



**-Vodič za održivu
industrijsku
proizvodnju
nezasićenih
poliestarskih smola
iz bio-obnovljivih
izvora-**

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Fonda za nauku Republike Srbije, #GRANT br. 6793, naziv projekta – Step2PolyGreen.



1. Uvod

Korišćenje materijala na bazi sirovina dobijenih iz bio-obnovljivih izvora, kao što su nezasićene poliestarske smole (NPS), postaje sve važnije u težnji ka održivoj industrijskoj praksi. Ovaj vodič pruža sveobuhvatan pregled sprovođenja procene životnog ciklusa (PŽC) i tehno-ekonomske analize (TEA) za industrijsku proizvodnju NPS. Integriranjem procene uticaja na životnu sredinu sa analizom ekonomske izvodljivosti, ovaj vodič ima za cilj da pomogne učesnicima u industriji da donesu odluke proistekle iz dobijenih informacija, a u skladu sa održivim rešenjima.

U današnjem globalnom industrijskom okruženju, održivost se pojavila kao najvažniji faktor koja pokreće inovacije i preoblikuje paradigme proizvodnje. U tom kontekstu, materijali na bazi sirovina dobijenih iz bio-obnovljivih izvora, kao što su NPS dobijene iz ovog tipa izvora, privukli su značajnu pažnju zbog potencijala da se njihovom primenom smanji uticaj na životnu sredinu, a da pritom ovi materijali mogu da imaju svojstva potrebna za primenu u mnogim granama industrije. Ovaj industrijski vodič se bavi ključnim metodologijama procene životnog ciklusa (PŽC) i tehno-ekonomske analize (TEA) primenjenih na industrijsku proizvodnju NPS, pružajući sveobuhvatan okvir za evaluaciju kako uticaja na životnu sredinu tako i izvodljivosti njihove proizvodnje sa ekonomskog aspekta tokom celokupnog životnog ciklusa.

1.1. Važnost nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Nezasićene poliestarske smole su materijali koji imaju veliku primenu kao kompozitni materijali i premazi, a imaju veliku ulogu i u raznim drugim industrijskim oblastima. NPS se najčešće dobijaju iz fosilnih goriva, i tranzicija ka njihovom dobijanju iz sirovina na bazi bio-obnovljivih izvora označava ključni pomak ka održivoj proizvodnji: iskorišćavanju bio-obnovljivih sirovina i sprovođenju održivih proizvodnih praksi. Korišćenjem bio-obnovljivih izvora, kao što su poljoprivredni ili bio-otpad, kao sirovina za dobijanje NPS može da doprinese smanjenju emisije štetnih gasova i efekta staklene bašte, kao i smanjenju zavisnosti od resursa čiji je izvor ograničen i podsticanju cirkularne ekonomije.

1.2. Uloga procene životnog ciklusa nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora

Procena životnog ciklusa predstavlja krucijalni alat za kvantifikaciju uticaja celokupnog životnog ciklusa proizvoda, procesa ili usluga na životnu sredinu. Procena životnog ciklusa proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih sirovina predstavlja sveobuhvatu procenu uticaja na živonu sredinu koju različiti delovi životnog ciklusa proizvoda imaju, kao što su nabavka sirovina, proizvodni procesi, upotreba proizvoda i različita predviđanja šta se dešava na kraju životnog veka proizvoda. Ovaj sistematski pristup ne samo da identifikuje tačke životnog ciklusa proizvoda najvećim uticajem, već takođe daje informacije potrebne za donošenje odluka usmerenih ka smanjenju ekološkog otiska i unapređenju održivosti.

1.3. Tehno-ekonomska analiza proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola iz bio-obnovljivih izvora na industrijskom nivou

Pored PŽC, tehno-ekonomska analiza pruža neophodan okvir za procenu ekonomske održivosti i konkurentnosti NPS dobijenih na bazi bio-obnovljivih izvora u industrijskim postrojenjima. Integrišući inženjerske principe sa ekonomskim analizama, TEA procenjuje kapitalne i operativne troškove, prihode, finansijske faktore (kao što su Neto sadašnja vrednost i Interna stopa povrata), identifikuje potencijalne rizike i neizvesnosti. Ova analiza vodi zainteresovane privredne strane u optimizaciji proizvodnih procesa, identifikaciji prilika za smanjenje troškova i strategijskom pozicioniranju NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora na tržištu.

1.4. Ciljevi Vodiča za industrijsku proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola iz bio-obnovljivih izvora

Osnovni cilj ovog Vodiča je da profesionalcima u industriji, istraživačima i ljudima koji se bave definisanjem poslovnih politika u firmama, pruži osnovno znanje i alate potrebne za sprovođenje robustnih studija procene životnog ciklusa i tehno-ekonomske analize proizvodnje NPS iz sirovina na bazi bio-obnovljivih izvora. Kroz istraživanje metodologija, studija slučaja, najboljih praksi i regulatornih razmatranja, ovaj Vodič ima za cilj da olakša donošenje odluka na osnovu dobijenih informacija, a u skladu održivih industrijskih praksi. Takođe, Vodič teži da podstakne dijalog o unapređenju tehnoloških inovacija, promovisanju principa cirkularne ekonomije i promovisanju upotrebe materijala na bazi sirovina iz bio-obnovljivih izvora u raznim industrijskim oblastima.

1.5. Struktura Vodiča za industrijsku proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola iz bio-obnovljivih izvora

Struktura ovog Vodiča je napravljena tako da pruži sveobuhvatan uvid u:

- Osnove metodologije PŽC i TEA.
- Praktične primene PŽC i TEA u proizvodnji nezasićene poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.
- Studije slučaja koje ilustruju primene nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora u realnim uslovima i njihove rezultate.
- Regulative i poslovne politike koje oblikuju sektor materijala na bazi bio-obnovljivih izvora.
- Buduće trendove i inovacije koje pokreću održivost i ekonomsku isplativost proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.

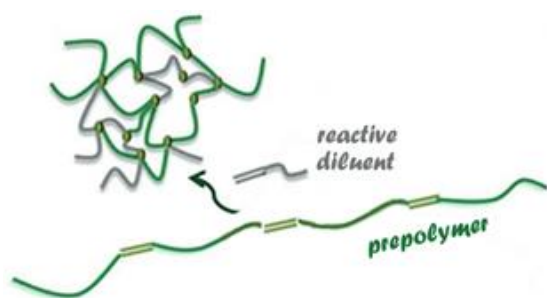
U procesu usmeravanja industrijske proizvodnje ka održivijim praksama širom sveta, integracija PŽC i TEA u proizvodnji nezasićene poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja ključan korak u zaštiti životne sredine i ekonomske isplativosti. Ovaj Vodič

predstavlja dobar izvor osnovnih informacija vezanih za održivu industrijsku proizvodnju i pomoć zainteresovanim privrednim strana da prihvate inovacije, unaprede konkurentnost i doprinesu održivoj budućnosti.

2. Nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora

Ovaj deo Vodiča posvećen je razumevanju termina nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora, njihovih svojstava, primene, prednosti, kao i izazova u njihovoj proizvodnji.

2.1. Definicija, svojstva i primena nezasićenih poliestarskih smola u različitim oblastima industrije



Nezasićene poliestarske smole su termoumrežavajući polimeri koji se dobijaju reakcijom kondenzacije zasićene dvobazne kiseline (ili anhidrida) i nezasićenog diola sa reaktivnim dvostrukim vezama. Ova grupa smola ostaje u tečnom stanju do trenutka očvršćavanja, obično dodavanjem reaktivnog monomera (npr. stirena) i katalizatora, što pokreće polimerizaciju

i umrežavanje i dovodi do formiranja konačnog čvrstog oblika.

Svojstva nezasićenih poliestarskih smola važna za njihovu primenu su:

- **Fleksibilnost:** svojstva NPS se mogu lako prilagoditi različitim proizvodnim procesima i modifikovati kako bi odgovarala različitim vrstama primena izborom aditiva, punila i ojačivača.
- **Mehanička svojstva:** Imaju dobru jačinu, čvrstoću i otpornost na udarce, što je čini pogodnom za strukturne primene.
- **Hemijska otpornost:** NPS su otporne na mnoge hemikalije, što ih čini pogodnim za primene gde je izloženost korozivnim sredstvima velika.
- **Termička stabilnost:** Iako nisu toliko otporne na visoke temperature kao neki drugi polimeri, NPS mogu podneti umerene temperature koje su najčešće prisutne kod većine industrijskih i potrošačkih primena.

Nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora su vrsta smola dobijenih iz obnovljivih sirovina umesto tradicionalnih korišćenih petrohemijskih sirovina. Prelazak na NPS dobijene iz obnovljivih izvora pokreće potreba za smanjenjem zavisnosti od fosilnih goriva, smanjenjem uticaja na životnu sredinu i promovisanjem održivih industrijskih praksi.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se obično sintetišu iz biomase kao što su poljoprivredni otpad, bio-otpad ili posebno biljke koje se koriste za dobijanje energije. Ove sirovine prolaze kroz hemijske procese kako bi se dobili monomeri koji se zatim polimerizuju u konačnu smolu.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora imaju svojstva slična konvencionalnim NPS, kao što su:

- Raznovrsnost: mogu da imaju različitu primenu, kao što su kompoziti, prevlake, adhezivi.
- Performanse: Imaju veliku mehaničku čvrstoću, otporni su na koroziju i imaju sličan stepen preradljivosti, kao i NPS na bazi naftnih derivata.
- Obradivost: Može se formulisati i obrađivati korišćenjem postojeće industrijske opreme i tehnika.

Primena NPS na bazi bio-obnovljivih izvora ima mnoge prednosti sa stanovišta zaštite životne sredine:

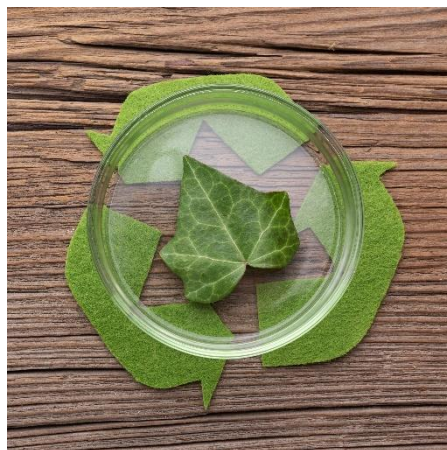
- Manji ugljenični otisak – Primena NPS na bazi bio-obnovljivih izvora doprinosi smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte u poređenju sa smolama dobijenih iz fosilnih goriva, pre svega zbog ugljenične neutralnosti biomase kao sirovine.
- Efikasnost iskorišćenja resursa: Korišćenjem obnovljivih resursa kojima se može upravljati održivo i koji se mogu obnavljati, smanjuje se zavisnost od ograničenih rezervi fosilnih goriva.
- Smanjenje otpada: NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se najčešće dobijaju iz poljoprivrednog otpada ili bio-otpada, što može pomoći u rešavanju izazova odlaganja otpada kroz ponovnu upotrebu biomase.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu imati primenu u različitim industrijskim oblastima, kao što su:

- Građevinarstvo: Koriste se u kompozitima sa staklenim vlaknima kao građevinski materijal, cevi i rezervoari.
- Automobilska industrija: Ugrađuju se u komponente vozila kao što su karoserijski paneli i unutrašnji delovi.
- Pomorska industrija: Koriste se kao premazi trupova brodova, paluba i morskih konstrukcija.
- Roba široke potrošnje: Premazi i lepkovi u proizvodima za domaćinstvo i aparate.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora imaju mnoge prednosti u odnosu na NPS dobijenim iz naftnih derivata. Ipak, postoje određeni izazovi koje treba prevazići, kao što su:

- Troškovi i obim proizvodnje: Početni troškovi i ekonomija obima proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu da budu viši u poređenju sa tradicionalnim NPS, što može uticati na konkurentnost na tržištu.



- Dostupnost sirovina: Postoji zavisnost od dostupnosti biomase i logističkih izazovi u obezbeđivanju konzistentnih količina sirovina za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.
- Postizanje svojstava u skladu sa standardima: Poseban izazov predstavlja postizanje svojstava NPS na bazi bio-obnovljivih izvora koje će da zadovoljavaju specifične industrijske standarde i regulatorne zahteve.

Nezasićene poliestarske smole imaju veliku primenu u različitim industrijskim oblastima zbog svojih mehaničkih svojstava, otpornosti na hemikalije i njihov proces proizvodnje se lako prilagođava različitim proizvodnim procesima. Dok industrije nastavljaju sa inovacijama, NPS ostaje ključni materijal kod naprednih tehnoloških primena i zadovoljavanju raznovrsnih tržišnih zahteva. Ipak, neosporno je da proizvodnja NPS iz naftnih derivata ima negativan uticaj na životnu sredinu. NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja održivu alternativu NPS dobijenu iz petrohemijskih izvora, koja ima bolji uticaj na životnu sredinu uz zadržavanje svojstava koja imaju NPS na bazi naftnih derivata u različitim industrijskim primenama. Dok industrije sve više teže održivosti, proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora nastavlja da napreduje kao održivo rešenje koje će da omogući postizanje ugljenične neutralnosti i promovisanju principa cirkularne ekonomije u proizvodnji i razvoju proizvoda.

2.2. Nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora: Pregled bio-obnovljivih sirovina, prednosti u odnosu na nezasićene poliestarske smole dobijene iz petrohemijskih izvora i održive prakse za dobijanje bio-obnovljivih sirovina

Materijali na biološkoj osnovi, uključujući NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, dobijaju se iz obnovljivih izvora biomase kao što su poljoprivredni ostaci, bio-otpad ili posebno gajene energetske kulture. Poljoprivredni ostaci su delovi biljaka (kao što su kukuruz, pšenica, pirinač itd.) koji ostaju na polju nakon procesa žetve. Prema definiciji Evropske komisije, bio-otpad predstavlja „biorazgradivi otpad iz vrtova i parkova, otpad od hrane i kuhinjski otpad iz domaćinstava, restorana, ugostiteljskih objekata i maloprodajnih objekata, kao i sličan otpad iz postrojenja za prerađivanje hrane“



(https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/biodegradable-waste_en).

Posebno gajene kulture koje se koriste za dobijanje energije (kao što su višegodišnje zeljaste i drvenaste biljne vrste) su kulture koje se specifično uzgajaju radi dobijanja obnovljive energije ili hemikalija. Svi navedeni materijali nude alternativu tradicionalnim petrohemijskim

materijalima, doprinoseći ciljevima održivog razvoja smanjenjem zavisnosti od ograničenih resursa, kao što su fosilna goriva i ublažavanje uticaja na životnu sredinu tokom njihovog životnog ciklusa.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavljaju značajan napredak u oblasti polimerne hemije, dajući prioritet održivosti i odgovornom odnosu prema životnoj sredini. Tradicionalne NPS se sintetizuju iz materijala dobijenih iz nafte, što predstavlja izazove zbog zavisnosti njihove proizvodnje od neobnovljivih resursa i emisija ugljen-dioksida. Nasuprot tome, za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora koriste se obnovljive sirovine kao što su biljna ulja, skrob i lignin, što predstavlja ekološki prihvatljiviju alternativu.

Sastav i izvori. Primarne komponente NPS na bazi bio-obnovljivih izvora uključuju glikole, kiseline ili anhidride i agense za umrežavanje dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Glikoli dobijeni iz naftnih derivata mogu da zamene glikoli dobijeni iz bio-obnovljivih izvora, koji mogu da se dobiju iz prirodnih izvora kao što su kukuruz, soja i druge kulture. Glikoli dobijeni iz bio-obnovljivih izvora obuhvataju bio-propilen glikol i bio-etilen glikol. Kiseline ili anhidridi dobijeni iz bio-obnovljivih izvora, kao što su maleinski anhidrid i fumarna kiselina, takođe se mogu dobiti iz biomase. Kako bi se smanjila zavisnost stirena dobijenog iz naftnih derivata, sve se više koriste ekološki prihvatljive alternative poput terpina (dobijenih iz borova) ili drugih monomera dobijenih iz bio-obnovljivih izvora koji se koriste kao reaktivni razređivači.

Proces proizvodnje. Proizvodnja NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora uključuje nekoliko ključnih koraka:

- Polikondenzacija: Glikoli dobijeni iz bio-obnovljivih izvora reaguju sa kiselinama ili anhidridima kroz reakciju polikondenzacije, formirajući poliestarski lanac.
- Umrežavanje: Dobijeni poliestar se meša sa agansom za umrežavanje i inicijatorima, formirajući nezasićenu poliestarsku smolu.
- Očvršćavanje: Ova smeša prolazi kroz proces očvršćavanja, često uz pomoć toplote ili ultraljubičastog svetla, što rezultira očvršnutim, termoumrežavajućim polimerom.

Prednosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u odnosu na tradicionalne NPS dobijene iz petrohemijskih izvora ogledaju se u sledećem:

1. Zaštitu životne sredine:

- ❖ Smanjeni ugljenični otisak: NPS na bazi bio-obnovljivih izvora obično ima niži ugljenični otisak u poređenju sa smolama dobijenih iz naftnih derivata. Ovo je zato što sirovine dobijene iz biomase apsorbuju ugljen-dioksid tokom rasta, čime se nadoknađuje emisija nastala tokom proizvodnje.
- ❖ Obnovljivi resursi: Korišćenjem resursa koji se mogu obnoviti tokom vremena, se resursi čuvaju i smanjuje se zavisnost od neobnovljivih fosilnih goriva.
- ❖ Biorazgradivost: Neke formulacije NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora su proizvedene da budu biorazgradive, što omogućava njihovo lakše odlaganje na kraju životnog ciklusa kojim se minimizuje uticaj na životnu sredinu u

poređenju sa sintetičkim polimerima za čiju degradaciju je potreban jako veliki vremenski period.

2. Svojstva i primena:

- ❖ Uparedive osobine: NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može imati sličnu mehaničku čvrstoću, hemijsku otpornost i termalnu stabilnost kao NPS dobijene iz naftnih derivata, što ih čini pogodnim za širok spektar industrijskih primena.
- ❖ Svestranost: NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu da se proizvode i prerađuju korišćenjem postojećih proizvodnih uređaja i tehnika, što olakšava integrisanje njihove proizvodnje u postojeće industrijske lance snabdevanja.
- ❖ Usklađenost sa važećim regulativama: Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora spunjava regulatorne zahteve za održivost i ekološke standarde, čime se postiže usklađenost sa globalnim inicijativama koje promovišu zelenu hemiju i principe cirkularne ekonomije.

3. Tržište i potražnja potrošača:

- ❖ Potražnja potrošača: Rastuća svest potrošača i potražnja za održivim proizvodima podstiču prodor materijala na bazi bio-obnovljivih izvora, uključujući NPS, na tržište u raznim industrijskim oblastima.
- ❖ Tržišne prilike: Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora pruža mogućnost kompanijama da izdvoje svoje proizvode na konkurentnim tržištima od ostalih nudeći ekološki prihvatljive alternative.

Prakse koje se sprovode za efikasno iskorišćavanje obnovljivih sirovina. Ove prakse se odnose na metode i strategije koje privredni subjekti koriste kako bi nabavile sirovine, robu i



usluge na način koji je ekološki, društveno i ekonomski odgovoran. Ove prakse imaju za cilj minimizuju negativne uticaje na životnu sredinu, osiguraju pravedno tretiranje radnika i podrže dugoročnu ekonomsku održivost. Primena ovih praksi ima ekološke, društvene i ekonomske prednosti i ključna je za privredne subjekte koji žele da minimizuju svoj uticaj na životnu sredinu, promovišu društvenu odgovornost i osiguraju dugoročnu ekonomsku održivost. Integrisanjem održivosti u svoje strategije nabavke, kompanije mogu da doprinesu održivijem i pravednijem svetu, dok

istovremeno imaju i poslovne koristi kao što su bolji ugled, bolje upravljanje rizicima i smanjenje troškova. Prakse za efikasno iskorišćavanje obnovljivih sirovina u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se sprovode na sledeći način:

1. Izbor sirovina:

- ❑ Poljoprivredni ostaci: Korišćenje ostataka useva (npr. kukuruza, pšenice, raži) i ostataka od eksploatacije šumskih dobara (npr. piljevina, drveni ostaci) kao

sirovina za proizvodnju materijala na bazi bio-obnovljivih sirovina smanjuju se smanjuje se količina otpada i podstiče njegova valorizacija.

- ❑ Bio-otpad: Reciklaža organskih otpadnih materijala, kao što su ostaci hrane ili nusproizvodi iz industrije celuloze i papira, za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora je u skladu sa principima cirkularne ekonomije i istovremeno se smanjuje količina otpada na deponijama.

2. Sertifikacija i standardi:

- ❑ Sertifikovana biomasa: Važno je da su sirovine na bazi biomase nabavljene iz sertifikovanih održivih izvora i da poseduju sertifikat kao što je Sertifikat za materijale dobijene od drveta Saveta za upravljanje šumama (<https://fsc.org/en/businesses/wood>) kojim je osigurana odgovorna nabavka i očuvanje životne sredine.
- ❑ Procena životnog ciklusa: Procenom uticaja životnog ciklusa NPS na bazi bio-obnovljivih izvora (od eksploatacije sirovina do odlaganja proizvoda na kraju životnog veka) na životnu sredinu, podstiče se optimizacija održivih praksi.

3. Saradnja i inovacije:

- ❑ Istraživanje i razvoj: Investiranje u istraživanje radi razvoja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora sa poboljšanim svojstvima i povećanja isplativosti proizvodnje.
- ❑ Industrijska saradnja: Saradnja zainteresovanih privrednih strana, uključujući dobavljače, proizvođače i profesionalce koji rukovode politikom poslovanja, pomaže promovisanju održivih praksi nabavke i podsticanja povećanja broja materijala na bazi bio-obnovljivih izvora na tržištu.

NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja dobru održivu alternativu tradicionalnim NPS dobijenim iz petrohemijskih izvora, zato što nemaju loš uticaj na životnu sredinu, poseduju svojstva koja su uporediva sa NPS na bazi naftnih derivata i mogu da se primene u različitim industrijskim oblastima. Usvajanjem održivih praksi nabavke, kao što su korišćenje obnovljivih sirovina iz biomase i pridržavanje sertifikacionih standarda, zainteresovane strane mogu doprineti unapređenju inicijativa zelene hemije i podsticanju cirkularne ekonomije. Kako industrije nastavljaju da prioritizuju održivost, proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može da zadovolji globalne zahteve za ekološki prihvatljivim materijalima i u kod ove proizvodnje postoji dugoročna zaštita životne sredine.

3. Procena životnog ciklusa proizvodnje nezasićenih poliesterskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Ovaj deo Vodiča bavi se procenom životnog ciklusa, njenim osnovama i primenom u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Takođe, predstavljeni su neki primeri kako bi se ilustrovala primena procene životnog ciklusa NPS u različitim fazama.

3.1. Osnove procene životnog ciklusa: Metodološki okvir, ciljevi, faze, procena uticaja i tumačenje rezultata

Procena životnog ciklusa (PŽC) je sistemska metoda koja se koristi za evaluaciju uticaja proizvoda, procesa ili usluge na životnu sredinu tokom svih faza njegovog životnog ciklusa. Ovaj pristup "od klevke do groba" obuhvata sve faze od eksploatacije sirovina preko proizvodnje, upotrebe, do odlaganja ili reciklaže proizvoda. Metodološki okvir PŽC je standardizovan prema ISO 14040 i sastoji se od četiri glavne faze: definisanje cilja i okvira, inventar životnog ciklusa (IŽC), procena uticaja i tumačenje rezultata.

Faza definisanja cilja i opsega je temelj PŽC studije. Uključuje jasno navođenje svrhe procene, koja može da varira od poboljšanja dizajna proizvoda do donošenja politika proizvodnje. Definisanje opsega obuhvata granice sistema, funkcionalnu jedinicu i pretpostavke napravljene tokom studije. Funkcionalna jedinica je ključni element zato što pruža referencu na koju se normalizuju svi ostali podaci. Definisanje granica sistema osigurava da su svi relevantni procesi uključeni, od eksploatacije sirovina do odlaganja, čime se pruža sveobuhvatan pregled uticaja na životnu sredinu.

Nakon definisanja cilja i opsega, faza IŽC uključuje prikupljanje i izračunavanje podataka koji se odnose na ulaze i izlaze sistema proizvoda. Ovo obuhvata energiju, vodu,



sirovine i emisije gasova u vazduh, vodu i zemljište tokom svih faza životnog ciklusa. Faza IŽC zahteva pažljivo prikupljanje podataka i često podrazumeva korišćenje baza podataka i softverskih alata za upravljanje opsežnim skupovima podataka. Ova faza je kritična jer obezbeđuje kvantitativnu osnovu za sledeće faze procene uticaja i interpretacije.

Faza procene uticaja životnog ciklusa (UŽC) procenjuje potencijalne uticaje ulaza i izlaza identifikovanih u fazi IŽC na životnu sredinu. Ovo uključuje klasifikaciju i karakterizaciju podataka iz inventara u kategorije uticaja kao što su potencijal globalnog zagrevanja, zakišeljavanje, eutrofikacija i toksičnost za ljude. Svaka kategorija uticaja se procenjuje korišćenjem specifičnih modela i faktora karakterizacije kako bi se rezultati IŽC konvertovali u potencijalne uticaje na životnu sredinu. Ova faza pomaže u razumevanju značaja različitih uticaja na životnu sredinu i identifikaciji ključnih tačaka gde se mogu napraviti poboljšanja.

Interpretacija je završna faza procesa procene životnog ciklusa i uključuje analizu rezultata iz faza IŽC i UŽC kako bi se izvukli zaključci i pružile preporuke. Ova faza uključuje iterativni proces evaluacije kvaliteta podataka, tačnosti i potpunosti kako bi se dobili validni zaključci. Cilj faze interpretacije je identifikacija značajnih pitanja, procena neizvesnosti i obezbeđivanje transparentnog i doslednog izveštavanja. Obezbeđuje da se rezultati efikasno prenose zainteresovanim stranama, omogućavajući im da donose odluke zasnovane na proceni.

Metodološki okvir PŽS je moćan alat za procenu održivosti, nudeći sveobuhvatni pregled uticaja na životnu sredinu povezanih sa proizvodom ili procesom. Prateći strukturirane faze definisanja cilja i opsega, inventara životnog ciklusa, procene uticaja i interpretacije, PŽS pruža dragocene uvide u to gde se mogu napraviti poboljšanja u zaštiti životne sredine. Ovaj sistematski pristup podržava razvoj održivih praksi, vodeći industrije i donosiocima politika ka smanjenju njihovog ekološkog otiska i unapređenju održivosti njihovih operacija i proizvoda.

3.2. Primena Procene životnog ciklusa na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora: Detaljni koraci i razmatranja

Procena životnog ciklusa je ključni alat za procenu uticaja proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na životnu sredinu. Ovaj sveobuhvatni pristup obuhvata ceo životni ciklus NPS, od ekstrakcije sirovina do odlaganja ili reciklaže na kraju životnog veka proizvoda. U nastavku su detaljno opisani koraci i razmatranja za sprovođenje PŽC za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, kao što je poljoprivredni otpad:

1. Definisanje cilja i opseg analize:

Ciljevi:

- Proceniti uticaj na životnu sredinu koju ima NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u poređenju sa tradicionalnom NPS dobijenom iz naftnih derivata.
- Identifikovati ključne tačke uticaja na životnu sredinu i mogućnosti za poboljšanja.

Funkcionalna jedinica:

- Definirati funkcionalnu jedinicu kao jedan kilogram NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Okvir sistema:

- Princip „od klevke do groba”: Uključiti sve faze od ekstrakcije sirovina (npr. Poljoprivredni otpad koji može da se koristi kao sirovina), proizvodnje smole, upotrebe i kraja životnog veka proizvoda (reciklaža, odlaganje).
- Princip „od klevke do kapije”: Ako se fokusira samo na uticaje proizvodnje, obuhvatiti ekstrakciju sirovina, transport i proizvodnju smole.

Pretpostavke i ograničenja:

- Dokumentovati pretpostavke u vezi sa poljoprivrednim praksama, izvorima energije i geografskim lokacijama.
- Identifikovati ograničenja kao što su dostupnost podataka i isključenje određenih faza životnog ciklusa ako je primenljivo.

2. Inventar životnog ciklusa

Prikupljanje podataka:

- Sirovine: Prikupiti podatke o uzgoju i sirovina koja se koriste iz poljoprivrednog otpada (npr. usevi iz kojih mogu da se dobiju glikoli i kiseline na bazi bio-obnovljivih izvora).
- Potrošnja energije: Zabeležiti potrošnju energije u procesima uzgoja, transporta i proizvodnje, razlikujući između obnovljivih i neobnovljivih izvora.

- Emisija gasova: Kvantifikovati emisiju gasova u vazduh, vodu i zemljište iz svih faza, uključujući poljoprivredne emisije (npr. đubriva, pesticidi), emisije iz transporta i proizvodne emisije.
- Generisanje otpada: Zabeležiti tokove otpada koji se generišu u svakoj fazi i njihovo upravljanje (npr. reciklaža, odlaganje).

Procena kvaliteta podataka:

- Proceniti tačnost, kompletnost i reprezentativnost prikupljenih podataka.
- Razmotriti geografsku, temporalnu i tehnološku relevantnost podataka.

Modeliranje sistema proizvoda:

- Razviti detaljni dijagram toka procesa koji ilustruje interakcije i tokove između različitih faza i procesa.
- Koristiti softverske alate za PŽC za modelovanje sistema i skupljane inventarnih podataka.

3. Procena uticaja životnog ciklusa

Klasifikacija:

- Dodeliti inventarne podatke odgovarajućim kategorijama uticaja, kao što su potencijal globalnog zagrevanja, eutrofikacija, acidifikacija i iscrpljivanje resursa. Karakterizacija:
- Primeniti faktore karakterizacije za pretvaranje inventarnih podataka u potencijalne ekološke uticaje. Na primer, pretvoriti emisiju CO₂ u potencijal globalnog zagrevanja koristeći faktore globalnog zagrevanja (GWP).

Normalizacija i procena nivoa uticaja (opciono):

- Normalizovati uticaje da bi se razumela njihova relativna značajnost u širem kontekstu.
- Primeniti faktore procena nivoa uticaja da bi se odrazila relativna važnost različitih kategorija uticaja na osnovu prioriteta zainteresovanih strana ili političkih smernica.

4. Interpretacija

Identifikacija najvažnijih problema:

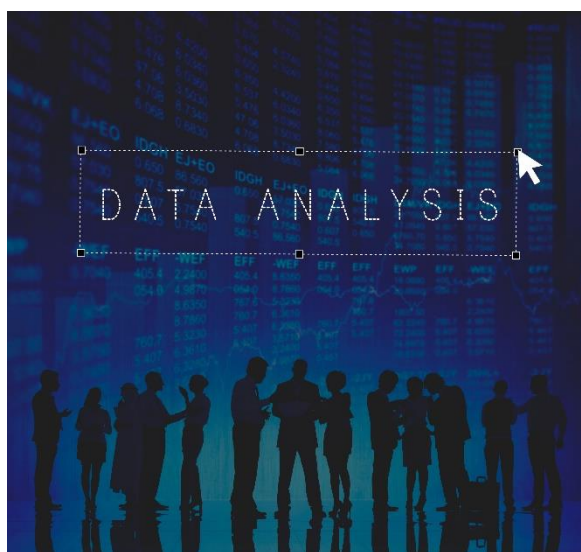
- Analizirati rezultate kako bi se identifikovali ključni uzroci uticaja na životnu sredinu. Na primer, proceniti da li su poljoprivredni ulazi, potrošnja energije u proizvodnji ili transport glavni faktori uticaja.

Evaluacija:

- Sprovesti analizu osetljivosti kako bi se razumela robusnost rezultata u odnosu na ključne pretpostavke i nesigurnosti podataka.
- Sprovesti analizu nesigurnosti da bi se kvantifikovalo poverenje u rezultate PŽC.

Zaključci i preporuke:

- Izvući zaključke o uticaju svojstava NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na životnu sredinu.



- Dati preporuke za poboljšanje održivosti, kao što su optimizacija poljoprivrednih praksi, poboljšanje energetske efikasnosti u proizvodnji ili istraživanje alternativnih opcija za kraj životnog veka.
- Predložiti oblasti za dalja istraživanja, kao što su istraživanje novih sirovina na bazi bio-obnovljivih izvora ili napredne tehnike reciklaže.

Važno je uzeti u obzir sledeća razmatranja prilikom primene PŽC na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora:

Dostupnost i kvalitet podataka

- ✓ Visokokvalitetni i reprezentativni podaci su ključni za pouzdanu PŽC. Koristite primarne podatke gde je to moguće i dopunite ih sekundarnim podacima iz baza podataka ako je potrebno.

Geografska i temporalna relevantnost

- ✓ Osigurati da podaci odražavaju specifični geografski kontekst (npr. zemlje-specifične poljoprivredne prakse) i da su ažurirani.

Komparativna procena

- ✓ Ako se vrši poređenje bio-bazirane nenasitne poliesterske smole sa naftnom nenasitnom poliesterskom smolom, osigurati konzistentnu funkcionalnu jedinicu i granice sistema radi održavanja uporedljivosti.

Uključenost zainteresovanih strana

- ✓ Uključiti zainteresovane strane, uključujući dobavljače, proizvođače i kupce, kako bi se prikupili sveobuhvatni podaci i osiguralo da PŽC obuhvata razmatranja relevantnih problema i ciljeva.

Primena PŽC za procenu uticaja na životnu sredinu proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora uključuje sistematičnu i detaljnu analizu tokom celog životnog ciklusa NPS. Prateći metodološki okvir definisanja ciljeva i opsega analize, inventara životnog ciklusa, procene uticaja i interpretacije, privredni subjekti mogu identifikovati ključne tačke uticaja na životnu sredinu i mogućnosti za poboljšanja. Ova sveobuhvatna procena podržava informisano donošenje odluka usmereno ka unapređenju održivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

3.3. Studije slučaja: Primeri koji ilustruju primenu Procene životnog ciklusa u različitim fazama životnog ciklusa nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora (prikupljanje sirovina, proizvodnja, upotreba, kraj životnog veka proizvoda)

Nabavka sirovina

Studija slučaja: Poređenje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora i NPS dobijenih iz naftnih derivata (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121158>, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140906>)

U proceni životnog ciklusa fokusiranoj na prikupljanje sirovina za proizvodnju NPS, istraživači su uporedili NPS na bazi sojinog ulja i NPS dobijenu iz naftnih derivata. Procenili su uticaj na životnu sredinu kao što su emisija gasova sa efektom staklene bašte, upotreba zemljišta i potrošnja vode tokom životnog ciklusa svake sirovine. Studija je pokazala da je za bio-obnovljivu sirovinu - sojino ulje manja potrošnja fosilne energije i emisija gasova sa efektom staklene bašte, ali je za nju potrebno više poljoprivrednog zemljišta i vodenih resursa u poređenju sa sirovinama na bazi naftnih derivata. Ovi rezultati su doprineli donošenju odluka o ekološkoj održivosti kada je izbor sirovina za proizvodnju NPS u pitanju.

Proizvodnja

Studija slučaja: Optimizacija energetske efikasnosti u proizvodnji nezasićene poliesterske smole

Izvršena je Procena životnog ciklusa kako bi se procenila potrošnja energije i emisije gasova tokom proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Studija je uporedila konvencionalne proizvodne procese sa novijim tehnologijama, poput mikrotalasne polimerizacije. Rezultati su pokazali da metode koje koriste mikrotalasnu polimerizaciju značajno smanjuju potrošnju energije i emisije CO₂ po jedinici proizvedene smole (<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121465>). Ovaj rezultat može da podstakne proizvođače da usvoje energetske efikasnije procese, čime se smanjuje ekološki otisak proizvodnje NPS.

Faza upotrebe

Studija slučaja: Procena uticaja primene nezasićenih poliestarskih smolau automobilske industriji na životnu sredinu

(https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-11155-7_180-1,
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42824-020-00007-x>)

U PŽC fokus je bio na fazi primene NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u automobilske komponentama. Upoređeno je kakav uticaj na životnu sredinu su imali delovi napravljeni od NPS na bazi bio-obnovljivih izvora sa delovima napravljenim od NPS dobijenim od naftnih derivata tokom njihovog operativnog životnog veka. Studija je pokazala da delovi od NPS na bazi bio-obnovljivih izvora pokazuju uporedivu ili bolju izdržljivost i svojstva, dok je ukupni ekološki uticaj smanjen, uključujući potrošnju energije i emisiju gasova tokom upotrebe. Ovi rezultati dokazuju da se NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu koristiti u proizvodnji automobila kao dobra održiva alternativa NPS dobijenim iz petrohemijskih izvora.

Kraj životnog veka proizvoda

Studija Slučaja: Procena isplativosti recikliranja naspram odlaganja otpada na deponiju
(<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5340>,
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-022-02373-3>)

Sveobuhvatna PŽC sprovedena je kako bi se procenili uticaji na životnu sredinu različitih scenarija kraja životnog veka proizvoda od NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. U istraživanju je upoređeno recikliranje, spaljivanje da bi se dobila energija, i opcija odlaganja na deponiju. Studija je kvantifikovala uticaje poput generisanja otpada, emisije gasova sa efektom staklene bašte i očuvanja resursa za svaki scenario. Rezultati su pokazali da se



reciklažom NPS na bazi bio-obnovljivih izvora značajno smanjuje otpad koji se šalje na deponije i čuvaju se resursi u poređenju sa drugim metodama odlaganja. Ovi rezultati su pokazali da je važno da se poveća nivo reciklaže i implementiraju prakse cirkularne ekonomije u strategijama upravljanja otpadom na bazi NPS.

Ove studije slučaja ilustruju kako PŽC pruža vredan uvid u uticaj na životnu sredinu u različitim fazama životnog ciklusa NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Procenom procesa nabavke sirovina, proizvodnih procesa, faze korišćenja i predikcija za kraj životnog veka proizvoda, PŽC podržava donošenje odluka za poboljšanje održivosti i smanjenja ekološkog otiska proizvoda na bazi NPS. Kroz sveobuhvatnu analizu i strateške preporuke, zainteresovane strane mogu promovisati ekološku odgovornost i održive materijale i prakse u polimenoj industriji.

4. Tehno-ekonomska analiza proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

4.1. Osnove tehno-ekonomske analize: Definicija, ciljevi i ključne komponente kao što su analiza troškova, projekcija prihoda, finansijski pokazatelji i analiza osetljivosti

Tehno-ekonomska analiza (TEA) je sveobuhvatna metodologija koja se koristi za procenu ekonomske izvodljivosti i performansi tehnološkog projekta ili procesa. TEA integriše tehničke i ekonomske aspekte kako bi pružila detaljnu procenu troškova, koristi i rizika povezanih s projektom. Ova analiza je ključna za donosiocima odluka da utvrde održivost novih

tehnologija i usmere investicione strategije. TEA pomaže u premošćavanju jaza između tehničkih inovacija i implementacije na tržištu, osiguravajući da tehnološki napreci budu ekonomski isplativi i održivi.

Primarni ciljevi TEA su procena ekonomske održivosti projekta, identifikacija uzroka nastanka troškova i evaluaciji potencijalnih finansijskih povrata. Cilj je pružiti jasno razumevanje ekonomskih implikacija tehničkih odluka, olakšavajući donošenje odluka na osnovu dobijenih informacija. Analizom troškova i koristi, TEA pomaže u identifikaciji najisplativijih rešenja i optimizaciji alokacije resursa. Pored toga, TEA podržava strateško planiranje projektovanjem budućih ekonomskih performansi i identifikacijom potencijalnih rizika i neizvesnosti koje mogu uticati na uspeh projekta.

Jedna od ključnih komponenti TEA je analiza troškova, koja uključuje detaljan pregled svih troškova povezanih s projektom. Ovo uključuje kapitalne izdatke (CapEx) kao što su oprema, infrastruktura i troškovi instalacije, kao i operativne izdatke (OpEx) poput sirovina, rada, održavanja i komunalnih usluga. Analiza troškova pomaže u identifikaciji glavnih uzroka nastanka troškova i područja gde se mogu postići uštede. Takođe, pruža osnovu za upoređivanje različitih tehnoloških opcija i izbor najisplativijeg rešenja.

Projekcija prihoda je još jedna ključna komponenta TEA, koja se fokusira na procenu potencijalnog prihoda koji projekat može doneti. Ovo uključuje analizu tržišne potražnje, strategije određivanja cena i konkurentskog okruženja kako bi se predvideli budući prihodi. Projekcija prihoda pomaže u proceni tržišnog potencijala i profitabilnosti tehnologije. Takođe, pomaže u određivanju perioda povrata ulaganja i povrata na investiciju (ROI), što je ključno za privlačenje investitora i obezbeđivanje finansiranja.

Finansijski pokazatelji su od ključne važnosti u TEA zato što pružaju kvantitativne mere ekonomskih performansi projekta. Ključni finansijski pokazatelji uključuju neto sadašnju



vrednost (NPV), internu stopu povrata (IRR), period povrata i profitnu maržu. NPV predstavlja sadašnju vrednost budućih novčanih tokova, dajući indicaciju o profitabilnosti projekta. IRR predstavlja stopu povrata pri kojoj je NPV jednak nuli, što ukazuje na efikasnost investicije. Period povrata meri vreme potrebno za povrat početne investicije, dok profitna marža pokazuje profitabilnost u odnosu na prihode. Ovi

pokazatelji pomažu u proceni finansijske održivosti projekta.

Analiza osetljivosti je ključni deo TEA zato što procenjuje uticaj neizvesnosti i varijacija ključnih parametara na ishode projekta. Variranjem ulaznih podataka kao što su troškovi, prihodi i stope diskontovanja, analiza osetljivosti pomaže u identifikaciji najkritičnijih faktora koji utiču na performanse projekta. Ova analiza pruža uvide u robusnost projekta i ističe potencijalne rizike i mogućnosti. Pomaže u razumevanju raspona mogućih ishoda i podržava upravljanje rizicima identifikacijom područja gde su potrebna dodatna istraživanja ili strategije ublažavanja.

Tehno-ekonomska analiza integriše tehničke i ekonomske faktore kako bi se procenila izvodljivost i finansijska održivost implementacije tehnologije ili procesa. Procenom troškova, projekcija prihoda, finansijskih pokazatelja i sprovođenjem analize osetljivosti, TEA pruža ključne podatke za donošenje odluka, upravljanje rizicima i strateško planiranje u industrijama obnovljivih izvora energije do napredne proizvodnje. Ovaj sistematski pristup pomaže zainteresovanim stranama da donose odluke kako bi optimizovali investicije, povećali profitabilnost i postigli održivi ekonomski rast.

4.2. Primena tehno-ekonomske analize na proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora: Faktori koji utiču na ekonomsku održivost, studije slučaja koje demonstriraju TEA u proizvodnji nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.

Tehno-ekonomska analiza je ključni alat za procenu ekonomske održivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. TEA razmatra različite faktore, uključujući kapitalne izdatke (CAPEX), operativne izdatke (OPEX), tržišnu potražnju i profitabilnost. U nastavku su navedeni ključni faktori koji utiču na ekonomsku održivost proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, praćeni detaljnim studijama slučaja.

Faktori koji utiču na ekonomsku održivost

1. Troškovi sirovina:

- **Dostupnost sirovina:** Dostupnost i cena bio-obnovljivih sirovina kao što su kukuruz, lignin ili alge.
- **Logistika lanca snabdevanja:** Troškovi povezani sa lancem snabdevanja bio-obnovljivih materijala, uključujući transport i skladištenje.

2. Tehnologija proizvodnje:

- **Efikasnost procesa:** Efikasnost pretvaranja bio-obnovljivih sirovina u monomere i polimere NPS.
- **Obim proizvodnje:** Ekonomije obima postignute većim obimom proizvodnje.

3. Kapitalni izdaci (CAPEX):

- **Početna investicija:** Trošak postavljanja novih proizvodnih postrojenja ili prilagođavanja postojećih.
- **Usvajanje tehnologije:** Investicija potrebna za usvajanje novih, potencijalno održivijih tehnologija.

4. Operativni izdaci (OPEX):

- **Potrošnja energije:** Zahtevi za energijom i troškovi povezani sa proizvodnim procesom.
- **Troškovi rada:** Zahtevi za radnom snagom i povezani troškovi.
- **Održavanje:** Troškovi redovnog održavanja i operativni troškovi.

5. Tržišna dinamika:

- **Tržišna potražnja:** Potražnja potrošača za održivim i bio-obnovljivim proizvodima.

- **Strategija određivanja cena:** Mogućnost određivanja premium cene za NPS iz bio-obnovljivih izvora zbog njenih održivosti kao prednosti.
- **Konkurencija:** Konkurentsko okruženje sa konvencionalnim NPS dobijenim iz naftnih derivata i drugim bio-obnovljivim alternativama.

6. **Regulatorno okruženje:**

- **Subvencije i podsticaji:** Dostupnost vladinih subvencija ili podsticaja za razvoj bio-obnovljivih proizvoda.
- **Regulativa:** Usklađenost sa ekološkim propisima i standardima.

7. **Ekološki i društveni faktori:**

- **Održivost:** Ekološke koristi i društvena prihvaćenost NPS dobijene iz bio-obnovljivih izvora.
- **Društvena odgovornost kompanija (CSR):** Posvećenost kompanija održivosti i CSR inicijativama.

Ovi faktori zajedno pomažu u proceni ekonomske održivosti proizvodnje NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora, i omogućavaju donosiocima odluka da optimizuju investicije, povećaju profitabilnost i postignu održivi ekonomski rast.

Studije slučaja koje pokazuju TEA proizvodnje NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora

❖ Studija slučaja 1: Bio-osnovani UPR iz isosorbida dobijenog iz kukuruza

Cilj: Proceniti ekonomsku izvodljivost proizvodnje NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora koristeći isosorbid dobijen iz kukuruza.

TEA faktori:

- **CAPEX:** Veća početna investicija zbog troškova bio-obnovljive sirovine i novih objekata za proizvodnju novih proizvoda.
- **OPEX:** Potencijalno viši zbog varijabilnosti cena poljoprivrednih sirovina i energetske potrebe.
- **Analiza tržišta:** Rastuća potražnja za održivim materijalima, potencijal za postizanje premijske cene.
- **Profitabilnost:** Očekuju se dugoročne koristi zbog sve većih zahteva potrošača za održive proizvode i potencijalne subvencije.

Ishodi:

- **Pozitivan NPV:** Analiza Neto sadašnje vrednosti (NPV) ukazuje na profitabilnost dugoročno.

- Period povrata investicije: Produženi period povrata zbog početno visokih troškova, ali umanjen tržišnom potražnjom i potencijalnim subvencijama.

❖ Studija slučaja 2: NPS sintetisanih iz monomera dobijenih iz lignina

Cilj: Proceniti ekonomsku izvodljivost korišćenja monomera dobijenih iz lignina za proizvodnju NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora.

Faktori TEA:

- CAPEX: Umeren, iskorišćavanje postojeće industrijske infrastrukture za ekstrakciju lignina.
- OPEX: Niži operativni troškovi zbog upotrebe lignina, nusproizvoda niske cene.
- Analiza tržišta: Potencijal za ekonomičnu proizvodnju NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora sa nižim troškovima sirovina.
- Profitabilnost: Veća profitabilnost zbog nižih troškova sirovina i potencijala za premijske cene zelenih proizvoda.

Ishodi:

- Pozitivan NPV: Ukazuje na profitabilno ulaganje sa umerenim početnim ulaganjem.
- Kratak period povrata: Brži povrat investicije zbog nižih troškova sirovina i efikasne upotrebe postojeće infrastrukture.



❖ Studija slučaja 3: Dobijanje NPS iz algi

Cilj: Istražiti ekonomsku izvodljivost proizvodnje NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora koristeći ulja dobijena iz algi.

Faktori TEA:

- CAPEX: Visoka početna investicija za infrastrukturu uzgoja algi i tehnologiju ekstrakcije ulja.

- OPEX: Visoki operativni troškovi zbog intenzivnih energetske zahteva za obradu algi.
- Analiza tržišta: Potencijal tržišta za visoko održive i inovativne proizvode iz bio-obnovljivih izvora, koji privlače ekološki osvešćene potrošače.
- Profitabilnost: Dugoročna profitabilnost zavisna od napretka u tehnologijama uzgoja algi i potencijalnih subvencija za visoko održive projekte.

Ishodi:

- Promenljiv NPV: Zavisi od tehnoloških napredaka i poboljšanja efikasnosti.
- Produženi period povrata: Zbog visokih početnih i operativnih troškova, ali potencijala za značajne tržišne premije.

TEA pruža sveobuhvatan okvir za procenu ekonomske izvodljivosti proizvodnje NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Razmatrajući faktore poput troškova sirovina, tehnologije proizvodnje, CAPEX-a, OPEX-a, dinamike tržišta i regulatornog okruženja, TEA pomaže u identifikaciji najizvodljivijih puteva za održivu i ekonomski izvodljivu proizvodnju NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Studije slučaja pokazuju da, iako početna ulaganja i operativni troškovi mogu biti značajni, dugoročne koristi, podstaknute potražnjom tržišta i podsticajima za održivost, pružaju obećavajuću perspektivu za proizvodnju NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora.

5. Kombinovanje TEA sa PŽC: Sinergija PŽC i TEA u procesima donošenja odluka za održivu proizvodnju nezasićenih poliesterskih smola i studije slučaja

Kombinovanje PŽC i TEA je ključno za donošenje informisanih, održivih odluka u proizvodnji NPS. Svaki od ovih pristupa nudi jedinstvene uvide koji, kada se kombinuju, pružaju sveobuhvatnu evaluaciju kako ekoloških, tako i ekonomskih faktora, usmeravajući razvoj održivijih NPS proizvoda.

Kombinovanje PŽC i TEA daje sveobuhvatnu procenu održivosti. PŽC pruža detaljnu procenu uticaja na životnu sredinu tokom čitavog životnog ciklusa NPS, od eksploatacije sirovina do odlaganja na kraju životnog veka proizvoda. TEA daje dopunu dobijenim podacima procenom ekonomske održivosti, uzimajući u obzir faktore kao što su kapitalni i operativni troškovi, tržišna potražnja i profitabilnost.

Kombinovanjem PŽC i TEA moguće je doći do kompromisnih rešenja u procesu proizvodnje. Naime, mogu se definisati kompromisi između ekološke održivosti i ekonomske izvodljivosti. Na primer, neki proizvodni metod može biti pogodan sa ekološkog aspekta, ali

zahtevati veće troškove tokom njegove primene. Kombinovanjem obe analize omogućava se uravnoteženo donošenje odluka koje uzima u obzir oba aspekta.

Kombinovanje PŽC i TEA unapređuje donošenje odluka. Kombinovanjem PŽC i TEA, kompanije mogu razviti strateške planove koji su usklađeni i sa ciljevima održivosti i sa ekonomskim ciljevima. Ovaj integrisani pristup pomaže u prioritizaciji investicija u tehnologije i procese koji pružaju najveću korist i sa ekonomskog i sa ekološkog aspekta.

Smanjenje rizika se takođe može postići kombinovanjem PŽC i TEA. PŽC identifikuje potencijalne ekološke rizike, kao što je velika emisija gasova sa efektom staklene bašte ili iscrpljivanjem resursa, koji se mogu ublažiti razmatranjem isplativih rešenja dobijenih prijemnom TEA. TEA, s druge strane, identifikuje ekonomske rizike kao što su tržišna nestabilnost ili visoki troškovi proizvodnje, koji se mogu rešiti kroz održive prakse koje ističe PŽC.

Optimizacija raspodele resursa se takođe može postići kombinovanjem PŽC i TEA. To se može ostvariti kroz efikasno korišćenje resursa. PŽC identifikuje oblasti gde se efikasnost resursa može poboljšati, kao što je smanjenje potrošnje energije ili minimizacija količine nastalog otpada. TEA procenjuje troškove implementacije ovih poboljšanja efikasnosti, osiguravajući da su resursi efikasno raspoređeni kako bi se postigli najbolji ekološki i ekonomski rezultati.

Takođe, još jedan alat za postizanje optimizacije raspodele resursa je izbor tehnologije. Kombinovanjem obe analize moguće je odabrati tehnologije koje nude najbolju kombinaciju održivosti i isplativosti. Na primer, PŽC može ukazati da upotrebom određene sirovine dobijene iz biomase može značajno da se smanji negativan uticaj na životnu sredinu, dok TEA može potvrditi da je ekonomski isplativa.

Usklađivanje tržišta i politike poslovanja takođe se može postići kombinovanjem PŽC i TEA. PŽC omogućava usklađenost sa ekološkim propisima i standardima kvantifikovanjem uticaja proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na životnu sredinu. TEA se osigurava da su ove mere ekonomski izvodljive, pomažući kompanijama da se kreću kroz regulatorne okvire bez ugrožavanja profitabilnosti.

Takođe, kombinovanje PŽC i TEA mogu se lakše dovesti do iskoristiti podsticaji koje daje vlada. Naime, kombinovanjem PŽC i TEA mogu se identifikovati mogućnosti za iskorišćavanje vladinih podsticaja i subvencija za održive prakse. Kompanije mogu koristiti ove uvide za sticanje finansijske podrške za implementaciju zelenijih tehnologija i procesa.

Kombinovanje PŽC i TEA može takođe dovesti do uključivanja raznih zainteresovanih strana. Kombinovanje PŽC i TEA predstavlja dobru osnovu u komunikaciji o održivosti i ekonomskoj isplativosti zainteresovanim stranama, uključujući investitore, kupce i regulatorna tela. Transparentno izveštavanje zasnovano na sveobuhvatnim procenama gradi poverenje i pokazuje posvećenost kompanije održivim praksama.



Donošenje odluka na osnovu informacija dobijenih dobrom sveobuhvatnom analizom se takođe postiže. Zainteresovane strane mogu donositi bolje odluke zasnovane na proverenim informacijama dobijenim kombinovanjem PŽC i TEA u vezi sa investicijama, razvojem proizvoda i politikama poslovanja. Ova usklađenost osigurava da su sve strane svesne ekoloških i ekonomskih uticaja svojih odluka.

U nastavku je prikazano nekoliko studija slučaja koje ilustruju primenu PŽC i TEA u održivoj industrijskoj proizvodnji NPS iz biomase kao sirovine:

❑ Studija slučaja 1: NPS na bazi izosorbida dobijenog iz kukuruza

Cilj: Procena ekoloških i ekonomskih uticaja proizvodnje NPS na bazi izosorbida dobijenog iz kukuruza.

PŽC analiza:

- Cilj i okvir analize: Procena uticaja na životnu sredinu proizvodnje NPS na bazi izosorbida dobijenog iz kukuruza od izvora do izlaza, fokusirajući se na emisiju gasova sa efektom staklene bašte, potrošnju energije i korišćenje resursa.
- Funkcionalna jedinica: 1 kg NPS dobijene iz biomase.
- Inventar životnog ciklusa: Prikupljanje podataka o uzgoju kukuruza, proizvodnji izosorbida, sintezi NPS i transporta.
- Procena uticaja:
 - o Potencijal globalnog zagrevanja (GWP): Značajno smanjenje emisije CO₂ u poređenju sa emisijom nastalom proizvodnjom NPS iz naftnih derivata zbog manje upotrebe fosilnih goriva.
 - o Potrošnja energije: Smanjenje potrošnje obnovljive energije korišćenjem poljoprivredne biomase.
 - o Korišćenje resursa: Manje oslanjanje na ograničene resurse, prelaskom na obnovljive poljoprivredne sirovine.

TEA analiza:

- Kapitalni izdaci (CAPEX): Veća početna investicija zbog troškova sirovina na bazi biomase i novih proizvodnih postrojenja.
- Operativni izdaci (OPEX): Potencijalno viši zbog varijabilnosti cena poljoprivrednih sirovina.
- Analiza tržišta: Rastuća potražnja za održivim materijalima pruža konkurentsku prednost i potencijal za premijum cene.
- Profitabilnost: Dugoročne ekonomske koristi se očekuju zbog sve većeg preferiranja održivih proizvoda od strane potrošača i potencijalnih subvencija za bio-održive industrije.



❑ Studija slučaja 2: NPS na bazi monomera dobijenih iz lignina

Cilj: Procena izvodljivosti i ekološkog i ekonomskog uticaja korišćenjem monomera dobijenih iz lignina za proizvodnju NPS.

PŽC analiza:

- Cilj i okvir analize: Procena ekološkog otiska tokom celog procesa od ekstrakcije lignina do proizvodnje NPS.
- Funkcionalna jedinica: 1 kg NPS dobijene iz biomase.
- Inventar životnog ciklusa: Prikupljanje podataka o ekstrakciju lignina iz biomase, sintezi monomera, proizvodnji NPS i povezanih procesa.
- Procena uticaja:
 - o Potencijal globalnog zagrevanja (GWP): Smanjena emisija CO₂ zbog upotrebe lignina, koji je nusproizvod industrije papira, čime se doprinosi valorizaciji otpada.
 - o Potrošnja energije: Potencijalno smanjenje potrošnje energije integracijom ekstrakcije lignina sa postojećim industrijskim procesima.
 - o Korišćenje resursa: Veća održivost procesa kroz korišćenje industrijskih nusproizvoda, čime se smanjuje ukupna količina otpada.



TEA analiza:

- Kapitalni izdaci (CAPEX): Umereni, koristeći postojeću industrijsku infrastrukturu za ekstrakciju lignina.
- Operativni izdaci (OPEX): Niži operativni troškovi korišćenjem lignina, jeftinog nusproizvoda.
- Analiza tržišta: Potencijal za isplativu proizvodnju NPS iz biomase sa nižim cenama sirovina, čime se povećava konkurentnost na tržištu.
- Profitabilnost: Veća profitabilnost zbog nižih troškova nabvke sirovina i postojanje potencijala za premijum cene zelenih proizvoda.

❑ Studija slučaja 3: proizvodnja NPS korišćenjem algi kao sirovine

Cilj: Istražiti ekološke i ekonomske uticaje proizvodnje NPS koristeći ulja dobijena iz algi.

PŽC analiza:

- Cilj i okvir analize: Analiza životnog ciklusa NPS dobijenih algi od uzgoja algi do proizvodnje smole.
- Funkcionalna jedinica: 1 kg UPR-a na bazi biomase.
- Inventar životnog ciklusa: Prikupljanje podataka o uzgoju algi, ekstrakciji ulja, sintezi monomera i proizvodnji UPR-a.
- Procena uticaja:
 - o Potencijal globalnog zagrevanja (GWP): Značajno smanjenje emisija stakleničkih gasova zbog sekvenciranja ugljenika tokom uzgoja algi.
 - o Potrošnja energije: Visok unos energije potreban za uzgoj algi i ekstrakciju ulja, ali integracija obnovljive energije može to ublažiti.
 - o Korišćenje resursa: Korišćenje neplodne zemlje i slane vode za uzgoj algi smanjuje konkurenciju sa prehrambenim kulturama.

TEA analiza:

- Kapitalni izdaci (CAPEX): Visoka početna investicija za postavljanje infrastrukture za uzgoj algi i tehnologije za ekstrakciju ulja.
- Operativni izdaci (OPEX): Visoki operativni troškovi zbog energetske potrebe za preradu algi.
- Analiza tržišta: Postojanje potencijala za probijanje na tržišta visokog održivih i inovativnih proizvoda dobijenih iz biomase, zbog postojanja ekološki osvešćenih potrošača.
- Profitabilnost: Dugoročna profitabilnost zavisi od napretka u tehnologijama uzgoja algi i potencijalnih subvencija za projekte visoke održivosti.



Informacije dobijene kombinovanjem PŽC i TEA analizom:

- ✓ Održivost i kompromisi u troškovima: Iako NPS dobijene iz algi ima povoljan uticaj na životnu sredinu, visoki troškovi zahtevaju tehnološka unapređenja i povećanje obima kako bi postali ekonomski isplativi.
- ✓ Strateške investicije: Prioritizacija istraživanja i razvoja kako bi se poboljšala efikasnost uzgoja algi i smanjili troškovi.
- ✓ Pozicioniranje na tržištu: Ciljanje tržišta spremnih da plate premijum za održive proizvode kako bi se nadoknadili početni visoki troškovi.

Ovim studijama slučaja prikazane su raznovrsne primene i rezultati koje daju PŽC i TEA industrijske proizvodnje NPS iz biomase. Analize pokazuju različite ekološke i ekonomske aspekte u zavisnosti od sirovina i korišćenih proizvodnih procesa. Može se

zaključiti da prelazak na NPS dobijene iz biomase pokazuje značajan potencijal za smanjenje ekološkog otiska i postizanje ekonomske održivosti, zato što na tržištu vlada potražnja za zelenijim alternativama. Kombinovanjem PŽC i TEA u procesu donošenja odluka za održivu proizvodnju NPS postiže se sveobuhvatno razumevanje kako ekoloških, tako i ekonomskih uticaja. Ova sinergija omogućava uravnotežene i informisane odluke, optimizujući raspodelu resursa i osiguravajući usklađenost sa tržišnim i političkim zahtevima. Iskorišćavanjem prednosti kombinovanja PŽC i TEA, kompanije mogu razviti održivije i ekonomski isplativije proizvode dobijene iz biomase, povećavajući svoju konkurentnost i doprinoseći održljivoj budućnosti.

6. Prikupljanje podataka i metodologije za prikupljanje podataka u PŽC i TEA proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola korišćenjem biomase

Ovaj deo Vodiča pruža informacije o potrebi za posedovanjem preciznih podataka, osiguranjem kvaliteta i analizi nesigurnosti i osetljivosti kako bi se sprovela efikasna PŽC i TEA analiza proizvodnje nezasićenih poliesterskih smola korišćenjem biomase kao sirovine.

6.1. Prikupljanje podataka: Izvori i metodologije za prikupljanje podataka za PŽC i TEA proizvodnje NPS korišćenjem biomase kao sirovine

Prikupljanje tačnih i sveobuhvatnih podataka ključno je za sprovođenje efikasne PŽC i TEA analize proizvodnje NPS korišćenjem biomase kao sirovine. Ovaj proces obuhvata prikupljanje primarnih i sekundarnih podataka iz različitih izvora i primenu specifičnih metodologija radi obezbeđivanja pouzdanosti i relevantnosti. Evo pregleda izvora i metodologija za prikupljanje podataka za PŽC i TEA proizvodnje NPS korišćenjem biomase kao sirovine.

Izvori podataka potrebnih za PŽC

- ❖ Postoje nekoliko izvora koji se koriste za prikupljanje podataka za PŽC. Na primer, postoje **primarni podaci iz industrije**. Jedna grupa ovih podataka dolazi od **anketa i upitnika**. Kako bi se prikupila ova vrsta podataka važna je distribucija detaljnih anketa i upitnika kompanijama koje se bave proizvodnjom NPS korišćenjem biomase kao sirovine radi prikupljanja specifičnih podataka o korišćenju sirovina, potrošnji energije, emisijama i

generisanju otpada. Druga grupa podataka se dobijaju **posetama lokacijama na kojima se obavlja proizvodnja i direktna merenja**. Sprovođenje poseta proizvodnim postrojenjima radi prikupljanja podataka u realnom vremenu putem direktnih merenja procesa i tokova resursa je jako važno za dobijanje preciznih podataka. Treća grupa podataka **dolazi iz izveštaja industrijskih objekata i tehnička dokumentacija**. Korišćenje internih izveštaja, tehničke dokumentacije i operativnih evidencija koje obezbeđuju kompanije je bitan korak u prikupljanju ove vrste podataka.

❖ Drugi izvor za prikupljanje LCA podataka su **baze podataka koje pružaju sekundarne podatke**, kao što su:

- **Ecoinvent** (<https://ecoinvent.org/database/>): Kompletna baza podataka koja nudi detaljne podatke o inventaru životnog ciklusa (LCI) za različite procese i materijale, uključujući one koji se odnose na bio-bazirane proizvode.
- **GaBi Database** (<https://ghgprotocol.org/gabi-databases>): Još jedna obimna LCI baza podataka koja pruža podatke korisne za modeliranje uticaja životnog ciklusa UPR-a na bazi biomase.
- **SimaPro** (<https://simapro.com/marketplace/>): Široko korišćeni alat za LCA koji pruža pristup velikom broju LCI skupova podataka za različite materijale i procese.

❖ Treći tip izvora podataka su **naučna literatura i studije**, kao što su **recenzirani članci i radovi sa konferencija**. Članci i studije objavljeni u časopisima poput *Journal of Cleaner Production* (<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production>), *International Journal of Life Cycle Assessment* (<https://link.springer.com/journal/11367>) i *Biomacromolecules* (<https://pubs.acs.org/journal/bomaf6>). Radovi i prezentacije sa konferencija fokusiranih na polimere i ostale materijale dobijene iz bio-obnovljivih izvora.

❖ Četvrti tip podataka dolazi iz **izveštaja vlade i institucija**. **Izveštaji EPA i USDA** su dokumenti Agencije za zaštitu životne sredine (EPA) (<https://www.epa.gov/agencies/environmental-protection-agency>) i Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA) (<https://www.usda.gov/>) o materijalima dobijenim iz bio-obnovljivih izvora i sa procenama održivosti. Takođe postoje **izveštaji Evropske komisije** (https://commission.europa.eu/index_en), koji predstavljaju izveštaje Evropske komisije o inicijativama bio-ekonomije i cirkularne ekonomije.

❖ Peti tip podataka dolazi od **industrijskih konzorcijuma i partnerstava** kroz zajedničke projekte. Ovaj tip podataka potiče iz istraživačkih projekata i industrijskih konzorcijuma usmerenih na materijale dobijene iz bio-obnovljivih izvora, kao što je **Bio-Based Industries Consortium** (BIC) (<https://biconsortium.eu/>).

Metodologije prikupljanja podataka za PŽC

1. Definisanje cilja i opsega:

- Definisanje ciljeva, granica sistema i funkcionalnih jedinica PŽC analize proizvodnje NPS iz biomase.
- Određivanje faza životnog ciklusa koji će se procenjivati (npr. Principom „od klevke do kapije”, ili „od klevke do groba”).

2. Inventar životnog ciklusa:

- Šabloni za prikupljanje podataka: Koriste se standardizovani šabloni radi obezbeđivanja konzistentnosti pri prikupljanju podataka.
- Procena kvaliteta podataka: Procenjivanje kvaliteta podataka na osnovu potpunosti, reprezentativnosti, konzistentnosti i pouzdanosti.
- Analiza ulaza i izlaza: Kvantifikacija ulaza (materijali, energija) i izlaza (emisije, otpad) za svaku fazu životnog ciklusa.



3. Procena uticaja životnog ciklusa:

- Kategorije uticaja: Odabir relevantnih kategorija uticaja kao što su potencijal globalnog zagrevanja, eutrofikacija, acidifikacija i iscrpljivanje resursa.
- Modeli karakterizacije: Primena modela karakterizacije radi prevođenja rezultata dobijenih PŽCom u ekološke uticaje.

4. Interpretacija i analiza osetljivosti:

- Tumačenje rezultata radi identifikacije ključnih tačaka uticaja na životnu sredinu i prilika za poboljšanja.
- Sprovođenje analize osetljivosti radi procene pouzdanosti rezultata u različitim scenarijima i pretpostavkama.

Izvori podataka za TEA analizu

❖ Prvi tip izvora podataka za TEA je **industrija**, iz koje se mogu dobiti **primarni ekonomski podaci**. To mogu biti finansijski izveštaji koji predstavljaju finansijske evidencije kompanija radi dobijanja podataka o kapitalnim rashodima (CAPEX), operativnim rashodima (OPEX) i prihodima. Ovi podaci mogu takođe biti **izveštaji o raspodeli troškova** koji pružaju

detaljne informacije o komponentama troškova kao što su sirovine, radna snaga, energija i održavanje.

❖ Drugi tip izvora podataka za TEA su **izveštaji o analizi tržišta**. To mogu biti **izveštaji firmi** kao što su Grand View Research (<https://www.grandviewresearch.com/>), MarketsandMarkets (<https://www.marketsandmarkets.com/>) i Allied Market Research koje se bave prikupljanjem podataka o trendovima na tržištu, potražnji i cenama NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Ovo takođe može biti **analiza industrijske proizvodnje** koja predstavlja publikacije od strane udruženja industrije i trgovačkih grupa.

❖ Treći tip izvora podataka za TEA su **akademska i tehnička literatura**. To mogu biti **ekonomske studije**, kao što su recenzirani članci i studije fokusirane na ekonomske aspekte proizvodnje polimera iz bio-obnovljivih izvora. Takođe mogu biti **tehnički radovi**, kao što su oni sa konferencija i simpozijuma o materijalima dobijenim iz bio-obnovljivih izvora i održivoj industriji.



❖ Četvrti tip izvora podataka za TEA su **izveštaji vlade i institucija**, kao što su: studije uticaja na ekonomiju, koje predstavljaju izveštaje agencija poput Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA) (<https://www.usda.gov/>) i Ministarstva energetike (DOE) (<https://www.energy.gov/>) o uticaju na ekonomiju upotrebe proizvoda dobijenih iz bio-obnovljivih izvora; i analize politike i podsticaja, koje predstavljaju dokumenta koji daju podatke o subvencijama, poreskim olakšicama i grantove za održive industrije.

Metodologija prikupljanja podataka za TEA

1. Analiza troškova:

- Procena kapitalnih troškova: Proceni se početna investicija potrebna za postavljanje proizvodnih objekata koristeći podatke iz industrijskih izveštaja i finansijskih evidencija.
- Izračunavanje operativnih troškova: Izračunaju se tekući operativni troškovi, uključujući troškove sirovina, energije, radne snage i održavanja.

2. Procena prihoda:

- Analiza tržišnih cena: Određuje se prodajna cena NPS dobijenih iz bio-obnovljivih izvora na osnovu istraživanja tržišta i analize konkurencije.
- Predviđanje potražnje: Koriste se izveštaji analize tržišta za projekciju buduće potražnje i potencijalnih prihoda.

3. Izračunavanje ekonomskih parametara:

- Neto sadašnja vrednost (NPV): Izračunava se NPV kako bi se procenili profitabilnost projekta proizvodnje NPS iz bio-obnovljivih izvora tokom vremena.
- Interna stopa povrata (IRR): Utvrđuje se IRR kako bi se ocenila očekivana stopa povrata na investiciju.
- Period povrata investicije: Procenjuje se vreme potrebno za povrat početne investicije.

4. Analiza predikcija i analiza osetljivosti:

- Planiranje predikcija: Daju se različite predikcije (npr. najbolji slučaj, najgori slučaj) kako bi se razumeli okviri potencijalnih ishoda.
- Analiza osetljivosti: Procenjuje se uticaj ključnih varijabli (npr. troškovi sirovina, tržišne cene) na ekonomsku isplativost.

Prikupljanje tačnih i sveobuhvatnih podataka za PŽC i TEA proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora zahteva kombinaciju primarnih i sekundarnih izvora, kao i efikasne metodologije. Korišćenjem podataka iz industrijskih anketa, poseta terenu, baza podataka, naučne literature i izveštaja vlade, te primenom rigoroznih analitičkih metoda, kompanije mogu da steknu sveobuhvatan uvid u ekološke i ekonomske uticaje svojih proizvodnih procesa. Ovaj kombinovani pristup omogućava efikasnije donošenje odluka, podstiče razvoj održivih i ekonomski opravdanih proizvoda od nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.

6.2. Zagarantovanost postizanja kvaliteta: Osiguravanje pouzdanosti i tačnosti ulaznih podataka u studijama PŽV i TEA vezanim za proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Osiguranje kvaliteta (QA) u studijama PŽC i TEA vezanim za proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora je ključno za osiguranje pouzdanosti i tačnosti ulaznih podataka. Pouzdani podaci predstavljaju temelj pouzdane procene na kojoj se bazira donošenje odluka usmerenih ka održivom razvoju. Da bi se to postiglo, neophodni su standardizovani protokoli za prikupljanje podataka. Ovi protokoli uključuju korišćenje uniformnih šablona za dosledno prikupljanje podataka, u kombinaciji sa sveobuhvatnom dokumentacijom kako bi se osigurala transparentnost. Detaljni zapisi o izvorima podataka, metodama prikupljanja i pretpostavkama omogućavaju lakšu verifikaciju i olakšavaju ažuriranje podataka. Primena rigoroznih metoda verifikacije kao što su unakrsno poređenje podataka iz više izvora, sprovođenje recenzija i izvođenje analiza osetljivosti pomaže u identifikaciji i ublažavanju potencijalnih grešaka, čime se povećava pouzdanost podataka.

Pored robusnih procesa prikupljanja i verifikacije podataka, korišćenje pouzdanih baza podataka i podsticanje industrijske saradnje ključne su strategije za osiguranje

visokokvalitetnih ulaznih podataka u PŽC i TEA studijama. **Baze podataka** kao što su **Ecoinvent** i **GaBi** nude validirane, recenzirane PŽC podatke koji se redovno ažuriraju i ove baze održavaju stručnjaci. Ove baze podataka pružaju čvrst temelj za modelovanje ekoloških uticaja nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora. Industrijske saradnje su podjednako važne jer pružaju pristup primarnim podacima direktno iz proizvodnih procesa, osiguravajući da su podaci specifični, aktuelni i relevantni. Takve saradnje mogu takođe olakšati posete terenu i direktna merenja, pružajući realne podatke o tokovima resursa, potrošnji energije i emisiji, što je kritično za tačne procene.

Prakse kontinuiranog unapređenja i korišćenje naprednih analitičkih alata dodatno unapređuju kvalitet PŽC i TEA studija. Redovno ažuriranje ulaznih podataka je bitno kako bi se odražavali tehnološki napredak, tržišni trendovi i regulatorne promene i da se osigura da procene ostanu relevantne i tačne tokom vremena. Implementacija mehanizama povratnih informacija za prikupljanje uvida od strane zainteresovanih strana i stručnjaka pomaže u rafinisanju metodologija i poboljšanju kvaliteta podataka. **Napredni analitički alati**, kao što su **OpenLCA** (<https://www.openlca.org/>), **SimaPro** (<https://simapro.com/>) i **GaBi** (<https://sphaera.com/solutions/product-stewardship/life-cycle-assessment-software-and-data/lca-for-experts/>), nude QA funkcije kao što su proveravanje grešaka, validacija podataka i analiza osetljivosti. Ovi alati olakšavaju upravljanje podacima i poboljšavaju tačnosti, integrišući PŽC i TEA u jedinstven okvir. Ovaj integrisani pristup smanjuje neslaganja i osigurava doslednost u ulaznim podacima i pretpostavkama, što na kraju vodi do pouzdanijih i robusnijih procena.

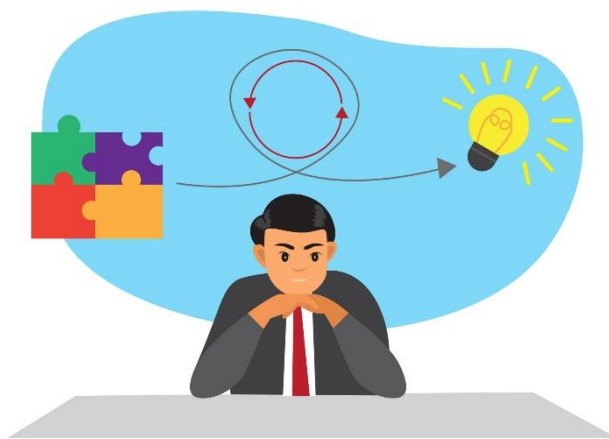
6.3. Analiza nesigurnosti i osetljivosti: Pitanje nesigurnosti i sprovođenje analize osetljivosti radi procene robusnosti rezultata u PŽC i TEA analizama proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Analiza nesigurnosti i osetljivosti igra ključnu ulogu u oceni robusnosti i pouzdanosti rezultata u PŽC i TEA studijama proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora. Analiza nesigurnosti kvantifikuje okvir potencijalne varijabilnosti u ulaznim podacima i pretpostavkama, pružajući uvid u pouzdanost rezultata studije. To uključuje identifikaciju izvora nesigurnosti, kao što su varijabilnost parametara procesa, kvalitet podataka i pretpostavki u modelovanju, i procenu njihovog uticaja na ukupne rezultate. Primenom statističkih metoda i analiza predikcije, nesigurnosti se mogu definisati, pomažući zainteresovanim stranama da razumeju intervale poverenja oko ključnih nalaza. Ovaj proces ne samo da poboljšava transparentnost već i informiše proces donošenja odluka isticanjem područja gde su potrebni dodatni podaci ili poboljšanja kako bi se smanjila nesigurnost.

Analiza osetljivosti dopunjuje analizu nesigurnosti istraživanjem kako promene ključnih varijabli utiču na ishode studije. Procenjuje osetljivost rezultata na varijacije parametara kao što su troškovi sirovina, potrošnja energije, tržišne cene i ekološki uticaji. Testiranjem različitih scenarija procenjuje se robusnost zaključaka u različitim uslovima, od najboljih do najgorih scenarija. Sistematskim variranjem ulaza i posmatranjem odgovarajućih

promena u izlazima, analiza osetljivosti identifikuje ključne faktore koji utiču na rezultate studije. Ovo omogućava zainteresovanim stranama da prioritizuju napore za poboljšanje tačnosti podataka i efikasno rešavanje nesigurnosti. Štaviše, analiza osetljivosti pruža dragocen uvid u strategije upravljanja rizikom i pomaže u dizajniranju otpornijih i prilagodljivijih strategija za proizvodnju nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.

Analiza osetljivosti dopunjuje analizu nesigurnosti analizom kako promene ključnih varijabli utiču na ishode studije. Ona procenjuje osetljivost rezultata na varijacije u parametrima kao što su troškovi sirovina, potrošnja energije, tržišne cene i ekološki uticaji. Različiti scenariji se testiraju kako bi se procenila robusnost zaključaka u različitim uslovima, od najboljih do najgorih scenarija. Sistematskim variranjem ulaza i posmatranjem odgovarajućih promena u izlazima, analiza osetljivosti identifikuje ključne faktore koji utiču na nalaze studije. Ovo omogućava zainteresovanim stranama da prioritizuju napore za poboljšanje tačnosti podataka i efikasno rešavanje nesigurnosti. Štaviše, analiza osetljivosti pruža dragocene uvide u strategije upravljanja rizikom i pomaže u dizajniranju otpornijih i prilagodljivijih strategija u proizvodnji nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora.



Kombinovanjem analize nesigurnosti i osetljivosti osigurava se sveobuhvatna procena PŽC i TEA studija proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora, jačajući njihovu kredibilnost i relevantnost. Prepoznavanjem i rešavanjem nesigurnosti unapred, zainteresovane strane mogu donositi odluke zasnovane na jasnem razumevanju potencijalne varijabilnosti u ishodima. Ovaj proaktivan pristup ne samo da poboljšava robusnost rezultata studije, već i povećava poverenje među donosiocima odluka, investitorima i regulatornim telima. Može se zaključiti da temeljno istraživanje nesigurnosti i osetljivosti pomaže u optimizaciji alokacije resursa, poboljšanju održivosti i podsticanju inovacija u proizvodnji nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora ka otpornijim i ekonomski održivim rešenjima.

7. Uticaj proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora na životnu sredinu i ekonomiju

Proizvodnja nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja značajnu inovaciju u proizvodni održivih materijala, nudeći potencijalne ekološke i ekonomske koristi u poređenju sa tradicionalnim smolama dobijenim iz naftnih derivata. Kako globalne industrije sve više prioritizuju ekološku održivost i principe cirkularne ekonomije, nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora se pojavljuju kao obećavajuća alternativa zbog svog obnovljivog porekla i smanjenog ugljeničnog otiska. Ovo poglavlje istražuje procenu uticaja proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora na životnu sredinu kroz analizu PŽC i TEA. Ispitivanjem oba aspekta, ovo poglavlje ima za cilj da pruži sveobuhvatan pregled kako nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora mogu doprineti smanjenju ekoloških uticaja dok podstiču ekonomsku održivost u primeni u raznim industrijskim oblastima.

Nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora se dobija iz obnovljivih sirovina kao što su biljna ulja, poljoprivredni ostaci ili alge, dok se konvencionalne NPS



dobijaju iz fosilnih goriva. Ovaj inherentni aspekt održivosti je ključan jer se usklađuje sa globalnim naporima za smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte i zavisnosti od ograničenih resursa. Procena uticaja na životnu sredinu kroz PŽC procenjuje ceo životni ciklus nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora, od ekstrakcije sirovina i proizvodnih procesa do upotrebe proizvoda i odlaganja ili reciklaže na kraju životnog veka proizvoda. Ovaj holistički pristup omogućava kvantifikaciju negativnih uticaja na životnu sredinu kao što su emisija ugljen-dioksida, potrošnja energije, korišćenje vode i potencijalni uticaji na

ekosisteme i ljudsko zdravlje. Razumevanje ovih uticaja je ključno za identifikaciju prilika za optimizaciju proizvodnih procesa, poboljšanje efikasnosti resursa i minimizaciju ekološkog otiska.

Istovremeno, TEA pruža uvid u ekonomsku izvodljivost proizvodnje nezasićenih poliestarskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora analizirajući troškove, prihode i konkurentnost na tržištu. Uzima u obzir faktore kao što su kapitalne investicije, operativni troškovi, troškovi sirovina i potencijalne tržišne cene proizvoda na bazi bio-obnovljivih izvora. TEA pomaže zainteresovanim stranama da procene finansijsku održivost i atraktivnost prelaska na nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora, uzimajući u obzir tržišnu dinamiku, regulatorne okvire i potrošačke preferencije za održive proizvode. Integracijom ekoloških i ekonomskih perspektiva, ovo poglavlje opisuje kako nezasićene poliestarske smole na bazi bio-obnovljivih izvora mogu doprineti ciljevima održivog razvoja, dok zadovoljava industrijske zahteve za određenim svojstvima i profitabilnošću.

7.1. Uticaj na životnu sredinu: Ispitivanje ekoloških indikatora vezanih za proizvodnju nezasićenih poliesterskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja obećavajuću alternativu konvencionalnim smolama dobijenim iz naftnih derivata kako bi se smanjio negativan uticaj na životnu sredinu. Razumevanje ekoloških indikatora povezanih sa proizvodnjom NPS na bazi bio-obnovljivih izvora je ključno za procenu održivosti njihove proizvodnje tokom celog životnog ciklusa. Ovo ispitivanje obuhvata različite ekološke aspekte, uključujući ugljenični otisak, uticaj na sistem voda, potrošnju energije, efikasnost materijala i potencijalne uticaje na ekosisteme i ljudsko zdravlje.

Prvo, procenom ugljeničnog otiska se evaluira nivo emisije gasova sa efektom staklene bašte povezane sa proizvodnjom NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ova procena uzima u obzir emisiju tokom svih faza životnog ciklusa, od prerade biomase do proizvodnje smola, transporta, upotrebe i njihovog odlaganja. NPS na bazi bio-obnovljivih izvora generalno pokazuju niži ugljenični otisak u poređenju sa smolama dobijenim iz fosilnih goriva zbog sekvestracije ugljen-dioksida tokom prerade biomase i manjeg oslanjanja na neobnovljive resurse. Ovo smanjenje doprinosi ublažavanju klimatskih promena, u skladu sa globalnim ciljevima održivosti.

Drugo, analiza uticaja na vodne sisteme fokusira se na procenu potrošnje sveže vode i potencijalne uticaje na vodne resurse povezane sa proizvodnjom NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ona procenjuje upotrebu vode tokom prerade biomase i proizvodnih faza, uzimajući u obzir i količinu korišćene vode i kvalitet vode koji je iskorišćen. Efikasno upravljanje vodnim resursima je ključno za minimizovanje ekoloških uticaja kao što su nestašica vode, zagađenje i degradacija staništa. Strategije za smanjenje vodenog otiska uključuju optimizaciju praksi navodnjavanja, reciklažu vode u proizvodnim procesima i implementaciju tehnologija koje štede vodu.

Treće, potrošnja energije igra značajnu ulogu u ekološkom profilu proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Procena upotrebe energije uključuje kvantifikaciju količine energije potrošene tokom prerade biomase, proizvodnje smole, njenog transporta i drugih faza. Efikasne prakse upravljanja energijom, kao što su korišćenje obnovljivih izvora energije i poboljšanje efikasnosti procesa, mogu smanjiti ukupnu potrošnju energije i povezane ekološke uticaje. Smanjenje upotrebe energije ne samo da smanjuje emisiju gasova sa efektom staklene bašte, već i poboljšava ukupnu održivost proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Pored toga, efikasnost materijala je ključna za procenu ekoloških uticaja, fokusirajući se na upotrebu resursa i generisanje otpada tokom proizvodnje. Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora ima za cilj optimizaciju efikasnosti materijala maksimizovanjem korišćenja obnovljivih sirovina i minimizovanjem generisanja otpada. Korišćenje održivih praksi nabavke, primena zatvorenih sistema za reciklažu i ponovna upotreba materijala, kao i



smanjenje proizvodnog otpada doprinose minimizovanju ekoloških uticaja i promovisanju očuvanja resursa.

Konačno, sveobuhvatno ispitivanje potencijalnih uticaja na ekosisteme i ljudsko zdravlje uključuje procene toksičnosti. Ova procena evaluira toksičnost sirovina, hemikalija korišćenih u proizvodnim procesima i emisije gasova oslobođenih u životnu sredinu. Identifikovanje i ublažavanje potencijalnih opasnosti kroz bezbedniji izbor materijala, usvajanje principa zelene hemije i implementaciju strogih mera kontrole zagađenja su ključni za zaštitu biodiverziteta i ljudskog blagostanja. Integrisanjem ovih ekoloških indikatora, zainteresovane strane mogu razviti strategije za poboljšanje faktora održivosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, da usklade proces proizvodnje sa regulativama cirkularne ekonomije i da minimizuju ekološki otisak tokom NPS životnog ciklusa.

7.2. Ekonomski indikatori: Analiza ekonomske isplativosti, tržišnih prilika i konkurentnosti nezasićenih poliesterskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora u poređenju sa konvencionalnim nezasićenim poliestarskim smolama

Analiza uticaja proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na ekonomiju uključuje procenu njenih potencijalnih koristi, tržišnih prilika i konkurentnosti u odnosu na konvencionalne smole dobijene iz naftnih derivata. Kako industrije sve više prioritizuju održivost i kako se regulativni pritisci intenziviraju, NPS na bazi bio-obnovljivih izvora nude ekonomsku prednost. Ova analiza istražuje različite ekonomske dimenzije, uključujući cenovnu konkurentnost, dinamiku tržišta, potencijal za inovacije i strateške prednosti.

Prvo, **ekonomska korist od proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora** proizilazi obnovljivog karaktera sirovina iz kojih su napravljene, što smanjuje zavisnost od promenljivih cena fosilnih goriva. Iako početni troškovi ulaganja za prelazak na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu biti viši zbog novih tehnologija i infrastrukture, dugoročne operativne uštede mogu biti značajne. Kako ne postoji borba sa nestabilnim cenama nafte i postoje potencijalne uštede u upravljanju otpadom i usklađivanju sa regulativama proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora pokazuje ekonomsku otpornost i stabilnost.

Tržišne prilike za NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se šire kako se potražnja potrošača pomera ka održivim proizvodima. Povećanom svesći o ekološkim pitanjima i rastućom regulatornom podrškom proizvodnji materijala na bazi bio-obnovljivih izvora stvaraju se povoljni uslovi za prodor ovih materijala na tržište. Industrije kao što su građevinarstvo, automobilska industrija, elektronika i proizvodnja raznih vrsta pakovanja istražuju alternativne materijale koji su na bazi bio-obnovljivih izvora kako bi ispunile ciljeve održivosti i zahteve potrošača za zelenijim proizvodima. Diferencijacija na tržištu zasnovana na dobrom uticaju na životnu sredinu i željenim svojstvima dodatno čini proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora privlačnom, potencijalno omogućavajući premium cene i osiguravanje učešća na tržištu ovih proizvoda.



Analiza **konkurentnosti** uključuje poređenje **NPS na bazi bio-obnovljivih izvora** sa konvencionalnim smolama u smislu svojstava, ekonomske efikasnosti i mogućnosti povećanja njihove proizvodnje na industrijski nivo. Napredak u tehnologiji proizvodnje materijala na bazi bio-obnovljivih izvora je smanjio jaz u svojstvima NPS na bazi bio-obnovljivih izvora i onih NPS dobijenih iz fosilnih goriva, čineći NPS na bazi

bio-obnovljivih izvora sve više održivim za širi spektar primena. Cenovna konkurentnost zavisi od faktora kao što su dostupnost sirovina, efikasnost proizvodnje i obim ekonomije. Strateška partnerstva, pristup finansiranju istraživanja, kao i razvoj i politika podrške mogu povećati konkurentnost ubrzavanjem inovacija, poboljšanjem efikasnosti proizvodnje i smanjenjem troškova.

Potencijal za inovacije je značajan pokretač ekonomskih koristi u sektoru proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Kontinuirani napor u istraživanju i razvoju fokusirani su na poboljšanje svojstava materijala, povećanje efikasnosti procesa i razvoj novih primena. Inovacije u formulacijama NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, kao što su povećanje biorazgradivosti, poboljšanje mehaničkih svojstava ili uvođenje funkcionalnih aditiva, proširuju tržišne mogućnosti i zadovoljavaju specifične potrebe industrije. Prava intelektualne svojine i patenti povezani sa tehnologijama na bazi bio-obnovljivih izvora pružaju konkurentne prednosti i omogućavaju kompanijama da zadrže vrednost na tržištima.

Strateške prednosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora uključuju održiv karakter koji je u skladu sa ciljevima korporativne društvene odgovornosti i regulatornim zahtevima. Kompanije koje usvajaju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se diferenciraju kao ekološki odgovorne i imaju veću priliku za nabavku zelenih sirovina. Vladini podsticaji i subvencije za proizvode na bazi bio-obnovljivih izvora dodatno podstiču usvajanje i ulaganje u održive tehnologije, povećavajući tržišnu konkurentnost. Sklapanje partnerstava, od dobavljača biomase do krajnjih korisnika, jača otpornost lanca snabdevanja i podstiče zajedničke inovacije u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Izazovi u povećanju obima proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora uključuju ograničenja u postojećoj tehnologiji, ograničenu dostupnost biomase i troškove razvoja infrastrukture. Prevazilaženje ovih izazova zahteva ulaganja u istraživanje, pilot projekte i saradnju između industrije, akademske zajednice i vladinih aktera. Analiza troškova životnog ciklusa uzima u obzir ukupne troškove vlasništva tokom životnog ciklusa proizvoda, uključujući proizvodnju, upotrebu, održavanje i odlaganje. Kombinovanjem ekoloških, ekonomskih i socijalnih faktora, analiza troškova životnog ciklusa doprinosi efikasnijem donošenju odluka i predstavlja podršku praksi održive nabavke.

Ulaganje u proizvodne pogone i infrastrukturu za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora je ključno za ostvarivanje dugoročne ekonomske koristi. Finansijski modeli, kao što su neto sadašnja vrednost (NPV), interna stopa povrata (IRR) i analiza perioda povrata, procenjuju održivost ulaganja i povrat uložених sredstava. Procena rizika i strategije ublažavanja određuju stepen neizvesnosti u tržišnoj potražnji, usklađenost sa regulativama i

tehnološkim napretkom. Saradnja sa finansijskim institucijama, rizičnim kapitalistima i javno-privatnim partnerstvima olakšava pristup finansiranju i ubrzava ulazak na tržište za proizvođače NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Strateški marketing i brendiranje čine ponudu NPS na bazi bio-obnovljivih izvora vidljivijom zainteresovanim stranama, uključujući kupce, investitore i regulatorna tela. Postupci sertifikacije i ekološkog označavanja potvrđuju da je proizvod dobijen u skladu sa održivom praksom i povećavaju prihvatanje proizvoda na tržištu. Transparentnost i sledljivost lanca snabdevanja pokazuju posvećenost etičkoj nabavci i ekološkoj odgovornosti. Industrijske asocijacije, trgovinske organizacije i zajedničke inicijative promovišu deljenje znanja, promociju i kolektivne akcije za unapređenje sektora proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Može se zaključiti da ekonomska analiza proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora pokazuje njihov potencijal u konkurentnosti, iskorišćavanju tržišnih prilika i povećanja inovacija u proizvodnji održivih materijala. Korišćenjem obnovljivih resursa, smanjenjem ekoloških uticaja i zadovoljavajući potražnju potrošača za zelenijim alternativama, NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se pozicioniraju kao ključni pokretači ekonomskog rasta, održivosti i otpornosti na globalnom tržištu smola. Nastavak ulaganja u istraživanje, razvoj i komercijalizaciju je ključan za postizanje prihvatanja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u različitim oblastima industrije na globalnom nivou.

8. Pregled regulativa i politika poslovanja vezana za proizvodnju nezasićenih poliesterskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Regulative i politike poslovanja sve više oblikuju proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, odražavajući globalne obaveze prema održivosti i ekološkoj odgovornosti. Kako industrije nastoje da smanje svoj ugljenični otisak i poboljšaju efikasnost resursa, NPS na bazi bio-obnovljivih izvora su se pojavile kao obećavajuća alternativa tradicionalnim smolama dobijenim iz naftnih derivata. Ovo poglavlje istražuje regulatorne okvire i dinamiku politike poslovanja vezanih za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, ispitujući kako ovi faktori utiču na dinamiku tržišta, podsticaje za inovacije i održivost.



efektom staklene bašte i podsticanje cirkularne ekonomije. Ove regulative uključuju ekološke standarde za uzgoj biomase, preradu i proizvodnju smola, sa ciljem minimizovanja ekoloških uticaja kao što su emisija ugljen-dioksida, potrošnja vode i remećenje ekosistema. Usklađenost sa ovim regulativama zahteva od proizvođača NPS da usvoje transparentne prakse u lancu snabdevanja, ulažu u održive tehnologije i pokažu usklađenost sa strogim ekološkim kriterijumima.

Okviri politike koji podržavaju proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora obuhvataju niz inicijativa sastavljenih tako da podstaknu inovacije i prihvatanje na tržištu. Vladine politike često uključuju finansijske podsticaje, grantove i subvencije za podršku istraživanju i razvoju u oblasti materijala na bazi bio-obnovljivih izvora, poboljšanje efikasnosti proizvodnje i proširenje komercijalizacije. Pored toga, politike nabavke koje favorizuju proizvode na bazi bio-obnovljivih izvora u javnom i privatnom sektoru stimulišu potražnju i stvaraju tržišne prilike za proizvođače NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Usklađivanjem sa regulatornim i političkim okvirima, zainteresovane strane u sektoru NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu imati smernice kroz regulatorne složenosti, iskoristiti tržišne podsticaje i doprineti održivom ekonomskom rastu dok ispunjavaju ekološke ciljeve.

Može se zaključiti da regulative i politike poslovanja imaju veliki uticaj na oblikovanje buduće proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, usmeravajući prakse industrije ka održivosti, inovacijama i tržišnoj konkurentnosti. Razumevanjem i usklađivanjem sa ovim okvirima, proizvođači NPS mogu ne samo ispuniti regulatorne zahteve već i iskoristiti podršku za unapređenje održivih rešenja i sve veće prihvatanja materijala na bazi bio-obnovljivih izvora na globalnim tržištima.

8.1. Regulatorni okviri: Pregled regulativa i standarda koji utiču na proizvodnju materijale na bazi bio-obnovljivih izvora, pa i nezasićenih poliesterskih smola

Regulatorni okvir u kome mora da se kreće proces proizvodnje materijalima na bazi bio-obnovljivih izvora, uključujući i NPS, je složen i višeslojan, i odražava šire ciljeve

održivosti, zaštite životne sredine i tržišne pravičnosti. Ove regulative i standardi igraju ključnu ulogu u vođenju razvoja, proizvodnje i komercijalizacije NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, i osiguravaju ispunjenje ekoloških i sigurnosnih standarda, dok podstiču inovacije i rast tržišta. Ovo poglavlje prikazuje različite regulatorne aspekte koji utiču na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Prvo, ekološke regulative su ključne za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ove regulative obuhvataju ceo životni ciklus proizvoda, od nabavke sirovina do proizvodnje, upotrebe i odlaganja. U **Evropskoj uniji**, **regulativa REACH** (Registracija, evaluacija, autorizacija i ograničenje hemikalija) zahteva od proizvođača da registruju hemikalije korišćene u proizvodnji, pružajući detaljne informacije o njihovim svojstvima, opasnostima i bezbednoj upotrebi. Ovo osigurava da su NPS na bazi bio-obnovljivih izvora bezbedne za ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Pored toga, **Direktiva o obnovljivoj energiji Evropske unije** i **Standard za obnovljive goriva Sjedinjenih Američkih Država** promovišu korišćenje obnovljivih resursa, indirektno podržavajući sektor NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.



Održiva nabavka sirovina je važna regulatorna tačka. Regulative često nalažu korišćenje održivo nabavljene biomase, osiguravajući da poljoprivredne prakse ne dovode do krčenja šuma, gubitka biodiverziteta ili drugih ekoloških šteta. Sertifikati kao što su **Forest Stewardship Council (FSC)** i **Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB)** pružaju okvire za održivo nabavljanje, pomažući proizvođačima da pokažu usklađenost sa ovim standardima i steknu prihvatanje na tržištu.

Regulative koje se odnose na emisiju gasova sa efektom staklene bašte značajno utiču na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Vlade širom sveta postavljaju strože ciljeve za smanjenje emisije ugljen-dioksida, a materijali na bazi bio-obnovljivih izvora se vide kao ključna strategija za postizanje ovih ciljeva. Metodologije procene životnog ciklusa često su obavezne za kvantifikaciju ugljeničnog otiska NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, pružajući jasnu sliku o njihovim ekološkim prednostima u odnosu na konvencionalne smole. Usklađenošću sa ovim regulativama ne samo da osigurava zaštita životne sredine, već se i poboljšava tržišnu privlačnost NPS na bazi bio-obnovljivih izvora kao zelenijim alternativama.

Principi upravljanja otpadom i cirkularne ekonomije sve više se uključuju u regulatorne okvire. **Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju Evropske unije** i slične inicijative u drugim regionima promovišu reciklažu i ponovnu upotrebu materijala, uključujući NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ove regulative podstiču razvoj proizvoda koji su lakši za reciklažu i imaju manji uticaj na životnu sredinu na kraju njihovog životnog ciklusa. Proizvođači su obavezni da uzmu u obzir ceo životni ciklus svojih proizvoda, čime se podstiču inovacije u dizajnu i proizvodnim procesima.

Postojanje standarda po kojima se proizvod dobija i sertifikati su neophodni za prihvatanje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na tržištu. Organizacije za standardizaciju kao što su **American Society for Testing and Materials (ASTM International)** i **International Organization for Standardization (ISO)** razvijaju standarde za proizvode na bazi bio-obnovljivih izvora, uključujući specifikacije za svojstva, sigurnost i održivost. Neki primeri ASTM standarda koji se primenjuju na proizvodnju UPR-a na bazi biomaterijala su:

- **ASTM D6866:** Standardni test za određivanje sadržaja bio-obnovljivih sirovina u čvrstim, tečnim i gasovitim uzorcima pomoću radiokarbonske analize
- **ASTM D2240:** Standardna metoda za analiziranje svojstva gume — određivanje tvrdoće durometrom
- **ASTM D5033:** Standardni vodič za razvoj ASTM standarda vezanih za procenu uticaja proizvoda na životnu sredinu
- **ASTM D790:** Standardna metoda za savojna svojstva nearmirane i armirane plastike i materijala za električnu izolaciju

Neki od ISO standarda koji se primenjuju na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora su:

- **ISO 14040:** Menadžment životne sredine — Procena životnog ciklusa — Principi i okvir
- **ISO 14044:** Menadžment životne sredine — Procena životnog ciklusa — Zahtevi i smernice
- **ISO 14067:** Gasovi sa efektom staklene bašte — Ugljenični otisak proizvoda — Zahtevi i smernice za kvantifikaciju

Usklađenost sa ovim standardima pomaže proizvođačima da osiguraju da njihovi proizvodi ispunjavaju tržišna očekivanja i regulatorne zahteve, olakšavajući ulazak na tržište i prihvatanje.



Oznaka koju izdaje USDA BioPreferred Program (Izvor: <https://united-tech.com/usda-biopreferred-certification/>)

Regulative o označavanju i transparentnosti igraju značajnu ulogu u informisanju potrošača i zainteresovanih strana o sadržaju bio-obnovljivih sirovina i ekološkim prednostima NPS. Eko-oznaka i sertifikati, kao što su **USDA BioPreferred Program** i **EU Ecolabel**, pružaju potrošačima informacije o sadržaju bio-obnovljive sirovine i uticaju proizvoda na životnu sredinu. Ove oznake pomažu u izgradnji poverenja potrošača i podstiču potražnju za održivim proizvodima, uključujući NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.



EU Eko-oznaka (Izvor: www.ecolabel.be)

Vladini podsticaji i subvencije su ključni za promovisanje prihvatanja materijala na bazi bio-obnovljivih izvora. Mnoge vlade nude finansijske podsticaje, poreske olakšice i grantove za podršku razvoju i komercijalizaciji proizvoda na bazi bio-obnovljivih izvora. Na primer, Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država pruža finansiranje za istraživanje i razvoj u oblasti materijala na bazi bio-obnovljivih izvora, dok program Horizont 2020 Evropske unije podržava inovacije u održivim tehnologijama. Ovi podsticaji smanjuju finansijske barijere i podstiču investicije u proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Međunarodne trgovinske regulative utiču na globalno tržište za NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Tarife, trgovinski sporazumi i regulative o uvozu/izvozu mogu olakšati ili otežati protok proizvoda na bazi bio-obnovljivih izvora preko granica zemalja. Harmonizacija regulativa i standarda između zemalja je ključna za osiguranje da NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu efikasno konkurisati na globalnim tržištima. Napori poput **Transatlantskog trgovinskog i investicionog partnerstva** (TTIP) imaju za cilj smanjenje regulatornih razlika i promovisanje trgovine materijalima na bazi bio-obnovljivih izvora.

Regulative o zdravlju i bezbednosti osiguravaju da NPS na bazi bio-obnovljivih izvora ne predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje tokom proizvodnje, upotrebe ili odlaganja. Standardi za bezbednost na radu, kao što ih sprovodi **Uprava za bezbednost i zdravlje na radu (OSHA)** u **Sjedinjenim Američkim Državama**, nalažu bezbedne uslove rada i korišćenje zaštitne opreme u proizvodnim pogonima. Regulative o bezbednosti potrošača zahtevaju rigorozno testiranje i sertifikaciju kako bi se osiguralo da su NPS na bazi bio-obnovljivih izvora bezbedne za upotrebu u različitim aplikacijama.

Na kraju, angažovanje zainteresovanih strana i učešće javnosti sve više se priznaju u regulatornim okvirima kao ključni za razvoj efikasnih i prihvatljivih politika. Javne

konsultacije, sastanci sa zainteresovanim stranama i kolaborativne platforme omogućavaju donosiocima regulativa da prikupe povratne informacije od industrije, akademske zajednice i civilnog društva. Ovaj inkluzivni pristup osigurava da su regulative dobro informisane, uravnotežene i usklađene sa interesima svih zainteresovanih strana, podstičući veće prihvatanje i usklađenost.

Može se zaključiti da regulatorni okvir za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora obuhvata širok spektar razmatranja, od zaštite životne sredine i održivosti do tržišne pravičnosti i bezbednosti potrošača. Pridržavanjem ovih regulativa i standarda, proizvođači mogu osigurati da njihovi proizvodi ne samo da su usklađeni, već i konkurentni na globalnom tržištu. Kako se regulatorni pejzaž nastavlja razvijati, kontinuirana saradnja između industrije, vlade i drugih zainteresovanih strana biće ključna za podršku rastu i inovacijama u sektoru proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

8.2. Donosioci politika poslovanja: Uloga politika u promovisanju održivosti i principa cirkularne ekonomije u industrijskim sektorima

Donosioci politika igraju ključnu ulogu u promovisanju održivosti i principa cirkularne ekonomije u industrijskim sektorima, uključujući proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Vlade i međunarodna tela sprovode niz politika i regulativa namenjenih smanjenju uticaja na životnu sredinu, podsticanju korišćenja obnovljivih resursa i unapređenju inovativnih, održivih industrijskih praksi. Na primer, politike poput **Akcionog plana za cirkularnu ekonomiju Evropske unije** i **Standarda za obnovljiva goriva Sjedinjenih Američkih Država** zahtevaju usvajanje resursno efikasnih procesa i korišćenje bio-obnovljivih materijala. Ove regulative podstiču industrijske sektore da smanje otpad, unaprede reciklažu i ponovnu upotrebu, i smanje svoj ugljenični otisak. Postavljanjem jasnih ciljeva zaštite životne sredine i pružanjem finansijskih podsticaja poput grantova, poreskih olakšica i subvencija, ove politike podstiču industrije da investiraju u čistije tehnologije i održive materijale, čime se podržava prelazak ka cirkularnoj i održivoj ekonomiji.

Takođe, politike koje promovišu transparentnost i odgovornost ključne su za uspešnu implementaciju principa održivosti i cirkularne ekonomije. Zahtevi za izveštavanje o životnoj sredini, obeležavanje proizvoda i analize životnog ciklusa osiguravaju da industrije tačno mere svoje uticaje na životnu sredinu. Ova transparentnost pomaže u izgradnji poverenja potrošača i podstiče potražnju na tržištu za održivim proizvodima. Politike koje podržavaju proširenu odgovornost proizvođača i eko-dizajn takođe primoravaju proizvođače da razmotre ceo životni ciklus svojih proizvoda, od prerade sirovina do odlaganja proizvoda na kraju životnog veka. Ovaj holistički pristup podstiče razvoj proizvoda koji nisu samo ekološki prihvatljivi, već i ekonomski održivi, jer smanjuju troškove dugoročnog upravljanja otpadom i stvaraju mogućnosti za obnovu resursa i reciklažu. Integracijom ovih politika, industrijski sektori mogu uskladiti svoje operacije sa širim ciljevima zaštite životne sredine, doprinoseći globalnim naporima za održivošću i podržavajući stabilnu cirkularnu ekonomiju.

8.3. Studije slučaja: Primeri uticaja politika poslovanja na usvajanje i proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora

Studija slučaja 1: Bioekonomija Strategija Evropske unije

Evropska unija je implementirala sveobuhvatnu Bioekonomsku Strategiju kako bi podstakla usvajanje bio-obnovljivih materijala, uključujući NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ova strategija ima za cilj smanjenje zavisnosti od fosilnih resursa, promovisanje održivih poljoprivrednih praksi i stimulisanje ekonomskog rasta kroz bio-obnovljive inovacije. Ključne politike u okviru ove strategije uključuju značajna sredstva putem programa poput Horizon 2020 i njegovog naslednika Horizon Europe. Ovi programi pružaju finansijsku podršku za istraživanje i razvoj u održivim industrijama, olakšavajući tehnološki napredak i napore u komercijalizaciji. Značajan primer uticaja politike je finansiranje koje pruža Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU), javno-privatno partnerstvo unutar Horizon 2020. Ova inicijativa značajno je podstakla razvoj NPS na bazi bio-obnovljivih izvora podržavajući projekte usmerene na unapređenje procesa proizvodnje, poboljšanje performansi proizvoda i povećanja obima proizvodnih kapaciteta. Kao rezultat toga, kompanije u EU su bile u mogućnosti da razviju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora unapređenih svojstava koji zadovoljavaju industrijske standarde, što je dovelo do veće potražnje na tržištu. Proaktivne politike EU su tako odigrale ključnu ulogu u napredovanju industrije NPS na bazi bio-obnovljivih izvora pružanjem potrebnih resursa i stvaranjem podsticajnog okruženja za inovacije.

Studija slučaja 2: Standard za obnovljiva goriva (RFS) Sjedinjenih Američkih Država i USDA BioPreferred Program

U Sjedinjenim Američkim Državama, Standard za obnovljiva goriva (RFS) i USDA BioPreferred Program značajno su uticali na usvajanje i proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. RFS nalaže uključivanje obnovljivih goriva u nacionalno snabdevanje transportnim gorivima, indirektno promovišući korišćenje bio-obnovljivih materijala putem povećanja dostupnosti obnovljivih resursa. S druge strane, BioPreferred Program podstiče kupovinu i korišćenje bio-obnovljivih proizvoda putem federalnih preferencijalnih nabavki i dobrovoljnih inicijativa za obeležavanje. Posebno USDA BioPreferred Program je bio usmeren ka povećanju vidljivosti i prodora NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na tržište. Dodelom BioPreferred oznake kvalifikovanim proizvodima, program pomaže potrošačima da identifikuju i potražuju bio-obnovljive alternative. Ova sertifikacija je podstakla proizvođače da investiraju u proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, znajući da postoji rastuće tržište za sertifikovane održive proizvode. Dodatno, nabavke koje program preferira osiguravaju da federalne agencije prioritet daju bio-obnovljivim proizvodima, što dodatno podstiče potražnju. Ove politike su zajedno stvorile podsticajno tržišno okruženje koje

stimuliše proizvodnju i potražnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u Sjedinjenim Američkim Državama.

Studija slučaja 3: Japanska strategija Biomasa Nippon

Japanska strategija Biomasa Nippon, pokrenuta 2002. godine i revidirana 2010. godine, ima za cilj promovisanje korišćenja biomase kao resursa radi postizanja održive i niskougljenične privrede. Ova strategija obuhvata različite politike i mere koje podržavaju razvoj bio-obnovljivih industrija, uključujući poreske olakšice, subvencije i finansiranje istraživanja za bio-obnovljive materijale kao što su NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Pod ovom strategijom, japanska vlada pružila je značajnu podršku istraživačko-razvojnim projektima usmerenim na NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Jedna od značajnih inicijativa je saradnja između akademije, industrije i vladinih agencija radi unapređenja tehnologija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Na primer, Organizacija za novu energiju i razvoj industrijske tehnologije (NEDO) finansirala je više projekata sa ciljem poboljšanja efikasnosti i održivosti procesa proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ovi naponi doveli su do značajnih tehnoloških proboja, čineći NPS na bazi bio-obnovljivih izvora konkurentnijim konvencionalnim smolama u pogledu svojstava i troškova. Strategija Biomasa Nippon takođe naglašava važnost stvaranja tržišnih prilika za bio-obnovljive proizvode. Putem kampanja za podizanje svesti javnosti i promocije ekološki prihvatljivih proizvoda, japanska vlada je podstakla prihvatanje i potražnju za NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Kao rezultat toga, nekoliko japanskih kompanija uspešno je komercijalizovalo proizvode NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, doprinoseći rastu bioekonomije i smanjenju ugljeničnog otiska zemlje. Strateška kombinacija podrške politika, finansijskih podsticaja i inicijativa za razvoj tržišta u okviru strategije Biomasa Nippon bila je presudna za povećanje prihvatanja i proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u Japanu.

9. Najbolje prakse i studije slučaja vezane za proizvodnju bio-obnovljivih nezasićenih poliestarskih smola

Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja značajan napredak u razvoju održivih materijala, nudeći ekološki prihvatljivu alternativu tradicionalnim smolama na bazi naftnih derivata. Razvoj ovih materijala je postignut primenom dobrih praksi, koje uključuju inovativan izbor sirovina, efikasne procese sinteze i strategije za upravljanje otpadom. Ove prakse su ključne za optimizaciju efikasnosti proizvodnje, minimizaciju uticaja na životnu sredinu i osiguranje ekonomske održivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Takođe, različite studije slučaja ističu uspešnu primenu ovih praksi, pružajući vredne uvide i referentne tačke za industrijske subjekte. Ovi primeri predstavljaju potencijal NPS na bazi bio-obnovljivih izvora da doprinesu cirkularnoj ekonomiji i smanje ugljenični otisak industrije proizvodnje materijala.

9.1. Najbolje prakse: Strategije za optimizaciju uticaja na životnu sredinu i ekonomske isplativosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora

Optimizacija uticaja na životnu sredinu i ekonomska isplativost proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može se postići kroz sledeće strategije:

1. **Diverzifikacija i optimizacija sirovina:** Korišćenje raznovrsnih obnovljivih sirovina kao što su poljoprivredni otpad, lignocelulozna biomasa i alge, unapređuje se kako održivost, tako i ekonomska isplativost. Diversifikacijom izvora sirovina, proizvođači mogu smanjiti zavisnost od pojedinačnih materijala, umanjiti rizike u snabdevanju i smanjiti troškove transporta i emisiju gasova. Lokalno snabdevanje sirovinama takođe podržava ekonomiju na lokalnom nivou i smanjuje se ukupni ugljenični otisak.
2. **Napredni inženjering primenjen u procesu proizvodnje:** Implementacija naprednih tehnologija procesa poput reaktivne destilacije, mikrotalasne polimerizacije i kontinualnih reaktora može znatno unaprediti efikasnost proizvodnje. Ove tehnologije povećavaju brzinu reakcije, prinos i kvalitet proizvoda, dok istovremeno smanjuju potrošnju energije i vreme proizvodnje. Tehnike intenzifikacije procesa takođe minimizuju otpad i emisiju gasova, što dovodi do boljeg uticaja na životnu sredinu i smanjenju troškova.
3. **Korišćenje obnovljivih izvora energije:** Korišćenje obnovljivih izvora energije poput solarne, energije vetra ili biomase u procesu proizvodnje može drastično smanjiti ugljenični otisak NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Korišćenjem obnovljivih izvora energije proizvođači mogu smanjiti svoju zavisnost od fosilnih goriva, smanjiti emisiju gasova sa efektom staklene bašte i potencijalno imati koristi zbog nižih troškova utroška energije. Ovaj pristup takođe je u skladu sa globalnim trendovima održivosti i korišćenja obnovljivih izvora energije.
4. **Upravljanje životnim ciklusom i prakse cirkularne ekonomije:** Implementacija procene životnog ciklusa za evaluaciju ekoloških uticaja u svakom koraku životnog ciklusa proizvoda pomaže identifikaciji oblasti koje mogu da se poboljšaju. Usvajanje praksi cirkularne ekonomije, poput reciklaže otpadnih materijala i ponovne upotrebe nusproizvoda u procesu proizvodnje, može poboljšati efikasnost iskorišćenja resursa i smanjiti otpad. Dizajniranje proizvoda koji mogu da se recikliraju ili su biorazgradivi je u skladu sa ekološkom održivošću.
5. **Istraživanja i razvoj kroz zajedničku saradnju:** Uključivanje u kolaborativna istraživanja i razvoj sa akademskim institucijama, industrijskim partnerima i vladinim



agencijama može podstaći inovacije i optimizovati procese proizvodnje. Javno-privatna partnerstva mogu olakšati razmenu znanja, pružiti prilike za finansiranje i pristup novim tehnologijama. Kolaborativni naponi mogu dovesti do proboja u procesiranju sirovina, metodama sinteze i svojstvima proizvoda, što na kraju utiče na bolje ekonomske rezultate i manji uticaj na životnu sredinu.



Usvajanjem ovih strategija, proizvođači NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu unaprediti nivo održivosti proizvodnje, poboljšati ekonomsku efikasnost i doprineti održivijoj industriji materijala.

9.2. Studije slučaja u industrijskom sektoru: Primeri uspešne primene procene životnog ciklusa i tehnološko-ekonomske analize u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora

Industrijske studije slučaja demonstriraju praktičnu primenu i koristi procene životnog ciklusa i tehnološko-ekonomske analize proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Evo pet realnih primera koji prikazuju uspešnu primenu:

1. NatureWorks i Ingeo Biopolimer: NatureWorks, vodeći proizvođač plastika dobijenih iz bio-obnovljivih izvora, koristi PŽC i TEA za procenu proizvodnje Ingeo polimera na bazi bio-obnovljivih izvora. Kroz detaljnu PŽC, kvantifikovali su ekološke koristi od korišćenja obnovljivih sirovina, poput kukuruza, u poređenju sa konvencionalnim plastikama na bazi naftnih derivata. TEA im je pomogla da optimizuju procese proizvodnje, smanje troškove i unaprede ekonomsku izvodljivost, što je dovelo do održivijeg i konkurentnijeg proizvoda na tržištu.

2. Covestro i polioli na bazi CO₂: Covestro je uspešno implementirao PŽC i TEA u razvoju poliola na bazi CO₂, koji se koristi za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Njihove PŽC studije su pokazale značajno smanjenje ugljeničnog otiska korišćenjem otpadnog CO₂ kao sirovine. TEA je pružila podatke vezane za smanjenje troškova i potencijalne tržišne prednosti, pomažući Covestrou da poveća proizvodnju i integriše ovaj inovativni proces u postojeće proizvodne operacije.
3. Archer Daniels Midland (ADM) i itakonska kiselina dobijena iz bio-obnovljivih sirovina: ADM je primenio PŽC i TEA za evaluaciju proizvodnje itakonske kiseline iz kukuruza, koja služi kao monomer za proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Njihova PŽC je otkrila da se postiže niža emisija gasova sa efektom staklene bašte i smanjuje se potrošnja energije u poređenju sa proizvodnjom naftnih alternativa. TEA analiza je pomogla ADM-u da identifikuje izvore troškova i optimizuje proces proizvodnje, čineći itakonsku kiselinu iz bio-obnovljivih sirovina ekonomski konkurentnom i ekološki prihvatljivom.
4. Reverdia i Biosukcinijum: Reverdia, zajedničko preduzeće između DSM-a i Roquette-a, proizvodi Biosukcinijum, sukcininsku kiselinu iz bio-obnovljivih sirovina koja se koristi u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Kroz sveobuhvatnu PŽC, Reverdia je pokazala da Biosukcinijum ima značajno manji uticaj na životnu sredinu u poređenju sa fosilnim sukcinijumom. TEA je omogućila da optimizuju svoj proces proizvodnje, postignu efikasnosti u troškovima i unaprede ukupnu ekonomsku izvodljivost svog proizvoda iz bio-obnovljivih sirovina.
5. Novamont i Mater-Bi smole: Novamont, lider u industriji plastika dobijenih iz bio-obnovljivih sirovina, koristi PŽC i TEA za optimizaciju svojih Mater-Bi smola, koje se koriste u različitim oblastima, uključujući proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Njihove PŽC studije pokazuju manji uticaj Mater-Bi smola na životnu sredinu, poput niže emisije ugljen-dioksida i biorazgradljivosti. TEA je pomogla Novamont-u da unapredi svoje tehnike proizvodnje, smanji troškove i osigura da NPS na bazi bio-obnovljivih izvora budu ekonomski i ekološki održive. Ovi primeri ilustruju kako kompanije koriste PŽC i TEA za unapređenje održivosti i ekonomske isplativosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, što dovodi do proboja inovativnih i konkurentnih proizvoda na tržištu.

10. Budući trendovi i inovacije u proizvodnji nezasićenih poliesterskih smola na bazi bio-obnovljivih izvora

Proizvodnja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora ima dobre osnove za implementiranje u industrijska postrojenja zahvaljujući stalnim inovacijama i novim trendovima. Kako industrija sve više daje prioritet održivosti i odgovornosti prema životnoj sredini, očekuje se da će razvoj novih sirovina na bazi bio-obnovljivih izvora, napredni procesi sinteze i poboljšane tehnologije proizvodnje igrati ključnu ulogu. Pored toga, trendovi poput integracije veštačke inteligencije i mašinskog učenja za optimizaciju procesa, istraživanja novih bio-resursa i primene principa cirkularne ekonomije, doprineće povećanju efikasnosti i ekološke prihvatljivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Ove inovacije ne samo da doprinose smanjenju ugljeničnog otiska i povećanju ekonomske održivosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, već i otvaraju put ka održivijim i otpornijim materijalima kod raznih primena.

Evo nekih rezultata **istraživanja tržišta nezasićenih poliesterskih smola između 2016. i 2026. godine:**

- Veličina tržišta i rast: Globalno tržište nezasićenih poliesterskih smola procenjeno je na oko 10.052,8 miliona USD 2017. godine i očekuje se da će rasti po stopi godišnjeg rasta od 5,50% od 2018. do 2026. godine (izvori: Credence Research, Research & Markets).
- Analiza po regionima:
 - Azija-Pacifik: Ovaj region je dominirao globalnim tržištem 2017. godine, pokretan rastom građevinske, automobilske i elektronske industrije, pri čemu je Kina najveći proizvođač NPS-a globalno (izvori: Credence Research i Research & Markets).
 - Severna Amerika i Evropa: I u ovim regionima takođe značajan udeo na tržištu imaju NPS zbog svojih razvijenih raznih industrijskih sektora i stalnog renoviranja infrastrukture (izvor: Research & Markets).
- Segmentacija tržišta po tipovima:
 - Ortoftalatne smole: Ove smole su dominirale tržištem 2017. godine zbog svoje niske cene, čvrstoće i hemijske otpornosti (izvori: Credence Research, Research & Markets).
 - Izoftalatne smole: Bile prisutne na tržištu zbog poboljšanih svojstava neophodnih u specifičnim primenama (Credence Research).
- Segmentacija tržišta po industrijskim sektorima:
 - Građevinarstvo: NPS su imale najveći tržišni udeo 2017. godine zbog



primene NPS na krovovima, panelima i ojačanjima (izvori: Credence Research i Research & Markets).

- Pomorski sektor, transport, električna i elektronska industrija: Ovi sektori takođe značajno koriste NPS zbog trajnosti i važnih svojstava (izvori: Credence Research i Research & Markets).

Za grafičke prikaze analize tržišta NPS i predikcije se mogu koristiti neki od sledećih izvora: Credence Research, Research and Markets, Grand View Research, Statista i Frost & Sullivan.

Kako rezultati pokazuju postoji veliku zastupljenost NPS na tržištu može se zaključiti da bi proboj NPS na bazi bio-obnovljivih izvora kao održivija alternativa imao takođe veliki proctor na tržištu kao trenutno tako i u budućnosti.

10.1. Nove tehnologije: Inovacije u metodama proizvodnje i razvoju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora

Inovacije u metodama proizvodnje i razvoju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora se brzo implementiraju zbog potrebe za održivim alternativama tradicionalnim proizvodima na bazi naftnih derivata. Jedna značajna oblast inovacija uključuje razvoj novih monomera dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Istraživači ispituju alternative na bazi bio-obnovljivih izvora za dobijanje ftalnih anhidrida i maleinskih anhidrida, koji se tradicionalno dobijaju iz fosilnih goriva. **Monomeri dobijeni iz bio-obnovljivih izvora poput sukcininske kiseline, itakonske kiseline i derivata furana** privlače pažnju zbog upravo mogućnosti da se dobiju iz obnovljivih izvora i manjeg uticaja na životnu sredinu. Ovi **monomeri se sintetišu iz bio-obnovljivih izvora kao što su šećeri, skrob i lignocelulozni materijali**, što omogućava razvoj zelenih formulacija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Istraživanje novih bio-obnovljivih izvora za proizvodnju monomera je posebno privlačna opcija kada je u pitanju prelazak na proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Istraživači ispituju potencijal morskih algi i čak mikroorganizama poput bakterija i gljiva kao izvora monomera na bazi bio-obnovljivih sirovina. Za ove nekonvencionalne sirovine je važno to što postoji održiv uzgoj i brz rasta, što ih čini atraktivnim alternativama tradicionalnim poljoprivrednim kulturama. Na primer, **iz određenih vrsta algi mogu se proizvoditi ulja i ugljeni hidrati koji se mogu pretvoriti u ključne monomere za sintezu NPS**. Korišćenjem ovih novih bio-resursa, industrija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može diverzifikovati svoju bazu sirovina, smanjiti uticaj na životnu sredinu i stvoriti nove mogućnosti za održivu proizvodnju smola.

Još jedna ključna inovacija je korišćenje lignocelulozne biomase kao sirovine. Lignocelulozna biomasa, dobijena iz poljoprivrednih ostataka, drvetu i drugih neprehrambenih biljnih materijala, predstavlja bogat i obnovljiv izvor sirovina. Napredak u tehnologijama predobrade i konverzije, kao što su hidroliza i fermentacija, omogućio je **efikasno razlaganje lignocelulozne biomase u fermentabilne šećere** i druge vredne međuproizvode. Ovi međuproizvodi se zatim mogu koristiti za sintezu monomera kao što su **sukcininska kiselina**

i itakonska kiselina, koji su ključni za proizvodnju NPS. Upotrebom lignocelulozne mase ne samo da se smanjuje zavisnost od prehrambenih kultura već i se omogućava i održiviji način proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Nove tehnologije u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora podstiču značajan napredak kako tehnika, tako i materijala, s ciljem poboljšanja održivosti i efikasnosti. Jedna značajna inovacija je razvoj naprednih procesa biosinteze. U ovim procesima **koriste se enzimi ili mikroorganizmi za reakciju polimerizacije u proizvodnji NPS** na bazi bio-obnovljivih izvora. Biokataliza nudi nekoliko prednosti, uključujući blaže reakcione uslove, veću specifičnost i smanjenu potrošnju energije u poređenju sa tradicionalnim hemijskim katalizatorima. Optimizacijom ovih bioloških katalizatora, istraživači mogu da razviju NPS dobrih svojstava sa manjim uticajem na životnu sredinu.

Pored toga, napredak u intenzifikaciji i optimizaciji procesa utiče na poboljšanje ukupne efikasnosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Tehnike kao što su reaktori sa kontinuiranim protokom, membranske separacije i napredni sistemi kontrole procesa se integrišu kako bi se optimizovale operacije, minimizovao otpad i smanjila potrošnja energije. Ove tehnologije omogućavaju



proizvođačima da postignu veće prinose, bolji kvalitet proizvoda i niže proizvodne troškove, čime se poboljšava ekonomska održivost NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u poređenju sa konvencionalnim ekvivalentima.

Integracija veštačke inteligencije (AI) i mašinskog učenja (ML) takođe pomaže u razvoju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. AI i ML algoritmi se koriste za optimizaciju proizvodnih procesa analizom velikih skupova podataka, predviđanjem rezultata i predlaganjem poboljšanja u realnom vremenu. Ove tehnologije mogu poboljšati efikasnost procesa, smanjiti otpad i minimizovati potrošnju energije kontinuiranim učenjem i prilagođavanjem novim podacima. Na primer, AI modeli mogu predvideti optimalne uslove za reakciju polimerizacije, što dovodi do većih prinosa i boljeg kvaliteta proizvoda. Implementacija AI i ML u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora predstavlja značajan korak ka pametnijim, efikasnijim praksama proizvodnje.

Pored inovacija u razvoju materijala i procesima, koncept cirkularnosti sve više oblikuje proizvodnju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Principi cirkularne ekonomije promovišu **reciklažu i ponovnu upotrebu materijala i tokova otpada unutar proizvodnog ciklusa**. Proizvođači NPS na bazi bio-obnovljivih izvora ispituju zatvorene sisteme u kojima se nusproizvodi i proizvodi na kraju životnog veka recikliraju ili ponovo koriste. Ovaj pristup ne samo da smanjuje odlaganje otpada i iscrpljivanje resursa već i doprinosi održivijem životnom ciklusu materijala. Integrisanjem ovih novih tehnologija i strategija održivosti, industrija NPS

na bazi bio-obnovljivih izvora spremna je da igra ključnu ulogu u unapređenju ekološki prihvatljivih alternativa u raznim primenama, od građevinarstva do automobilske industrije.

10.2. Cirkularna ekonomija: Budući pravci za integraciju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u modele cirkularne ekonomije

Integracija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u modele cirkularne ekonomije predstavlja obećavajući pravac za unapređenje održivosti i efikasnosti resursa u industriji materijala. Koncept cirkularne ekonomije se zasniva na minimizovanju otpada, maksimizovanju upotrebe resursa i promovisanju kontinuiranih tokova materijala. Evo nekoliko budućih pravaca za integraciju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u okvire cirkularne ekonomije:

1. **Reciklaža i razdvajanje komponenti proizvoda:** Napredak u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora biće usmeren na razvoj proizvoda u odnosu na njihov kraj životnog veka. To uključuje optimizaciju formulacija smola kako bi se olakšalo lakše razdvajanje komponenti i njihova reciklaža na kraju životnog ciklusa proizvoda. Dizajniranjem NPS na bazi bio-obnovljivih izvora tako da se njene komponente lako razdvajaju i ponovo upotrebljavaju, proizvođači mogu stvoriti sisteme zatvorenog ciklusa gde se reciklirana NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može reintegrirati u nove proizvode, smanjujući potrošnju novih materijala i generisanje otpada.
2. **Biorazgradivost i kompostabilnost:** Formulacije NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu biti razvijene tako da im se poboljša biorazgradivosti i kompostabilnosti, kako bi se bezbedno odložile na kraju svog životnog ciklusa. Uključivanje biorazgradivih aditiva ili modifikacija strukture polimera kako bi se olakšali prirodni procesi degradacije u različitim okruženjima omogućiti će da sinteza i korišćenje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora bude u skladu sa principima cirkularne ekonomije. Ovaj pristup je posebno koristan kod primena gde se važni kompostabilni materijali, kao što su pakovanje i jednokratni proizvodi.
3. **Tehnologije reciklaže i infrastruktura:** Razvoj u oblasti reciklaže igraće ključnu ulogu u integraciji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u modele cirkularne ekonomije. Inovacije u hemijskoj reciklaži, mehaničkoj reciklaži i naprednim tehnologijama sortiranja omogućiće efikasno vraćanje NPS materijala iz tokova otpada. Uspostavljanje robusne infrastrukture za reciklažu i poboljšanje sistema prikupljanja biće ključno za zatvaranje ciklusa i osiguranje da se reciklirani NPS na bazi bio-obnovljivih izvora mogu ponovo uvesti u proizvodni ciklus.



4. **Saradnja i angažman zainteresovanih strana:** Saradnja učesnika duž lanca proizvodnje i korišćenja proizvoda, uključujući proizvođače smola, ljudi koji se bave reciklažom i donosiocima politika, biće ključna za uspešnu integraciju NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u modele cirkularne ekonomije. Angažman zainteresovanih strana može podstaći partnerstva, deljenje znanja i zajedničke inicijative usmerene na promovisanje održivih praksi i podsticanje inovacija. Usaglašavanjem interesa i zajedničkim radom na postizanju zajedničkih ciljeva, zainteresovane strane mogu prevazići prepreke i ubrzati usvajanje principa cirkularne ekonomije u proizvodnji i primeni NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.
5. **Podrška politike poslovanja i tržišni podsticaji:** Vladine politike i tržišni podsticaji igraće ključnu ulogu u podsticanju usvajanja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u praksu cirkularne ekonomije. Regulatorni okviri koji promovišu održivu nabavku, ciljeve smanjenja otpada i sheme proširene odgovornosti proizvođača mogu stvoriti podržavajuće okruženje za inicijative cirkularne ekonomije. Finansijski podsticaji, subvencije za razvoj infrastrukture za reciklažu i poreske olakšice za održive proizvode takođe mogu stimulirati potražnju na tržištu i ulaganja u tehnologije proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Integracija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u modele cirkularne ekonomije nudi put ka održivom upravljanju materijalima i očuvanju resursa. Fokusiranjem na dizajn za reciklažu, poboljšanje biorazgradivosti, unapređenje tehnologija reciklaže, podsticanje saradnje i implementaciju podrške politika poslovanja, industrija NPS na bazi bio-obnovljivih izvora može doprineti cirkularnoj i održivijoj budućnosti. Ovi napori će ne samo smanjiti uticaje na životnu sredinu već i podstaći ekonomske mogućnosti i inovacije u prelasku ka cirkularnoj ekonomiji.

10.3. Buduće istraživanje i razvoj radi unapređenja ekološke prihvatljivosti i ekonomske održivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora

Budući napori u oblasti istraživanja i razvoja NPS na bazi bio-obnovljivih izvora treba da se fokusiraju na nekoliko ključnih oblasti kako bi se unapredila ekološka i ekonomska održivost. Jedna ključna oblast je istraživanje novih sirovina na bazi bio-obnovljivih izvora. Istraživanja treba da budu usmerena ka identifikaciju i razvoju alternativnih bio-obnovljivih izvora koji su nepresušni, obnovljivi i imaju minimalan uticaj na životnu sredinu. To uključuje istraživanje poljoprivrednog otpada, algi i otpadnih materijala kao potencijalnih opcija za sirovine. Diverzifikacijom izvora sirovina, istraživači mogu smanjiti rizike u lancu snabdevanja, smanjiti zavisnost od ograničenih resursa i optimizovati ekološki otisak proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Druga kritična tačka istraživanja je razvoj efikasnih proizvodnih procesa koji lako mogu da se „scale up-uju”. Inovacije u biokatalizi, enzimskim reakcijama i fermentaciji mogu poboljšati efikasnost i specifičnost sinteze monomena koji se koriste u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Istraživači treba da se usmere na ispitivanje metoda za optimizaciju uslova reakcije, povećanja prinosa i smanjenja potrošnje energije tokom

proizvodnje. Tehnike intenzifikacije procesa, kao što su reaktori sa kontinuiranim protokom i integrisani principi biorafinacije, takođe obećavaju unapređenje operacija i minimizovanje generisanja otpada, čime se poboljšava ukupna ekonomska održivost NPS na bazi bio-obnovljivih izvora.

Dalje, unapređenje tehnologija reciklaže NPS na bazi bio-obnovljivih izvora je od suštinskog značaja za podršku principima cirkularne ekonomije. Istraživački naponi treba da budu usmereni ka razvoju inovativnih metoda reciklaže kojima se mogu efikasno povratiti i ponovo koristiti NPS iz tokova otpada. Hemijski procesi reciklaže, tehnike depolimerizacije i napredne tehnologije sortiranja treba da se istraže kako bi se osiguralo da reciklirani NPS zadrži svoj kvalitet i svojstva. Uspostavljanje efikasne infrastrukture za reciklažu i unapređenje sistema prikupljanja biće ključno za zatvaranje ciklusa i postizanje održivog upravljanja proizvodnjom, korišćenjem i odlaganjem materijala.

Na kraju, sveobuhvatne analize PŽC i TEA su fundamentalne potrebe istraživanja za procenu uticaja na životnu sredinu i ekonomsku održivost NPS na bazi bio-obnovljivih izvora tokom njenog životnog ciklusa. Istraživači treba da sprovedu rigorozne PŽC kako bi kvantifikovali ekološke prednosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora u poređenju sa konvencionalnim smolama na bazi naftnih derivata. TEA će pružiti uvid u strukturu troškova, identifikovati potencijalne tržišne barijere i proceniti ukupnu konkurentnost NPS na bazi bio-obnovljivih izvora kod različitih primena. Integrisanje rezultata PŽC i TEA u procese donošenja odluka će pomoći zainteresovanim stranama i donosiocima politika da dođu do najboljeg rešenja. Naime, oni će na ovaj način imati informacije o prednostima i izazovima proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, i moći će da usmere buduće pravce istraživanja i investicije ka ekološko prihvatljivim i ekonomski održivim rešenjima.

11. Zaključak

Ovaj Vodič služi kao sveobuhvatno sredstvo za informisanje profesionalaca u industriji, istraživača i donosioca politika poslovanja koji žele da razumeju i implementiraju analizu životnog ciklusa (PŽC) i tehno-ekonomsku analizu (TEA) na proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Prihvatanjem održivih praksi i procenom ekonomske izvodljivosti, zainteresovane strane mogu doprineti unapređenju cirkularne ekonomije i ispunjavanju ekoloških ciljeva. Integracijom PŽC, zainteresovane strane stiču sveobuhvatan uvid u ekološke uticaje povezane sa proizvodnjom NPS na bazi bio-obnovljivih izvora tokom čitavog njenog životnog ciklusa - od prerade sirovina do odlaganja na kraju životnog veka ili reciklaže. Ovo omogućava donošenje najboljih odluka i identifikaciju prilika za smanjenje ugljeničnog otiska, potrošnje energije i iscrpljivanja resursa.

Pored toga, TEA igra ključnu ulogu u proceni ekonomske izvodljivosti proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Analizom troškova, prihoda i finansijskih parametara, TEA pomaže proizvođačima da optimizuju proizvodne procese, poboljšaju operativnu efikasnost i identifikuju puteve ka konkurentnosti u odnosu na konvencionalne proizvode. Ova ekonomska evaluacija je ključna za privlačenje investicija, povećanje obima proizvodnje i osiguravanje dugoročne održivosti NPS na bazi bio-obnovljivih izvora na konkurentnim tržištima.

U Vodiču je naglašena važnost kontinuiranih istraživanja i razvoja za rešavanje ključnih izazova i otključavanje daljeg potencijala u proizvodnji NPS na bazi bio-obnovljivih izvora. Oblasti kao što su diverzifikacija sirovina, napredne tehnologije procesa i inovacije u reciklaži su ključne za unapređenje ciljeva održivosti i povećanje potražnje na tržištu. Zajednički napor industrije, akademske zajednice i donosilaca politika poslovanja su neophodni za podsticanje inovacija, prevazilaženje tehničkih barijera i stvaranje podržavajućeg regulatornog okruženja za materijale na bazi bio-obnovljivih izvora.

Može se zaključiti da pridržavanjem principa PŽC i TEA navedenih u ovom Vodiču, zainteresovane strane mogu sa sigurnošću navigirati složenostima proizvodnje NPS na bazi bio-obnovljivih izvora, donoseći odluke koje promovišu očuvanje životne sredine, ekonomski prosperitet i tehnološki napredak. Prihvatanjem ovih metodologija, industrije se pozicioniraju na čelu održivosti i doprinose cirkularnoj ekonomiji gde se resursi efikasno koriste, otpad se minimizuje, a ukupni ekološki uticaj se smanjuje u borbi za otporniju i održiviju budućnost.

