

Sažetak

Kolika je kružnost PET ambalaže?

Izvješće o kružnosti PET boca, Europa kao studija slučaja

veljača 2022



1.0 Uvod

Polietilen tereftalat (PET) je polimer koji se intenzivno koristi u ambalaži za jednokratnu upotrebu, kao i u proizvodnji tekstila (poliesterska vlakna). Na potpuno kružnom ekonomskom modelu, svi PET proizvodi bili bi izrađeni od recikliranog PET-a (rPET), a ne bi bilo potrebe za djevičanskim PET-om (vPET). U ovom izvješću postavljaju se pitanja koliki je udio PET-a stavljenog na tržište (POM) danas unutar kružnog modela proizvodnje – i koliko je neobrađenog PET-a (vPET) potrebno kao udio u ukupno proizvedenoj količini PET materijala – kako bi se odgovorilo na pitanje “koliko je PET ambalaža kružna?”.

Osim procjene trenutne kružnosti, također procjenjujemo potencijalnu kružnost i njene gornje granice u budućnosti, uključujući samo tehnike mehaničkog recikliranja. Zatim razmatramo daljnji potencijal za kružnost ako bi se u budućnosti koristile i tehnike kemijskog recikliranja i ako bi se povećao raspon PET proizvoda koji se recikliraju. Naše detaljne procjene kružnosti PET-a koriste podatke za Europu, ali slične teme i zaključci vrijede i globalno. Ovo izvješće razmatra kružnost PET-a kroz tri proizvodna opsega:



PET boce



sva PET ambalaža
(uključujući ostalu PET ambalažu,
npr. pladnjeve i trake)



opći PET tok
(dodavanje tekstila/vlakana
za proizvodnju)

2.0 Trenutna kružnost

Većinom se PET trenutno ne nalazi u kružnom modelu jer se u svim fazama životnog ciklusa PET-a gubi materijal. Ima nekoliko potencijalnih ograničenja koja utječu na trenutnu kružnost PET-a:

Ključni problemi

- **Neučinkoviti sustavi prikupljanja koji dovode do velikih gubitaka PET-a nakon potrošnje.**
- **Nedostatak reciklažera što znači da se dio prikupljenog materijala ne može ponovno obraditi.**
- **Nečistoće u prikupljanju i sortiranju.**
- **Dizajn proizvoda i kvaliteta materijala, uključujući PET u boji i sa više materijala primjene kao i standardi za hranu za rPET.**
- **rPET ekonomija, tj. tržišna stopa rPET-a u usporedbi s vPET-om o kojem ovisi mnogi pokretači uključujući potražnju na krajnjim tržištima.**



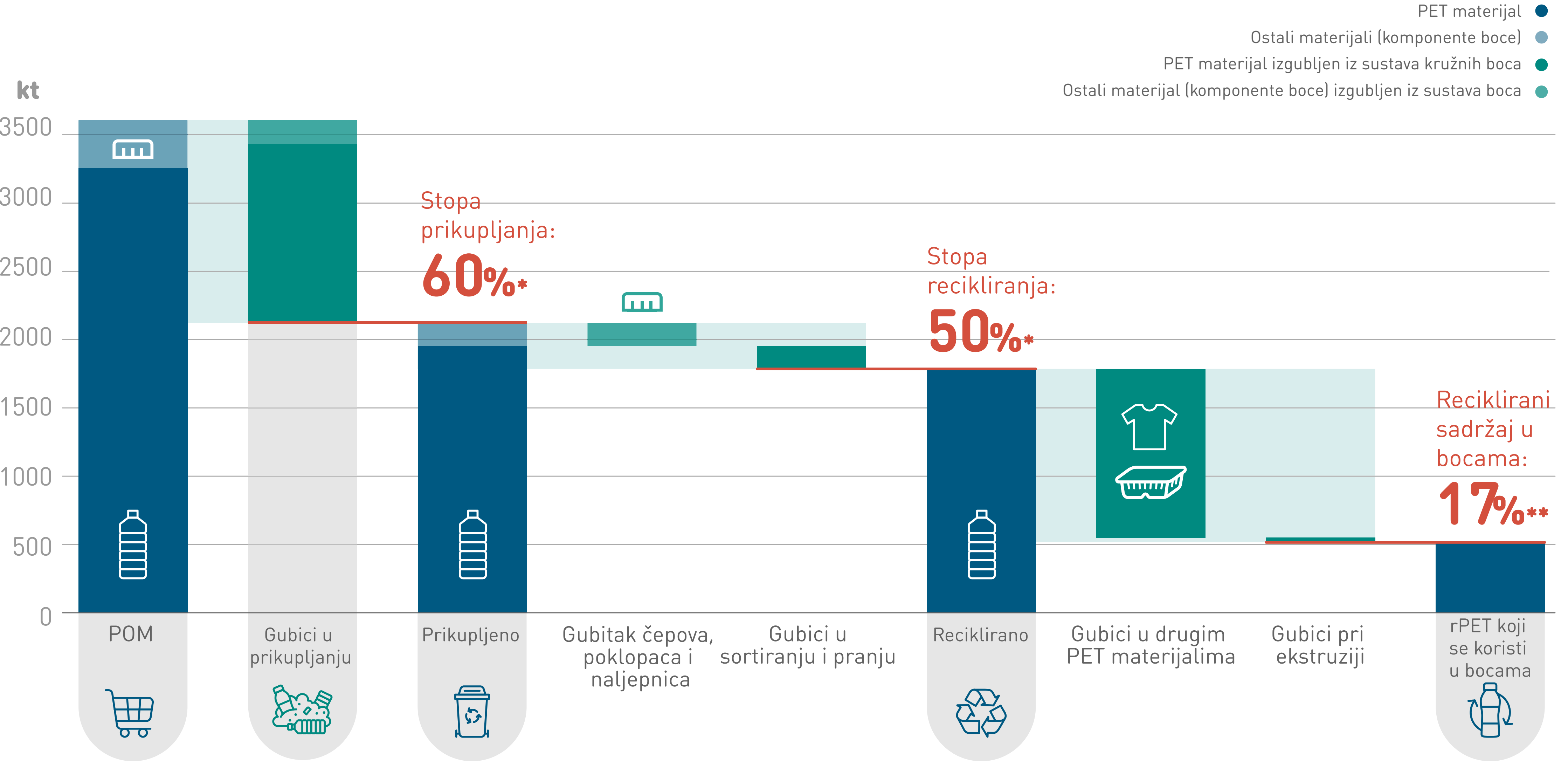
Model kružnosti PET-a mnogo je složeniji od jednog pojedinačnog kružnog modela primjene PET-a. Zapravo, postoji mnogo različitih PET proizvoda s različitim zahtjevima proizvodnje reciklirane PET (rPET) sirovine. Tehnički i ekonomski je izazovnije ispuniti zahtjeve za kvalitetu proizvodnje od rPET-a nego od djevičanskog PET-a. rPET može prelaziti s jednog toka proizvoda na drugi, obično s više kvalitete na nižu. Nakon prelaska, malo je vjerojatno da će se vratiti na višu kvalitetu te u nekim slučajevima rPET može na taj način i izaći iz kružnog sustava recikliranja.

2.1 PET boce

Od cijele obitelji PET-a, recikliranje boca ima najrazvijeniju tehnologiju i infrastrukturu. Diljem Europe sheme prikupljanja PET boca razlikuju se. Neke zemlje postižu visoke stope recikliranja uz sheme povratne naknade za piće (DRS), dok druge zemlje i regije postižu niže stope recikliranja sa shemama odvojenog prikupljanja. Procjenjujemo da PET boce imaju stopu recikliranja od oko 50% (izračunato korištenjem težine PET materijala u fazi nakon pranja u odnosu na težinu PET boca (uključujući poklopce i naljepnice) stavljenih na tržište). rPET korišten u proizvodnji boca ima visoke sveukupne kriterije kvalitete i mora proizaći iz boce. Procjenjuje se da se boce stavljene na tržište (POM) sastoje od prosječno 17%⁽¹⁾ rPET-a, s preostalim rPET-om prebačenim u drugi, niži stupanj proizvodne primjene. Stoga se smatra gubitkom iz kružnog toka boce.



Figure E-1
Collection and recycling of PET bottles – current state



2.2 Opći PET tok

Dok boce čine najveći udio u PET ambalaži, PET se koristi i u drugim materijalima, kao što su vlakna, proizvodnja pladnjeva za jednokratnu uporabu, filmovi i remenje. U Europi ne postoji standardizirano prikupljanje i razvrstavanje PET materijala koji nisu u obliku boca.

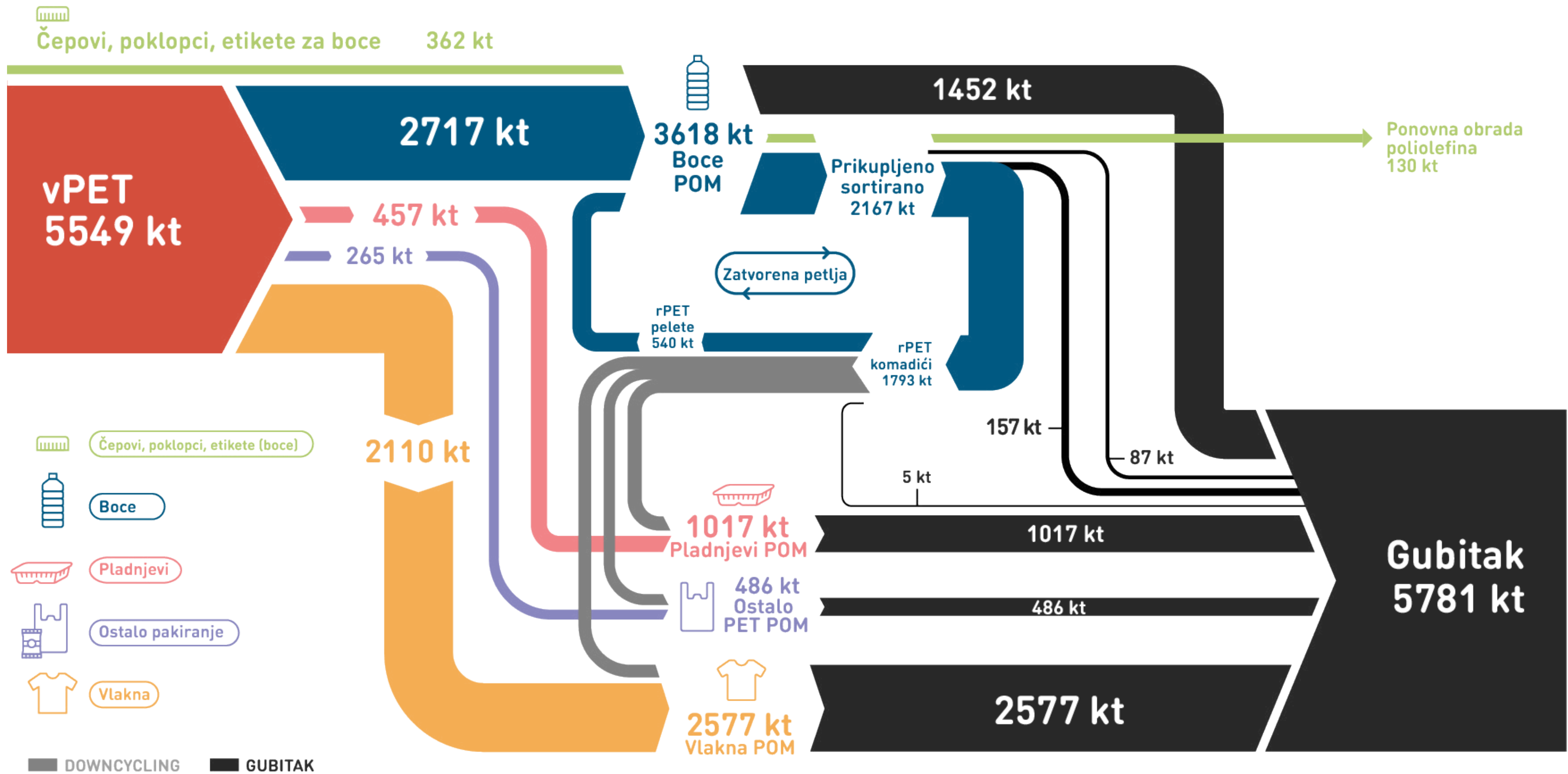
Nedostatak odgovarajućih tehnologija za sortiranje i recikliranje, kao i dizajn materijala čini ih trenutno teškim za recikliranje. Iako se recikliranje pladnjeva i filma događa u malom opsegu, količina je zanemariva u shemi trenutnog opsega proizvodnje PET ambalaže. Dakle, samo recikliranje boca je razmatrano ovom u trenutnom scenariju.

Pladnjevi koriste otprilike jednu trećinu (31%) ukupnog rPET-a dobivenog recikliranjem boca. Ukupno, PET ambalaža koristi 74% rPET-a dobivenog iz boca. Iako to znači da rPET koji nastaje od boca nalazi primjenu u novim proizvodima za pakiranje, nedostatak velikih razmjera recikliranja za bilo što osim za boce znači da je na kraju riječ o gubitku iz kružnosti PET ambalaže.

Otprilike 14% svjetskog tržišta poliestera je reciklirani poliester, a većina se proizvodi od PET boca.^[2] Prozirni/svijetloplavi materijal za boce obično je najpoželjniji za proizvodnju tekstila, jer se time proizvode vlakna sa smanjenom diskoloracijom. Iako vlakna mogu imati reciklirani sadržaj (rPET iz boca), nisu poznati trenutni tržišni procesi recikliranja vlakana nakon potrošnje. Stoga, slično kao što se vidi i u drugim PET materijalima koji nisu boce, masa PET-a koji se koristi u vlaknima će završiti kao gubitak iz kružnog sustava.



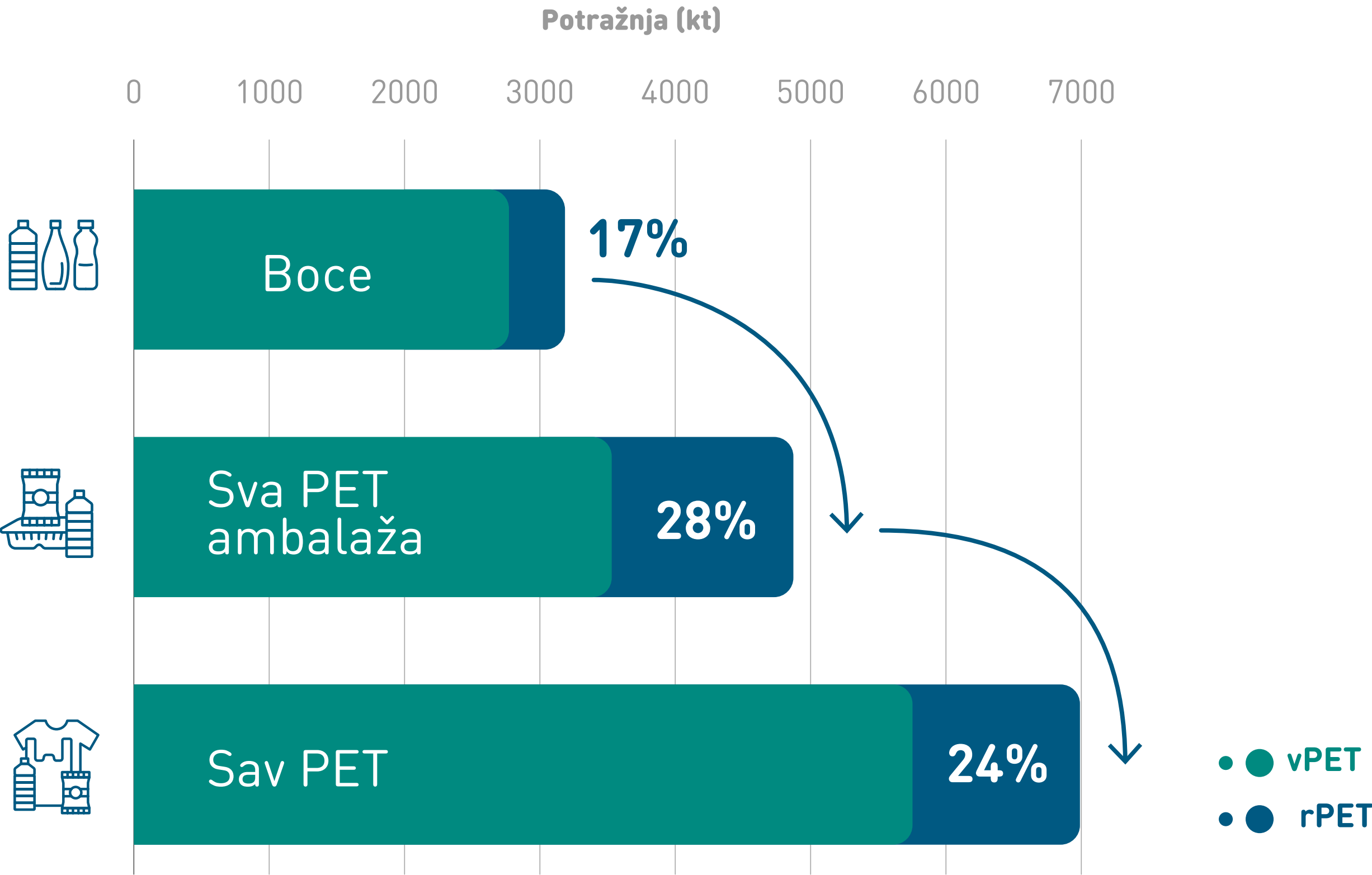
Slika E-2: Maseni tokovi PET - trenutno stanje



Slika E-2 prikazuje trenutne masene tokove PET-a za sve primjene PET-a procijenjene u ovom izvješću. To jasno pokazuje da se samo boce recikliraju i da se reciklirani sadržaj za sve tokove proizvoda dobiva iz boca. Od 1,8 mt proizvodnje komadića iz boca, samo 31% se pretvara u pelete za boce, dok se ostatak (69%) kaskadno pretvara u druge proizvode, kao što su pladnjevi, druga ambalaža ili vlakna. Nedostatak recikliranja u nekim tokovima proizvoda dovodi do daljnjih gubitaka iz ukupnog PET sustava.

Slika E-3 također pokazuje nedostatak kružnosti PET-a gledajući reciklirani sadržaj svakog proizvodnog opsega u Europi.

Slika E-3:
Reciklirani sadržaj prema opsegu proizvodnje



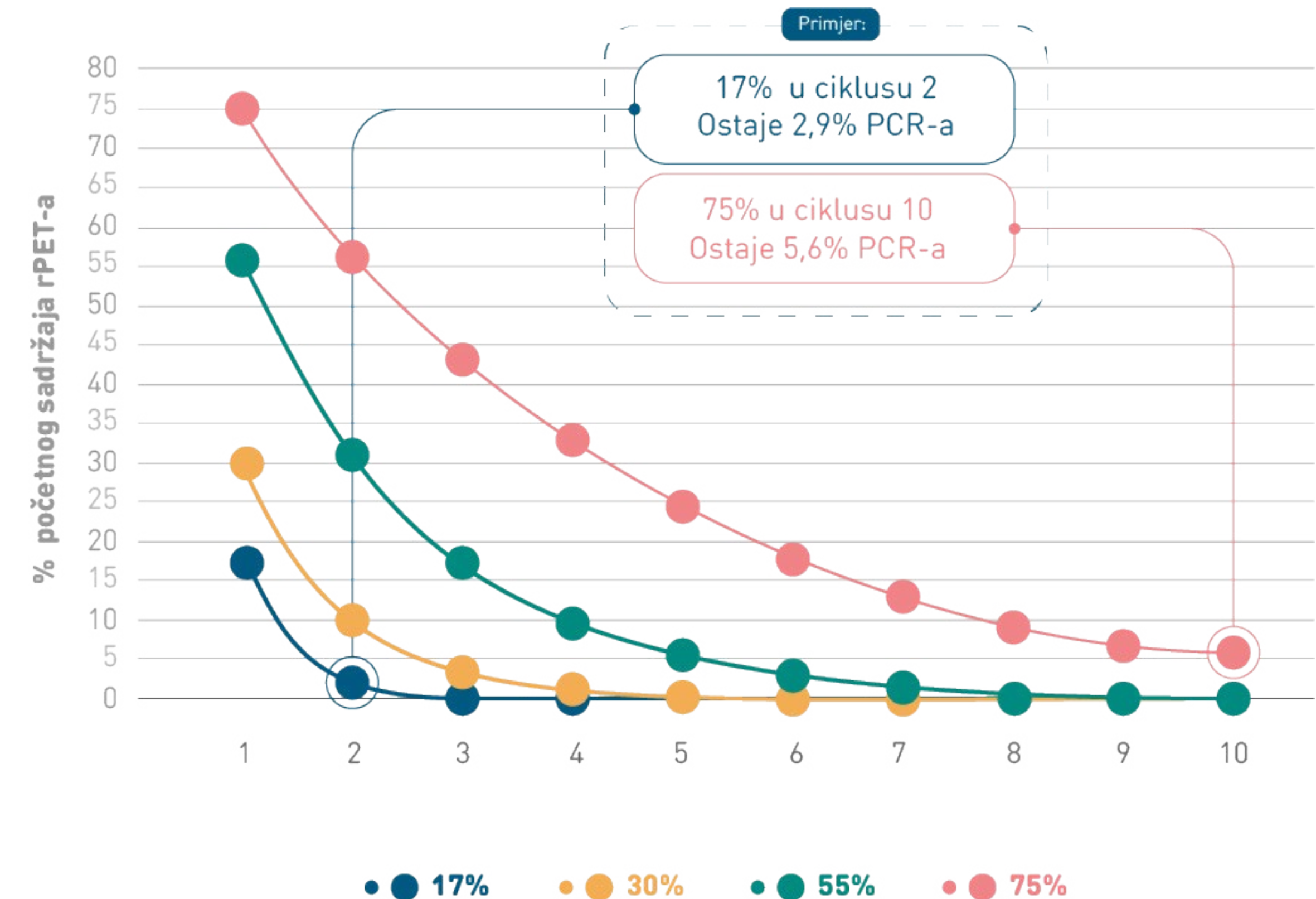
3.0 Gornje granice kružnosti PET-a u budućnosti

Nadolazeće politike potiču povećanje prikupljanja boca, što je vjerojatno ostvarivo jedino kroz uvođenje sustava povratne naknade (DRS) za PET boce za piće. Široko uvođenje DRS-a, zajedno s poboljšanjima u dizajnu boca, također će vjerojatno donijeti neke prednosti u kvaliteti rPET-a dobivenog iz boca.

Petcycle, njemački DRS kružni sustav, pokazuje da se kontinuirana kružnost može postići s 55% rPET sadržaja u bocama (cilj recikliranog sadržaja za EU države članice u posljednjih osam godina). Nedavni rezultati laboratorijskih ispitivanja^[3] pokazuju da se boce mogu napraviti od 75% recikliranog sadržaja u kružnom modelu dodavanjem 25% vPET-a u svakoj fazi proizvodnje, bez značajnog gubitka karakteristika kvalitete boce, osim sive boje u izgledu boce.

Slika E-4:

Dugovječnost rPET sadržaja u PET bocama



Unutar ukupnog europskog tržišta PET boca to znači da boce POM sadrže prosječno 17% rPET-a, što znači da će se samo 17% prenijeti iz prethodnog toka, a PCR sadržaj unutar sustava je brzo smanjen, kao što se vidi na slici E - 4. Uzimajući u obzir nadolazeće promjene politika, na primjeru slučaja Petcycle, kao i rezultata eksperimenta od strane Pinter i sur., možemo vidjeti da je utjecaj na dugovječnost PCR sadržaja u svakom slučaju značajan.

U budućem scenariju će se vjerojatno bocama upravljati na mnogo kružniji način način nego što je trenutno slučaj. Uz visok sadržaj PCR-a (maksimalno 75% u našem primjeru), velika količina rPET komadića je vraćena u boce iste boje, sa kaskadnim smanjenjem od boca do tokova niže vrijednosti. Primjetno je i značajno smanjenje gubitaka iz sustava boca, kako u

smislu otpada tako i rPET-a u druge, niže klase PET primjene, kao što se može vidjeti na slici E - 5.

Zbog nedostatka dostupnosti rPET-a iz prozirnih i svijetloplavih boca, u ovom najboljem scenariju moguće je samo 61% umjesto 75% recikliranog sadržaja u bocama. Uzimajući u obzir tradicionalno mehaničko recikliranje, na tržištu postoje dva moguća scenarija koja se detaljnije razmatraju u ovom izvješću što bi moglo povećati reciklirani sadržaj u bocama:

- 1 Daljnje poboljšanje u stopama prikupljanja (npr. postizanje viših stopa prikupljanja u DRS shemama); i/ili
- 2 Pomak od obojenih i neprozirnih boca do prozirnih boca (to bi zahtijevalo smanjenje oko 91% obojenih i neprozirnih boca).

Nije moguće dostići 75% recikliranog sadržaja samo uz daljnje povećanje prikupljanja kroz DRS sheme, čak i uz pretpostavku da bi sadašnji i budući DRS sustavi postigli trenutnu najvišu stopu prikupljanja (trenutno 97% u Njemačkoj). Stoga bi proizvođači trebali razmotriti promjene unutar dizajna boca, točnije boja koje će koristiti za svoje proizvode. Smanjenje neprozirnih i obojenih boca za piće POM za 91% i povećanje prozirnih i svijetloplavih boca POM bi značilo da se može postići 75% recikliranog sadržaja u bocama.

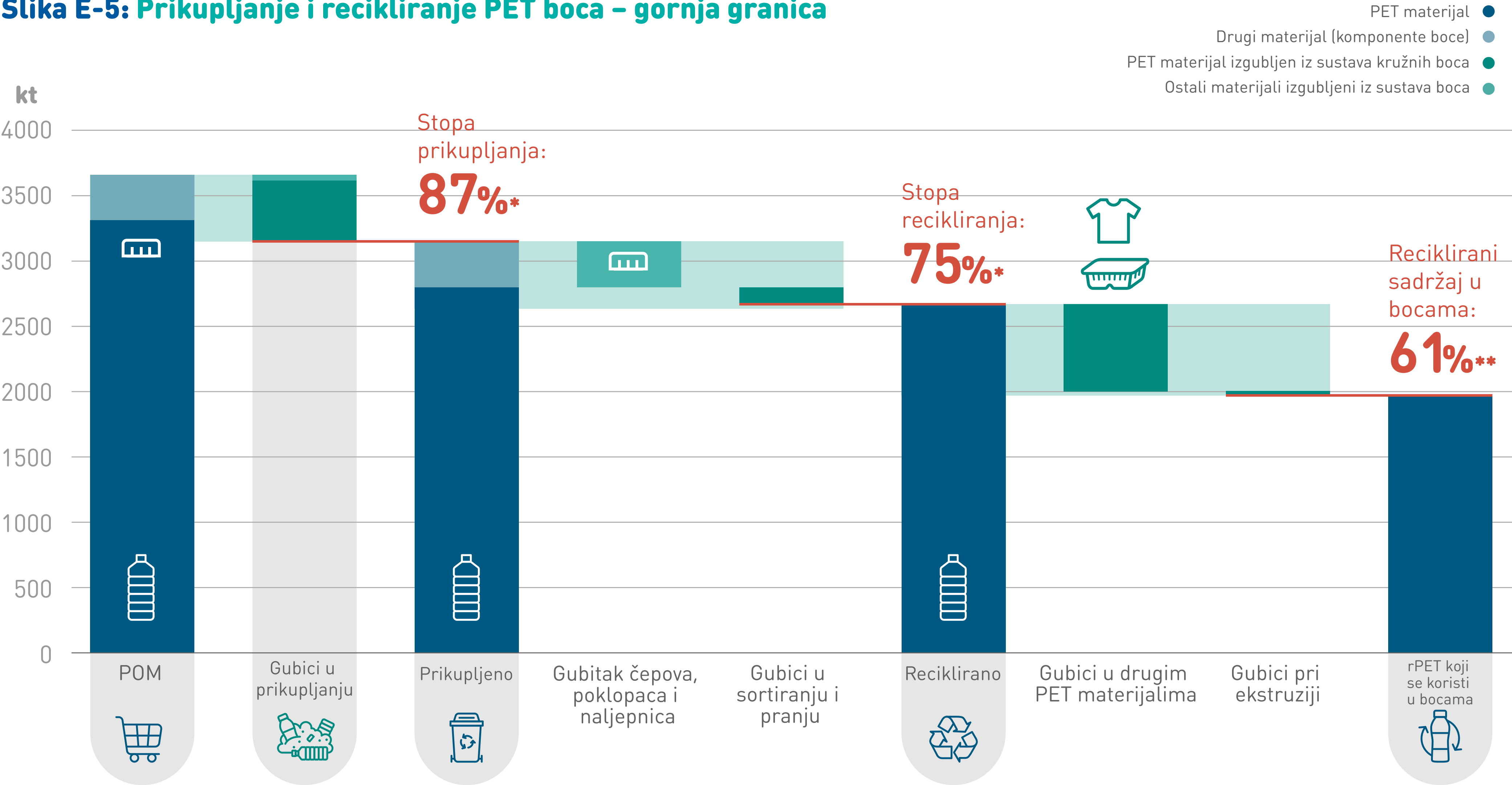
Pored dva razmatrana scenarija za mehaničko recikliranje postoji potencijal za tehnologije kemijskog recikliranja, kao npr. kemijska depolimerizacija, što bi pridonijelo kružnosti PET-a i postizanju 75% recikliranog sadržaja u svim bocama. Ova

industrija još nije sazrila, a nije u potpunosti poznat ni njen potencijal, ali se čini da postoji planirani kapacitet od približno 350ktpa do 2025⁽⁴⁾, što bi moglo biti dovoljno za postizanje 75% recikliranog sadržaja u bocama, ako to dozvole regulative vezane za hranu.



* Na temelju ukupne tonaže boca POM
** Na temelju PET tonaže POM

Slika E-5: Prikupljanje i recikliranje PET boca – gornja granica

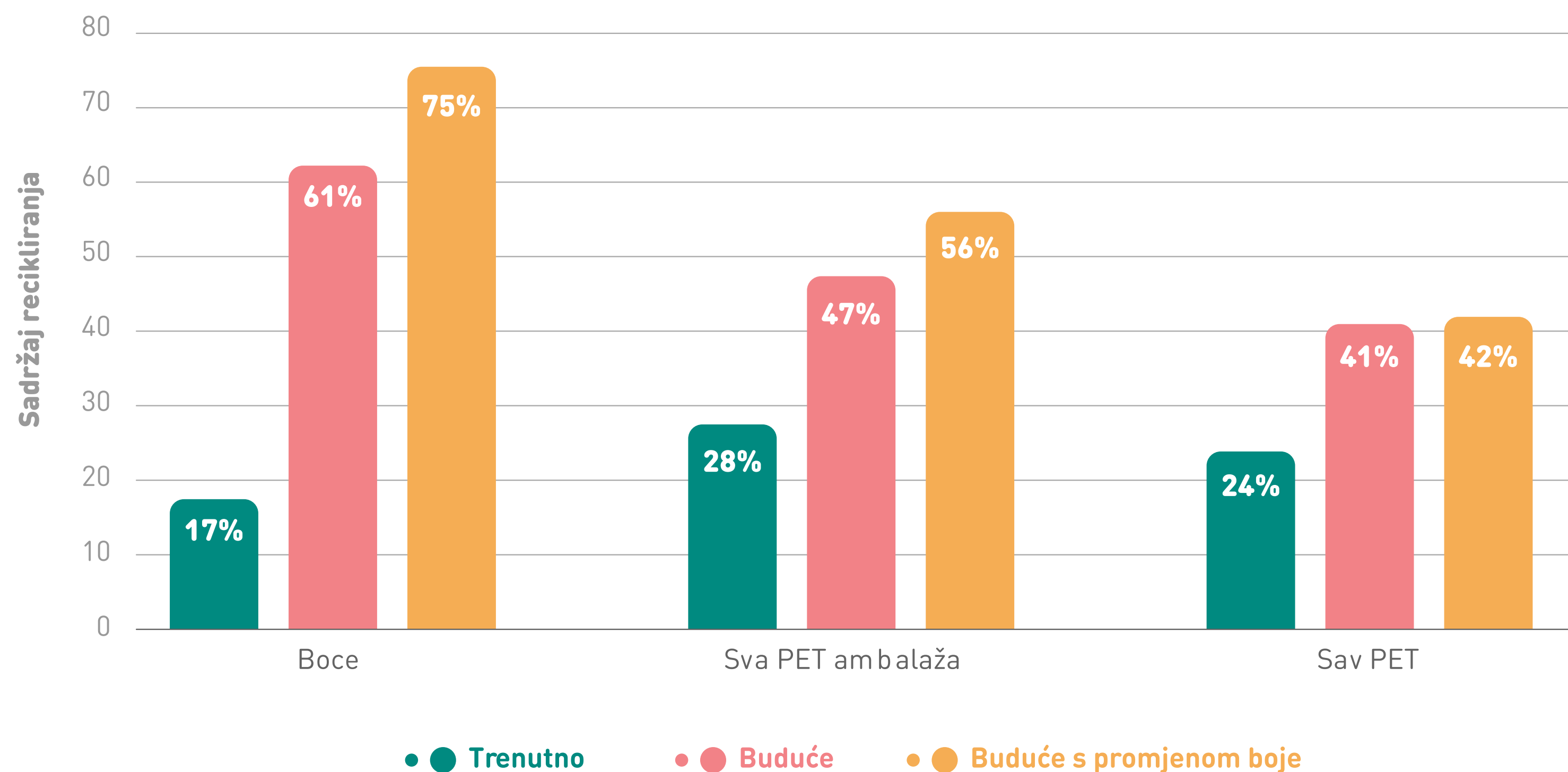


Procjenjujemo da bismo u budućnosti mogli vidjeti povećanje gornje granice recikliranja iz boca u boce s udjelom recikliranog materijala između 61% i 75% i više, sa trenutnih 17%. To je, međutim, pod pretpostavkom davanja prioriteta zatvorenoj petlji recikliranja (tj. korištenja rPET-a iz boca u bocama za razliku od drugih PET materijala) kako bi se osigurala maksimalna kružnost. Realnije, na temelju tržišnih uvjeta, procjenjujemo

da će buduća upotreba recikliranog sadržaja u bocama biti negdje između minimuma politika vođenih ciljem od 30% i gornje moguće granice od 75%. Prilikom razmatranja utjecaja promjena na svu PET ambalažu, možemo vidjeti povećanje udjela recikliranog materijala s 28% na 47% do 56%. Za sve primjene PET-a, sadržaj recikliranog materijala u budućnosti će se sa trenutačnih 24% popesti na gornju granicu od 41% do 42%.

Slika E-6

Reciklirani sadržaj prema opsegu proizvodnje



To će se dogoditi samo uz...

- Davanje prioriteta zatvorenom krugu recikliranja iz boce u bocu, umjesto korištenja rPET-a iz boca u drugim PET materijalima;
- Povećanje korištenja shema povratne naknade (DRS), što će poboljšati količinu i kvalitetu prikupljenog materijala; i/ili
- Prelazak s obojenog i neprozirnog PET-a na prozirni PET.

4.0 Povećanje kružnosti PET materijala koji nisu



Zbog povećane potražnje za rPET-om u bocama smanjena je dostupnost rPET-a za drugu PET ambalažu. S obzirom na trenutni nedostatak održivih metoda recikliranja PET-a u velikim razmjerima, proizvođači će zahtijevati povećanje količine sirovog materijala za zadovoljavanje potražnje. U tijeku je rad na opcijama. PETCORE Europe osnovao je Radnu skupinu za recikliranje PET termoforma 2015. PET film je prikladan za mehaničko recikliranje jer može zadržati svoja fizička i optička svojstva tijekom ciklusa ekstruzije. Međutim, malo se zna o trenutnom opsegu recikliranja filma. Pretpostavlja se da su količine male i u najboljem slučaju na eksperimentalnoj razini, a sirovine bi zahtijevale da budu iz čistih, monomaterijalnih izvora.

Postoje dva glavna puta za mehaničko recikliranje (izravno iz vlakna u vlakno i ekstruzijom taline) i jedan oblik fizičke reciklaže (pročišćavanje otapalom) PET vlakana, koji su se primijenili na eksperimentalnoj razini.

Posljednjih godina proizvođači, reciklažeri i kreatori politika pokazali su interes u

razvoju tehnologije kemijske reciklaže kao komplementarnog mehanizma uz mehaničko recikliranje plastike.^[5] Od posebnog je interesa za PET industrijukemijska depolimerizacija (često se spominje kao recikliranje monomera), kategorija recikliranja kojom se polimerni lanci razgrađuju pomoću kemikalija. Kada dođe do depolimerizacije, monomeri se izvlače iz reakcijske smjese i pročišćavaju kako bi se dobio monomer djevičanske kvalitete koji se može koristiti izravno u proizvodnji polimera.

Depolimerizacija i repolimerizacija imaju potencijal za rješavanje nekih od ograničenja kružnosti navedenih u ovom izvješću jer se na ovaj način mogu proizvesti monomeri iz "nižih" PET ciklusa (npr. obojena ambalaža i materijal koji nije u kontaktu s hranom) za upotrebu u "višim" PET ciklusima (npr. prozirne boce za piće) ako to dopuštaju propisi o kontaktu s hranom.

Međutim, u Europi je ovo još uvijek novo tržište. Postoje primjeri tvrtki s pilot/ demonstracijskim postrojenjima, a industrija depolimerizacije izvještava da je u procesu jačanja kapaciteta i izgradnji komercijalnih tvornica. Trenutno se procjenjuje da će ulazni kapacitet od 68 ktpa biti dostupan od dobavljača tehnologije kemijske depolimerizacije koji su pokazali da su na operativnoj razini. Taj će kapacitet vjerojatno doseći 350 tona godišnje do 2025.^[6] Međutim, učinak i troškovi ovih procesa još nisu jasni. Informacije o prinosima monomera iako ti procesi, koji na prvi pogled izgledaju obećavajuće, obično se nalaze samo u tehnološkim patentima ili marketinškim materijalima. Daju se minimalne popratne informacije o metodi izračuna (npr. materijali koji se razmatraju u izračunu prinosa), za razliku od detaljnih masovnih tokova materijala na razini postrojenja. Ostaje nejasan utjecaj na prinos, kada se uzmu u obzir čimbenici kao što su sortiranje, prerada i pročišćavanje.

Trenutno još uvijek postoji značajna neizvjesnost oko dugoročnog potencijala tehnologija kemijske depolimerizacije s financijske i ekološke perspektive. Također je važno napomenuti da obično postoji malo informacija o tome u kojoj se mjeri može tolerirati kontaminacija. Međutim, mnoge od ovih tehnologija zahtijevaju značajne unose kemikalija i energije^[7] te isto tako čiste i homogene tokove otpada, kao i mehaničko recikliranje, što rezultira općenito sličnim troškovima i utjecajima u fazama prikupljanja, sortiranja i pripreme materijala. Kao takva, ova se studija usredotočuje na optimizaciju mehaničkog recikliranja korištenjem tehnika koje su dobro dokazane i uspostavljene u komercijalnim razmjerima, ali priznaje da bi budućnost, uključujući kemijsku depolimerizaciju, mogla donijeti daljnja poboljšanja u kružnosti PET-a.

Notes

1) Natural Mineral Waters Europe, Petcore Europe, Plastic Recyclers Europe, and Unesda (2022) PET Market in Europe: State of Play 2022, Siječanj 2022

2) Textile Exchange (2020) Preferred Fibre & Materials Market Report 2020

3) Pinter, E., Welle, F., Mayrhofer, E., et al. (2021) Circularity Study on PET Bottle-To-Bottle Recycling, Sustainability, Vol.13, No.7370

4) Natural Mineral Waters Europe, Petcore Europe, Plastic Recyclers Europe, and Unesda (2022) PET Market in Europe: State of Play 2022, Siječanj 2022 2022

5) Crippa, M., De Wilde, B., Koopmans, R., et al. (2019) A circular economy for plastics – Insights from research and innovation to inform policy and funding decisions

6) Natural Mineral Waters Europe, Petcore Europe, Plastic Recyclers Europe, and Unesda (2022) PET Market in Europe: State of Play 2022, Siječanj 2022

7) Hann, S., and Connock, T. Chemical Recycling: State of Play (2020)

Kolika je kružnost PET ambalaže?

Andy Grant
Vera Lahme
Toby Connock
Leyla Lugal