	kg N-Eq	77,54%	22,19%	0,27%
NLTP	m2	87,85%	10,52%	1,63%
ODP	kg CFC-11	89,39%	10,55%	0,07%
PMFP	kg PM10-Eq	91,64%	8,32%	0,04%
POFP	kg NMVOC	77,63%	22,32%	0,05%
TAP	kg SO2-Eq	81,23%	18,70%	0,06%
TETP	kg 1,4-DC	49,05%	1,39%	49,56%
ULOP	m2a	95,74%	4,23%	0,04%
WDP	m3	94,76%	0,81%	4,43%



1. ábra: Környezeti hatások aránya, Rakun ételszállító doboz gépi mosással

Táblázat 14: Környezeti hatások aránya, Rakun ételszállító doboz kézi mosással

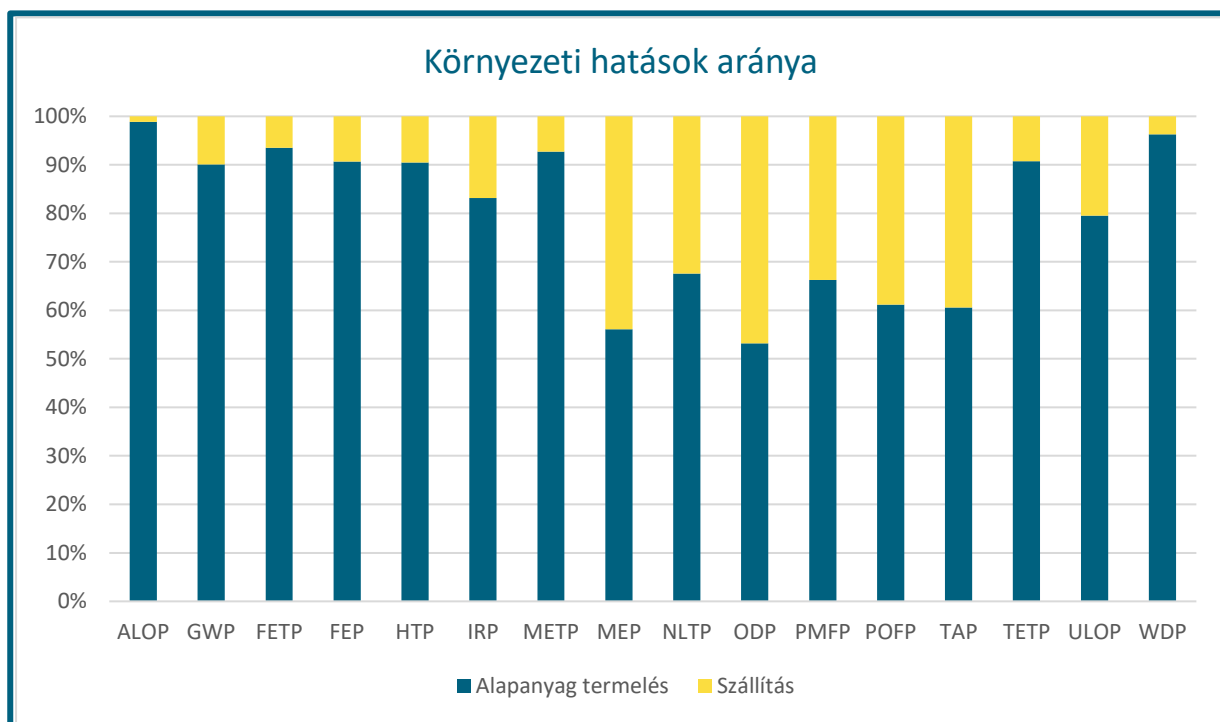
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás	Mosás
ALOP	m2a	97,52%	0,84%	1,64%
GWP	kg CO2-Eq	94,90%	4,93%	0,17%
FETP	kg 1,4-DC	99,17%	0,68%	0,15%
FEP	kg P-Eq	96,87%	2,98%	0,15%
HTP	kg 1,4-DC	97,81%	2,03%	0,17%
IRP	kg U235-Eq	96,04%	3,73%	0,23%
METP	kg 1,4-DC	99,24%	0,70%	0,06%
MEP	kg N-Eq	77,30%	22,12%	0,58%
NLTP	m2	86,32%	10,34%	3,35%
ODP	kg CFC-11	89,30%	10,54%	0,16%
PMFP	kg PM10-Eq	91,60%	8,32%	0,08%
POFP	kg NMVOC	77,58%	22,31%	0,12%
TAP	kg SO2-Eq	81,16%	18,69%	0,15%
TETP	kg 1,4-DC	28,57%	0,81%	70,62%
ULOP	m2a	95,69%	4,22%	0,08%
WDP	m3	77,50%	0,66%	21,84%



2. ábra: Környezeti hatások aránya, Rakun ételszállító doboz gépi mosással

Táblázat 15: Környezeti hatások aránya, kínai PP ételszállító doboz

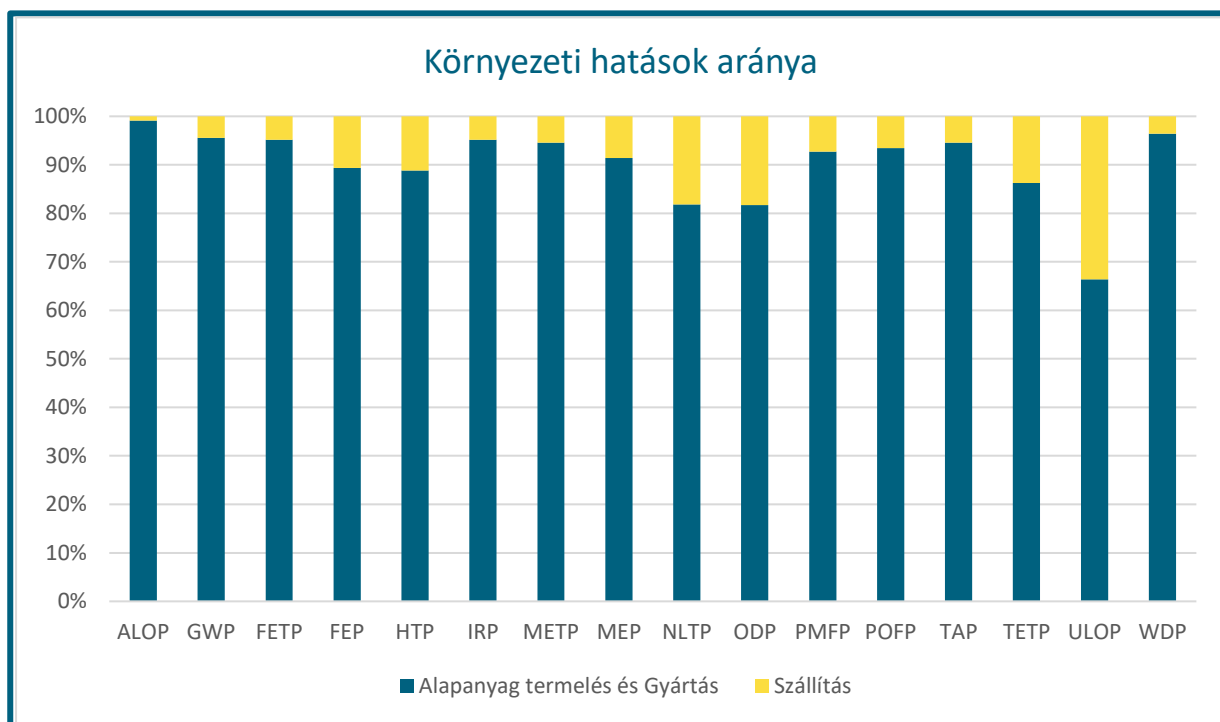
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás
ALOP	m2a	98,88%	1,12%
GWP	kg CO2-Eq	90,05%	9,95%
FETP	kg 1,4-DC	93,54%	6,46%
FEP	kg P-Eq	90,70%	9,30%
HTP	kg 1,4-DC	90,47%	9,53%
IRP	kg U235-Eq	83,16%	16,84%
METP	kg 1,4-DC	92,70%	7,30%
MEP	kg N-Eq	56,10%	43,90%
NLTP	m2	67,57%	32,43%
ODP	kg CFC-11	53,18%	46,82%
PMFP	kg PM10-Eq	66,25%	33,75%
POFP	kg NMVOC	61,18%	38,82%
TAP	kg SO2-Eq	60,59%	39,41%
TETP	kg 1,4-DC	90,72%	9,28%
ULOP	m2a	79,53%	20,47%
WDP	m3	96,30%	3,70%



3. ábra: Környezeti hatások aránya, kínai PP ételszállító doboz

Táblázat 16: Környezeti hatások aránya, német PP ételszállító doboz

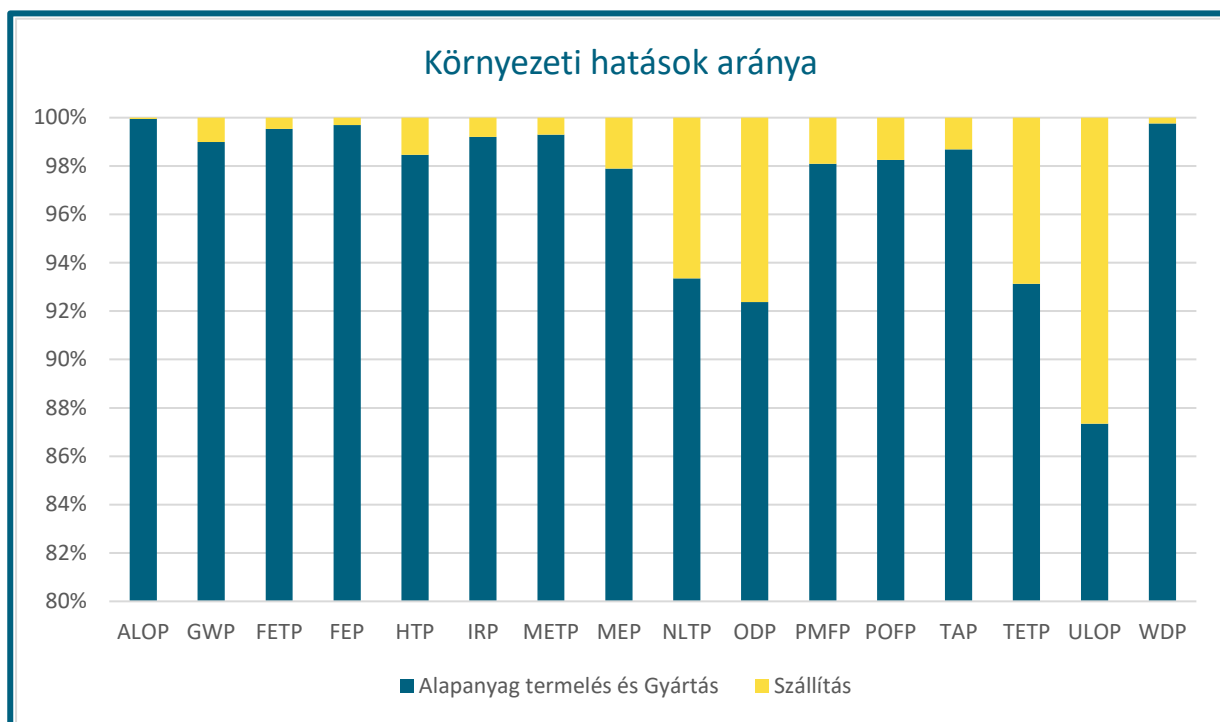
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás
ALOP	m2a	99,12%	0,88%
GWP	kg CO2-Eq	95,57%	4,43%
FETP	kg 1,4-DC	95,17%	4,83%
FEP	kg P-Eq	89,34%	10,66%
HTP	kg 1,4-DC	88,85%	11,15%
IRP	kg U235-Eq	95,15%	4,85%
METP	kg 1,4-DC	94,56%	5,44%
MEP	kg N-Eq	91,43%	8,57%
NLTP	m2	81,84%	18,16%
ODP	kg CFC-11	81,73%	18,27%
PMFP	kg PM10-Eq	92,70%	7,30%
POFP	kg NMVOC	93,42%	6,58%
TAP	kg SO2-Eq	94,58%	5,42%
TETP	kg 1,4-DC	86,24%	13,76%
ULOP	m2a	66,38%	33,62%
WDP	m3	96,44%	3,56%



4. ábra: Környezeti hatások aránya, német PP ételszállító doboz

Táblázat 17: Környezeti hatások aránya, magyar PP ételszállító doboz

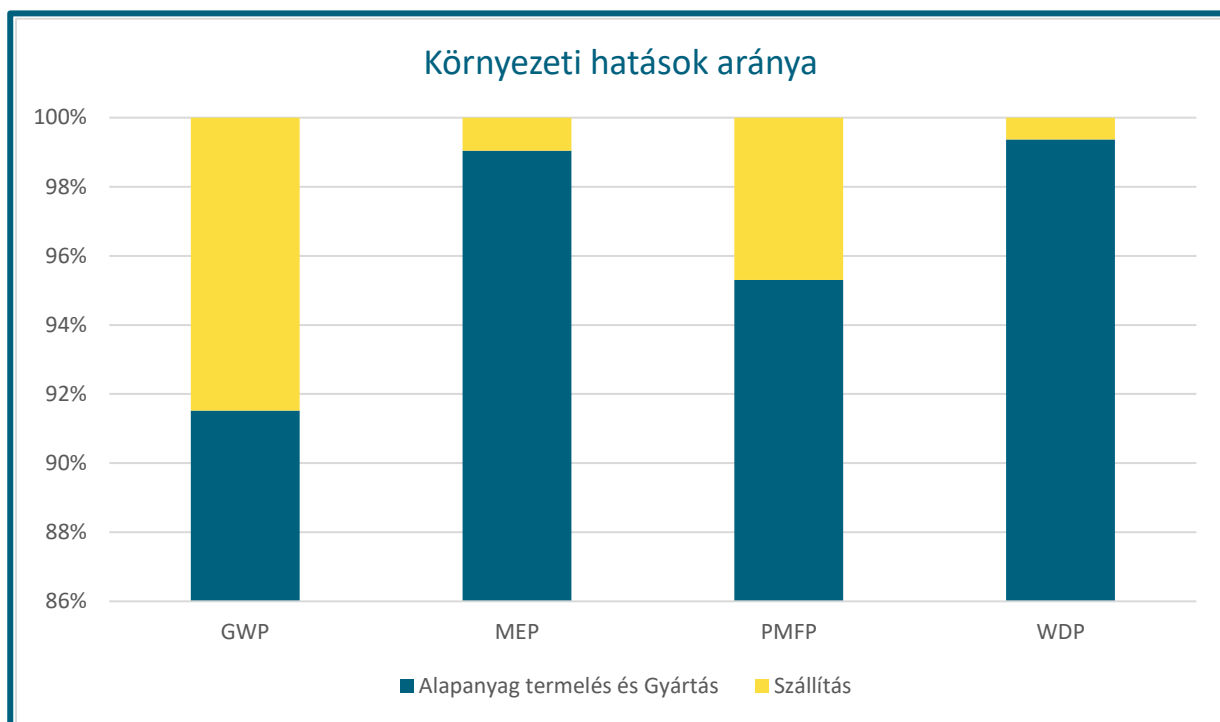
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás
ALOP	m2a	99,94%	0,06%
GWP	kg CO2-Eq	99,00%	1,00%
FETP	kg 1,4-DC	99,54%	0,46%
FEP	kg P-Eq	99,69%	0,31%
HTP	kg 1,4-DC	98,46%	1,54%
IRP	kg U235-Eq	99,21%	0,79%
METP	kg 1,4-DC	99,30%	0,70%
MEP	kg N-Eq	97,89%	2,11%
NLTP	m2	93,36%	6,64%
ODP	kg CFC-11	92,37%	7,63%
PMFP	kg PM10-Eq	98,09%	1,91%
POFP	kg NMVOC	98,25%	1,75%
TAP	kg SO2-Eq	98,69%	1,31%
TETP	kg 1,4-DC	93,13%	6,87%
ULOP	m2a	87,34%	12,66%
WDP	m3	99,76%	0,24%



5. ábra: Környezeti hatások aránya, magyar PP ételszállító doboz

Táblázat 18: Környezeti hatások aránya, német PLA ételszállító doboz

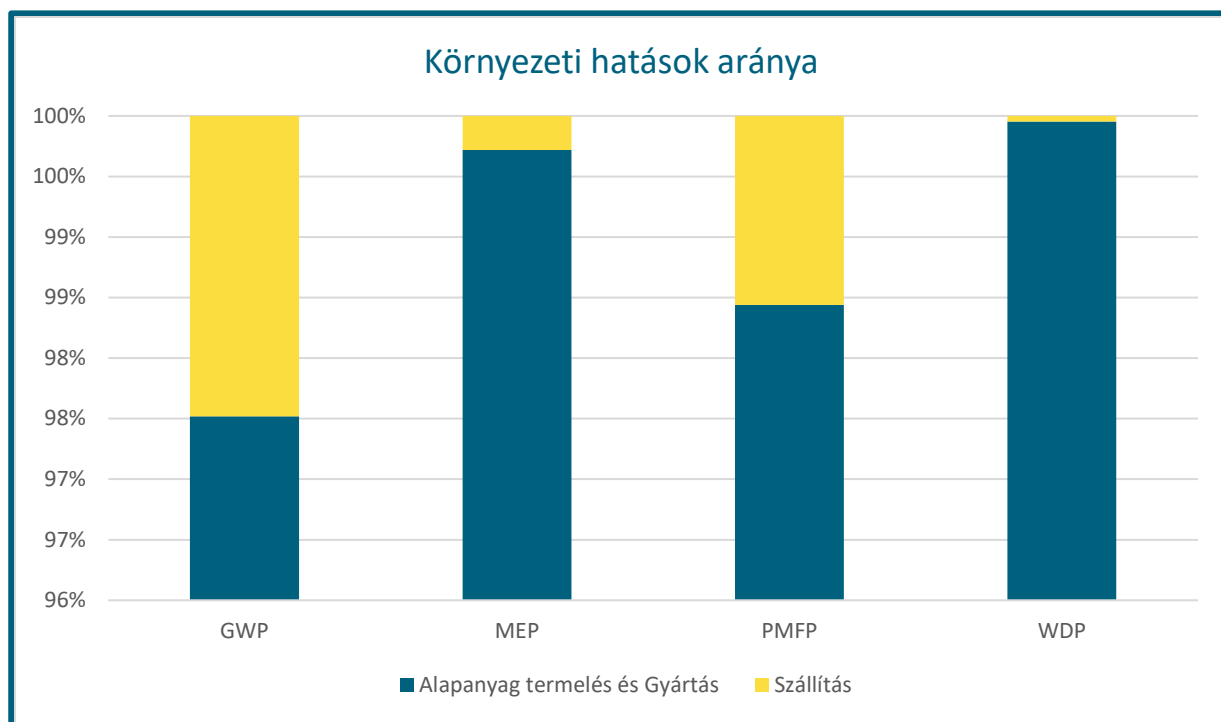
Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás
GWP	kg CO2-Eq	91,52%	8,48%
MEP	kg N-Eq	99,04%	0,96%
PMFP	kg PM10-Eq	95,30%	4,70%
WDP	m3	99,36%	0,64%



6. ábra: Környezeti hatások aránya, német PLA ételszállító doboz

Táblázat 19: Környezeti hatások aránya, magyar PLA ételszállító doboz

Paraméter	Mértékegység	Alapanyag termelés és Gyártás	Szállítás
GWP	kg CO2-Eq	97,52%	2,48%
MEP	kg N-Eq	99,72%	0,28%
PMFP	kg PM10-Eq	98,44%	1,56%
WDP	m3	99,95%	0,05%



7. ábra: Környezeti hatások aránya, magyar PLA ételszállító doboz

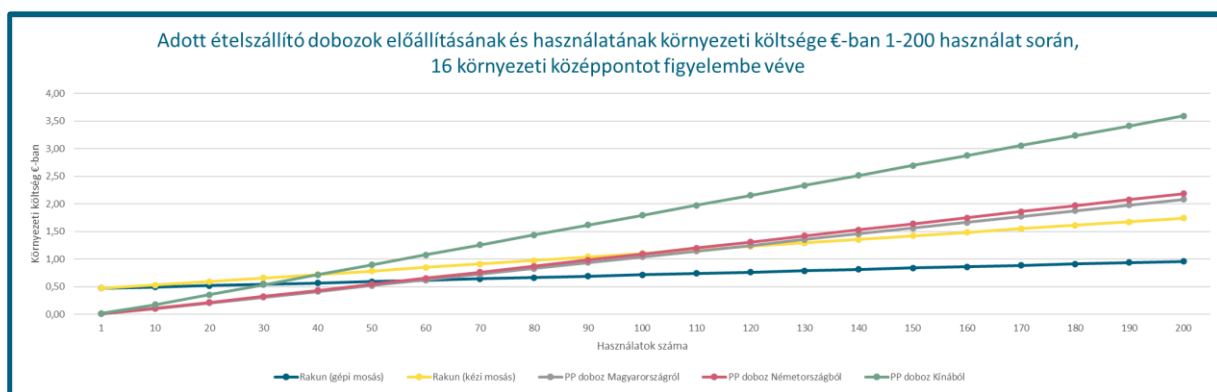
A Rakun ételszállító doboz (gépi és kézi mosással) esetében mind a grafikonok, mind a táblázatok egyértelműen azt mutatják, hogy a hatáskategóriák nagy részéért az alapanyag előállítási és gyártási folyamatok (50-99% a gépi mosás, illetve 29-99% a kézi mosás esetében) felelősek. A szállítás hatása mérsékelt, öt kategóriában (MEP, NLTP, ODP, POFP, TAP) van 10% felett, de a többi területen csekély. A mosási tevékenységek mind a gépi, mind a kézi mosás esetén minimális hatást gyakorol (5% alatt az összes kategóriában), kivéve a TETP területen, ahol a gépi majdnem 50%, míg a kézi mosás több, mint 70%-os hatással bír; emellett a kézi mosásnak közepes hatása van a WDP kategóriában 21,84%-kal. Mindazonáltal jól látható, hogy az acélgyártás milyen romboló hatásokat hagy maga után a környezetre nézve, ami leginkább a gyártási folyamat olvasztási lépéséből származik.

Természetesen minél messzebből érkezik az ételszállító doboz, annál nagyobb hatással lesz a szállítás a végeredményre. Így a kínai PP ételszállító doboz szállítási hatása nyolc, a német PP ételszállító doboz szállítási hatása hat, míg a magyar PP ételszállító doboz szállítási hatása egy kategóriában van 10%. Ami a PLA ételszállító dobozokat illeti, mind a német, mind a magyar ételszállító dobozok szállítási hatása minden kategóriában 10% alatt van.

A jelen LCA-tanulmány fő célja azonban az, hogy összehasonlítsa a különböző ételszállító dobozok környezeti teljesítményét. Az eredmények alapján jól látszik, hogy egy Rakun ételszállító doboz előállítása sokkal magasabb környezeti kárral jár, mint a PP és PLA ételszállító dobozok gyártása. Másrészt viszont egy Rakun ételszállító doboz sokszor kimosható, újrahasználatos, míg a PP és PLA ételszállító dobozok egy használat után nem használhatók újra, így újakat kell gyártani minden egyes használat esetén. Az újrahasználatos (Rakun) és a nem újrahasználatos (PP és PLA) ételszállító dobozok összehasonlítása érdekében az „átmeneti pont” fogalmát alkalmazzuk. Az átmeneti pont az a pont, ahol egy rendszer elkezd jobban teljesíteni, mint az a rendszer, amellyel

összehasonlítják²⁷, miközben egy közös változó módosul. Jelen LCA-tanulmányban a közös változó a használatok száma, amelyek után a Rakun ételszállító doboz kimosásra kerül, míg a PP és PLA dobozok használata esetén minden alkalommal új gyártásra kerül sor. Más szóval a tanulmányban a változó az, hogy hányszor kell a Rakun ételszállító dobozt újra felhasználni ahhoz, hogy az egyszer használatos PP és PLA dobozok hatásait kiegyenlítsék.

Az első számítás (Rakun és PP ételszállító dobozok; végeredménye alább, 8. ábrán található) összesített életciklus elemzése eredménye fenntarthatósági számvittel kiegészítve alább található. A fent említettek szerint 16 környezeti középpontot vettünk figyelembe és rendeltük hozzájuk környezeti költségeiket. **Az eredmény alapján látható, hogy a Rakun ételszállító dobozok gépi mosása esetén 30, míg kézi mosás esetén 40 használat után kiegyenlítődnek a környezetre mért károk a Kínából származó PP dobozok ellenében.** A magyar, illetve német PP ételszállító dobozok összehasonlítása esetében 60-110-szer kell újrahasználni egy Rakun ételszállító dobozt, hogy a környezetre mért károk kiegyenlítődjenek.



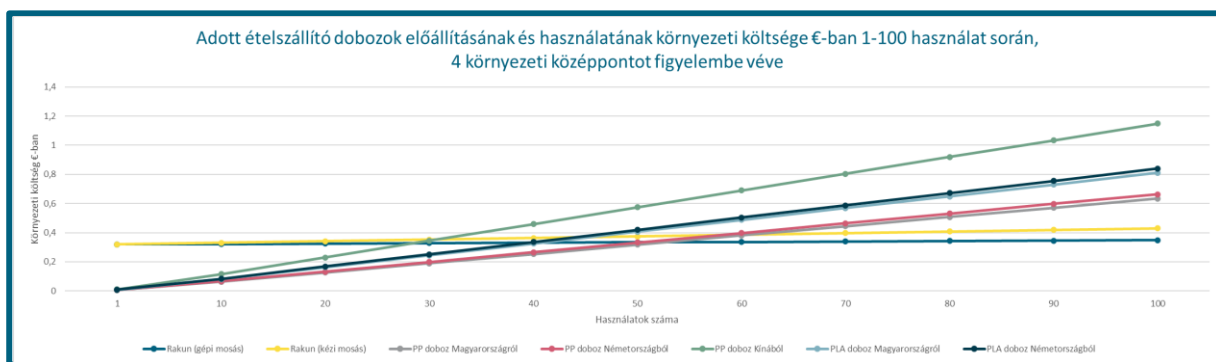
8. ábra: Adott ételszállító dobozok környezeti költsége €-ban 1-200 használat során, 16 környezeti középpontot figyelembe véve

Táblázat 20: Hányadik használatkor lesz jobb a Rakun dobozok környezeti teljesítménye PP dobozokkal szemben, 16 környezeti középpontot figyelembe véve

	Rakun (gépi mosás)	Rakun (kézi mosás)
PP doboz (magyar)	60	116
PP doboz (német)	56	103
PP doboz (kínai)	31	41

A második számítás során a Rakun ételszállító dobozok kerültek összehasonlításra PP és PLA dobozok a fent említett négy környezeti középpontot figyelembe véve. Az 9-es ábrán jól látható, hogy amikor a globális felmelegedés, tengeri eutrofizáció, porszemcsék képződése, és vízkészletcsökkenés környezeti középpontokat vizsgáljuk, a fenntarthatósági számvitel azt mutatja, hogy a Rakun ételszállító doboz gépi mosással már kevesebb, mint 30 használat után kiegyenlíti a környezetre gyakorolt károkat a Kínából érkező PP ételszállító dobozzal szemben, míg az átmeneti pont 55 alatt van a magyar és német PP és PLA dobozokkal szemben is. A Rakun ételszállító doboz kézi mosása is jobban teljesít ezen a számításon mivel a kínai PP dobozt kiegyenlíti kevesebb, mint 35 használat során és az összes többi dobozzal szemben is jobban teljesít legfeljebb 65 újrahasználat alatt.

²⁷ Forrás: Ligthart, T. N., & Ansems, A. M. M. (2007). Single use cups or reusable (coffee) drinking systems: an environmental comparison. TNO, Apeldoorn.

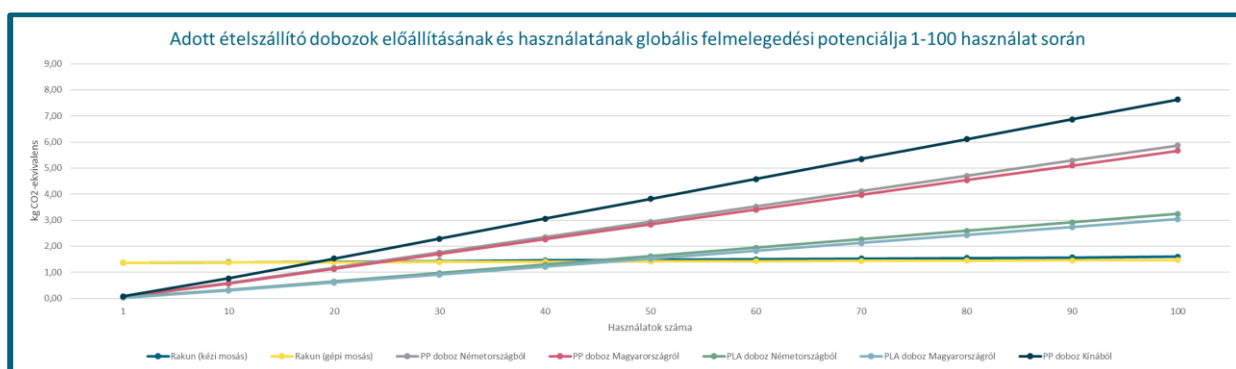


9. ábra: Adott ételszállító dobozok környezeti költsége €-ban 1-100 használat során, 4 környezeti közép pontot figyelembe véve

Táblázat 21: Hányadik használatkor lesz jobb a Rakun dobozok környezeti teljesítménye PP dobozokkal szemben, 4 környezeti közép pontot figyelembe véve

	Rakun (gépi mosás)	Rakun (kézi mosás)
PP doboz (magyar)	60	116
PP doboz (német)	56	103
PP doboz (kínai)	31	41
PLA doboz (magyar)	41	46
PLA doboz (német)	40	44

Utolsóként a talán legfontosabb 10. ábra alább található, amely egy adott ételszállító doboz globális felmelegedésre mért hatását mutatja be 1-100 használat során. Mind a kézi, mind a gépi mosással történő újrahasználat esetén a Rakun ételszállító doboz kisebb hatással van a globális felmelegedésre már kevesebb, mint 20 használat során a kínai PP dobozok ellenében, így viszonylag hamar kiegyenlítve a kezdeti magasabb kibocsátását. A magyar és német PP ételszállító dobozoknál is már 25, míg a PLA dobozokkal szemben nagyjából 45-50 használat után jobban teljesít a Rakun doboza CO₂-ekvivalens kibocsátást tekintve. A PLA dobozok jobb teljesítménye a PP dobozokkal szemben annak tudható be, hogy az érték kiindulópontja a növekvő cukornád által a légkörből felvett CO₂ volt Morão és de Bie 2019-es tanulmányában.



10. ábra: Adott ételszállító dobozok előállításának és használatának globális felmelegedési potenciálja 1-100 használat során

Táblázat 22: Hányadik használatkor lesz kevesebb a Rakun dobozok CO₂-ekvivalens kibocsátása PP és PLA dobozokkal szemben

	Rakun (gépi mosás)	Rakun (kézi mosás)
PP doboz (magyar)	25	26
PP doboz (német)	24	25
PP doboz (kínai)	19	19
PLA doboz (magyar)	47	49
PLA doboz (német)	44	46

Rövidítések

ALOP	Agricultural land occupation (Mezőgazdasági területfoglalás)
FEP	Freshwater eutrophication potential (Édesvízi eutrofizáció)
FETP	Freshwater ecotoxicity potential (Édesvízi ökototoxicitás)
GWP	Global warming potential (Globális felmelegedés)
HTP	Human toxicity potential (Emberi toxicitás)
IRP	Ionizing radiation potential (Ionizáló sugárzás)
LCA	Lifecycle assessment (Életciklus elemzés)
MEP	Marine eutrophication potential (Tengeri eutrofizáció)
METP	Marine ecotoxicity potential (Tengeri ökototoxicitás)
NLTP	Natural land transformation potential (Természetes talajátalakulás)
ODP	Ozone depletion potential (Ózonkimerülés)
PLA	Polylactic acid (Politejsav)
PMFP	Particulate matter formation potential (Részecskéképződés)
POFP	Photochemical oxidant formation potential (Fotokémiai oxidánsok képződése)
PP	Polypropylene (Polipropilén)
TAP	Terrestrial acidification potential (Földi savasodás)
TETP	Terrestrial ecotoxicity potential (Földi ökototoxicitás)
ULOP	Urban land occupation potential (Városi területfoglalás)
WDP	Water depletion potential (Víz kimerülés)

Az Ön megbízható tanácsadója Közép- és Kelet-Európában

- **1993** óta sikeres
- **100** elkötelezett szakértő
- **7 Iroda Európa szerte** Közép- és Kelet-Európában
- Nemzetközi **hálózat:** Inogen® Environmental Alliance
- **Stabil** ügyfélkör



Környezetvédelmi, munkavédelmi informatikai megoldások



Vállalatirányítási rendszerek, jogszabályi megfelelés



Fenntarthatósági stratégia és jelentések, karbonlábnyom



Környezetvédelmi tervezés, hatásvizsgálatok, IPPC, szennyezettség vizsgálata



Adás-vételhez kapcsolódó környezetvédelmi átvilágítások (due diligence)



Fenntartható épületek (BREEAM, LEED) és városfejlesztés

Kapcsolat

denkstatt Hungary Kft
H-1037, Budapest, Seregély u.6.
Tel.: +36 1 239 1206
Email: denkstatt@denkstatt.hu www.denkstatt.eu

