

# ZELENI PREHOD OSKRBOVALNIH VERIG: IZZIVI, DIGITALIZACIJA IN EKONOMSKI VIDIKI

DUŠAN MEŽNAR

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija  
dusan.meznar@um.si

Osnovni cilj tega članka je predstaviti in analizirati tveganja in priložnosti, ki jih prinaša zelena transformacija oskrbovalnih verig. Pri tem bo posebna pozornost namenjena ekonomski analizi s poudarkom na donosu naložb (ROI). Prvi sklop se nanaša na identifikacijo ključnih izzivov in nevarnosti pri prehodu na bolj trajnostne prakse v oskrbovalnih verigah s poudarkom na ekoloških, družbenih in ekonomskih tveganjih, ki so povezani z zelenim prehodom ter z analizo vpliva na stroške in dobičkonosnost podjetij. Drugi sklop predstavlja analizo korelacij med digitalizacijo in zelenim prehodom in sicer kako digitalizacija omogoča boljše upravljanje trajnostnih praks in procesov v oskrbovalnih verigah. Tretji sklop pa predstavi model za merjenje uspešnosti zelenega prehoda z metodo MFA. Gre za predstavitev metode matrične funkcionalne analize (MFA) kot orodja za merjenje in evalvacijo trajnostnih praks v oskrbovalnih verigah s praktičnimi smernicami za uporabo MFA pri oceni zelenega prehoda. Četrti sklop pa je diskusija o tem kako lahko podjetja dosežejo donosnost naložb (ROI) pri zelenem prehodu z uporabo digitalnih tehnologij.

## Ključne besede:

zeleni prehod, digitalizacija, matrična funkcionalna analiza, trajnostni pristopi, oskrbovalne verige

# GREEN TRANSFORMATION OF SUPPLY CHAINS: CHALLENGES, DIGITALIZATION AND ECONOMIC ASPECTS

DUŠAN MEŽNAR

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia  
dusan.meznar@um.si

The main objective of this article is to present and analyze the risks and opportunities arising from the green transformation of supply chains. Particular attention is paid to the economic analysis with a focus on return on investment (ROI). The first part identifies the key challenges and threats in the transition to more sustainable practices in supply chains, focusing on the environmental, social and economic risks associated with the green transition and analyzing the impact on companies' costs and profitability. The second part analyzes the links between digitalization and the green transition, i.e. how digitalization enables better management of sustainable practices and processes in supply chains. The third part presents a model for measuring the success of the green transition using the MFA method. The aim is to introduce the Matrix Function Analysis (MFA) method as a tool for measuring and evaluating sustainable practices in supply chains and to provide practical guidelines for applying MFA to evaluate the green transition. The fourth part focuses how companies can achieve ROI in the green transition through the use of digital technologies.

**Keywords:**

green  
transformation,  
supply  
chains,  
sustainability,  
matrix  
function  
analysis,  
digitalization

## **1 Uvod**

Pritisk na konkurenčnost podjetij ter nujnost digitalizacije poslovnih procesov sili podjetja, da se soočajo z izzivi spreminjanja načina upravljanja in optimizacije oskrbovalnih verig. Vzporedno pa se krepi tudi pritisk na podjetja, da zmanjšajo svoj vpliv na okolje in preidejo k bolj trajnostnim praksam. Dejstvo je, da lahko podjetja s premišljenimi in trajnostnimi pristopi, ne samo zmanjšajo svoj okoljski vpliv, temveč tudi izboljšajo svoje ekonomske izide in konkurenčnost. Ta nenehna dinamika med digitalizacijo in trajnostjo postavlja osnovo za raziskovanje, ki se osredotoča na vprašanje, kako digitalizacija vpliva na zeleni prehod oskrbovalnih verig ter kakšni so ekonomski izidi tega prehoda. Dosedanje raziskave so se fokusirale predvsem ekonomske vidike posameznih segmentov oskrbovalnih verig ne dajejo pa odgovora kakšni so medsebojne korelacije med med funkcijskimi področji oskrbovalnih verig ter dejavniki digitalizacije in dejavniki zelenega prehoda.

Osnovni namen tega članka je predstaviti in analizirati tveganja in priložnosti, ki jih prinaša zelena transformacija oskrbovalnih verig. Gre za predstavitev metode matrične funkcionalne analize (MFA) kot orodja za merjenje in evalvacijo trajnostnih praks v oskrbovalnih verigah s praktičnimi smernicami za uporabo MFA pri oceni zelenega prehoda z vidika donosnosti naložb (ROI) pri zelenem prehodu z uporabo digitalnih tehnologij.

## **2 Izzivi in nevarnosti pri zeleni transformaciji oskrbovalnih verig**

Izzivi zelene transformacije oskrbovalnih verig so zelo kompleksni ter večplastni, saj vključujejo :

- ekološke izzive, ki so fokusirani na zmanjšanje negativnih vplivov na okolje,
- družbene izzive, ki se nanašajo na spodbujanje etičnih vrednot ter spoštovanje človeških pravic in ekonomske vidike ter
- ekonomske izzive, ki se nanašajo na ekonomske spremembe, kot posledico finančnih učinkov trajnostnih sprememb, saj se investiranje v zelene tehnologije in implementacijo trajnostnih praks dojema v smislu dodatnih finančnih obremenitev brez dodane vrednosti.

### 3 Korelacije med digitalizacijo in zelenim prehodom

Uspešna integracija digitalizacije v svoje trajnostne prakse je ključna rešitev kot odgovor na izzive zelenega prehoda v oskrbovalnih verigah, saj digitalizacija predstavlja ključno orodje za bolj učinkovito upravljanje trajnostnih praks in procesov. Omogoča boljše upravljanje trajnostnih praks in procesov v oskrbovalnih verigah. Transparentnost in sledljivost postajata ključna značilnost, ki ju digitalizacija prinaša, omogočajoč natančno sledenje proizvodnega procesa od začetka do konca. To ne le povečuje preglednost, temveč tudi olajša sledenje porabe virov ter izboljšav, kar je prikazano tudi na sliki 1.



Slika 1: Korelacije med digitalizacijo in zelenim prehodom

Vir: Lasten

### 4 Ekonomska analiza digitalne transformacije z vidika ROI

Pri prehodu na zeleno oskrbovalno verigo se pogosto pojavi vprašanje, ali so te spremembe ekonomsko upravičene. Donosnost naložb (ROI – Return On Investments) je ključen dejavnik za odločanje o tem, ali se investira v zeleni prehod.

Ekonomska analiza vključuje (Cousins, Lawson, Petersen, Fugate, 2019):

- **Oceno donosnosti:** potrebno je oceniti, ali bodo naložbe v zeleno transformacijo prinesle dovolj veliko donosnost naložb v primerjavi s tradicionalnimi pristopi.

- **Analizo razmerja med stroški in koristmi** : Tako imenovana »cost/benefit« analiza daje bistven odgovor na vprašanje : kdaj časovno in ali se bodo se investicije v zeleni prehod izplačale.
- **Trajnostni ekonomski razvoj**: Ekonomska analiza z vidika ROI mora upoštevati trajnostni ekonomski razvoj v smislu dolgoročne konkurenčnosti in in odgovornosti do okolja in družbe in koristi za družbo kot celoto in ne zgolj samo kratkoročnih finančnih dobičkov.

## 5 Faktorji uspešnosti digitalne in zelene transformacije oskrbovalnih verig

Na uspešnost digitalne in zelene transformacije oskrbovalnih verig predvsem vpliva aktivna podpora in vizija vodstva, ki moraj zelo jasno postaviti jasne cilje in smernice. Potrebna je prisotnost ustrezne organizacijske kulture in pripravljenost na spremembe, kar pa mora biti podprto z ustrezno izobraženimi zaposlenimi, ko so pripravljeni in usposobljeni za nove pristope in tehnologije ter ciljem da se vzpostavi trajnostni pristop poslovanja, ki temelji na zmanjšanju ogljičnega odtisa, uporabi obnovljivih virov ter daje poudarek na zmanjšanju odpadkov.

Predpogoj za izvedbo digitalne transformacije je ustrezna tehnološka infrastruktura. Ključen pri tem pa je izbor ustreznih digitalnih tehnologij, ustrezno podatkovna kakovost in razpoložljivost podatkov ( IoT, umetna inteligenca, blockchain in napredna analitika)( Belhadi, Kamble, Gunasekaran, Mani, 2021). Le le s tovrstno kombinacijo lahko izboljšamo transparentost in učinkovitost oskrbovalnih verig. Poleg notranjih faktorjev je ključnega pomena tudi tesno sodelovanje s partnerji in ostalimi členi v oskrbovalni verigi, Vsekakor pa je bistveno vplivanje države v kontekstu njene okoljske politike in zakonodaje, ki sili podjetja v zeleni prehod in s tem posledično pripomore k delitvi stroškov in izmenjavi znanja.

Seveda se tu proces ne zaključí; za spremljanje napredka je potrebno vzpostaviti kazalnike uspešnosti in redno meriti rezultate. Z merjenjem uspešnosti digitalne transformacije se ugotavlja, ali so investicije v digitalno transformacijo smiselne in o tem, ali so cilji v skladu s pričakovanji (Almeida, Benitez, Kliemann , Frank, 2022).

## 6 Kazalniki za merjenje digitalne transformacije

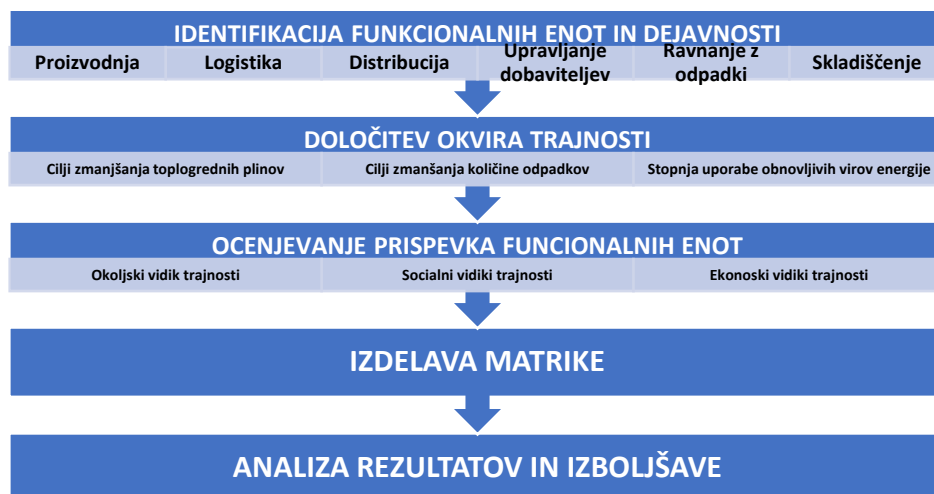
Ključni kazalniki, ki se uporabljajo za merjenje uspešnosti digitalne transformacije so (Aryal, A., Liao, Y., Nattuthurai, P in Li, B., 2018) :

- **Kazalniki poslovanja** (prihodek, dobiček, stroški in donos na investicijo (ROI - Return on Investment)). V kolikor s ti kazalniki izboljšujejo je to znak, da je digitalna transformacija prinesla pozitivne učinke.
- **Stopnja digitalizacije**, saj je število digitalizacije ključnih poslovnih procesov merilo za večjo uspešnost in je zato le ta kazalnik pomemben indikator stanja.
- **Povečanje produktivnosti** ; spremljanje posledic digitalne transformacije v kontekstu povečanja produktivnosti zaposlenih in izboljšanja procesov (manj napak, boljše izkoriščanje virov, povečanje hitrosti procesov).
- **Zmanjševanje stroškov** kot posledica povečanja produktivnosti in izboljšanja procesov zaradi digitalizacije.
- **Inovacije**
- **Stopnja uporabe novih tehnologij.**

## 7 Model za merjenje uspešnosti zelenega prehoda z metodo MFA

Matrična funkcionalna analiza (MFA) je analitična metoda, ki omogoča analizo različnih vidikov in funkcij v oskrbovalni verigi ter ocenjuje kakšen vpliv in delež prispevka imajo različne funkcionalne enote in dejavnosti v procesu zelene preobrazbe.

Za izvedbo uporabe matrične funkcionalne analize za merjenje uspešnosti zelenega prehoda oskrbovalnih verig so potrebni koraki prikazani na sliki 2.



Slika 2: Model MFA za merjenje zelenega prehoda

Vir: Lasten

## 8 Aplikacija matrične funkcionalne analize (MFA) na primeru zelenega prehoda oskrbovalnih verig

### 8.1 Izhodišča in robni pogoji

Predpostavimo, da imamo 6 funkcijskih področij (Proizvodnja, Logistika, Distribucija, Upravljanje Dobaviteljev, Ravnanje Z Odpadki, Skladiščenje), štiri dejavnike digitalizacije (IoT, Analitika podatkov, Sledljivost, Elektronsko poslovanje) ter tri dejavnike zelenega prehoda (Zmanjšanje emisij, Upravljanje Odpadkov in Obnovljivi Viri Energije).

### 8.2 Definicija izhodiščnih matrik

Na podlagi lastnih ocen, definiramo osnovni MFA matriki:

**8.2.1 Matriko dejavnikov digitalizacije**, kjer so so dejavniki digitalizacije ocenjeni za funkcijsko področje oskrbovalne verige glede na njihov vpliv na dejavnike zelenega prehoda. Upoštevajo se ocene od -5 (najbolj negativni vpliv) do 5 (najbolj pozitivni vpliv).

Tabela 1: Matrika dejavnikov digitalizacije

	IoT	Analitika podatkov	Sledljivost	Elektronsko poslovanje
Proizvodnja	4	3	2	1
Logistika	2	1	3	2
Distribucija	3	2	1	4
Upravljanje dob.	3	4	3	2
Ravnanje z odp.	4	3	2	1
Skladiščenje	1	2	3	4

Vir: Lasten

**8.2.2 Matriko zelenega prehoda**, kjer je ocenjen vpliv funkcijskih področij na zeleni prehod. Upoštevajo se ocene od -5 (najbolj negativni vpliv) do 5 (najbolj pozitivni vpliv).

Tabela 2: Matrika zelenega prehoda

	Zmanjšanje Emisij	Upravljanje Odpadkov	Obnovljivi Viri Energije
Proizvodnja	4	3	2
Logistika	2	3	4
Distribucija	3	2	1
Upravljanje dob.	3	4	3
Ravnanje z odp.	4	3	2
Skladiščenje	1	2	3

Vir: Lasten

### 8.3 Definicija pomembnosti (uteži) dejavnikov

V naslednjem koraku definiramo uteži pomembnosti za posamezne dejavnike (dejavnike digitalizacije, dejavnike zelenega prehoda), kar nam je osnova za izračun indeksih matrik.

#### Uteži za dejavnike digitalizacije:

IoT = 1, Analitika podatkov = 3, Sledljivost = 4, Elektronsko poslovanje = 5



## Uteži za dejavnike zelenega prehoda:

Zmanjšanje emisij = 3, Upravljanje odpadkov = 5, Obnovljivi viri energije = 4

### 8.4 Izračun indeksnih matrik

#### 8.4.1 Indeksna matrika dejavnikov digitalizacije

Za izračun indeksov dejavnikov digitalizacije in zelenega prehoda vsakega funkcijskega področja v oskrbovalni verigi uporabimo metodo uteženega seštevanja, pri čemer upoštevamo ocene dejavnikov in njihove uteži pomembnosti.

Za izračun MFA matrike indeksov dejavnikov digitalizacije (ID) uporabimo naslednjo formulo(1):

$$ID_{\text{funkcijsko področje}} = \sum_{i=0}^n \text{UtežDejavnika}(i) * \text{OcenaDejavnika}(i) \quad (1)$$

ter izračun ponovimo za vsako funkcijsko področje (Proizvodnja, Logistika, Distribucija, Upravljanje dobaviteljev, Ravnanje z odpadki, Skladiščenje) in nastane nasledna MFA matrika indeksov (Tabela 3):

**Tabela 3: Indeksna matrika dejavnikov digitalizacije za posamezno funkcijsko področje**

	IoT	Analitika podatkov	Sledljivost	Elektronsko poslovanje
Proizvodnja	26	27	33	37
Logistika	27	26	37	34
Distribucija	33	37	26	29
Upravljanje dob.	37	36	39	31
Ravnanje z odp.	26	34	29	28
Skladiščenje	39	32	31	29

Vir: Lasten

### 8.4.2 Indeks zelenega prehoda

Za izračun matrike indeksov zelenega prehoda (IZP) ( Tabela 4) za posamezno funkcijsko področje uporabimo enačbo (2):

$$\text{IZPfunkcijskopodročje} = \sum_{i=0}^n \text{UtežDejavnika}(i) * \text{OcenaDejavnika}(i) \quad (2)$$

Tabela 4: Matrika indeksov zelenega prehoda

	Zmanjšanje Emisij	Upravljanje Odpadkov	Obnovljivi Viri Energije
Proizvodnja	35	41	37
Logistika	37	35	43
Distribucija	23	25	21
Upravljanje dob.	41	43	43
Ravnanje z odp.	35	41	37
Skladiščenje	25	29	30

Vir: Lasten

### 8.4.3 Izračun indeksa vpliva digitalizacije na zeleni prehod

Za izračun indeksov vpliva dejavnikov digitalizacije na zeleni prehod za vse poslovne funkcije uporabimo naslednjo formulo (3):

$$\text{Indeks vpliva (funkcijskopodročje)} = \frac{\text{IZPfunkcijskopodročje}}{\text{IDfunkcijskopodročje}} \quad (3)$$

Na podlagi tega kriterija kreiramo korelacijske matriko indeksov vpliva posameznih dejavnikov digitalizacije na zeleni prehod za vsako posamezno poslovno funkcijo (Primer Proizvodnja) ( Tabela 5).

Tabela 5: Indeks vpliva digitalizacije na zeleni prehod

	IoT	Analitika Podatkov	Sledljivost	Elektronsko Poslovanje
Zmanjšanje emisij	1,34	1,29	1,06	0,94
Upravljanje odp.	1,57	1,52	1,24	1,11
Obnov.viri energ.	1,42	1,37	1,12	1,00

Vir: Lasten

Nato pa podatke iz te matrike povežemo povežemo z ekonomskim kriterijem ROI, ki opredeljuje donosnost naložbe za posamezen dejavnik digitalizacije in dobimo sliko o smiselnosti investiranja (4),(tabela 6).

$$\text{Indeks vpliva (funkcijskopodročje)} = \frac{\text{IZPfunkcijskopodročje}}{\text{IDfunkcijskopodročje}} \quad (4)$$

Pri tem je uporabljena osnovna formula(5) za izračun donosnosti, pri čemer se tako prihodek kot stroški nanašajo na posamezno funkcijsko področje.

$$\text{ROI (funkcijskopodročje)}_{(N)} = \frac{\text{Prihodek} - \text{Stroški}}{\text{Stroški}} \times 100 \quad (5)$$

Analiza se nato izvede za vsak dejavnik digitalizacije in nastane matrika, ki nam podaja informacijo o donosnosti naložbe v posamezno funkcijsko področje.

Tabela 6: Donosnost naložbe(ROI) za dejavnike digitalizacije

	IoT	Analitika Podatkov	Sledljivost	Elektronsko Poslovanje
Proizvodnja	ROI_1	ROI_2	ROI_3	ROI_4
Logistika	ROI_5	ROI_6	ROI_7	ROI_8
Distribucija	ROI_9	ROI_10	ROI_11	ROI_12
Upravljan.dob.	ROI_13	ROI_14	ROI_15	ROI_16
Ravnanje z odp.	ROI_17	ROI_18	ROI_19	ROI_20
Skladiščenje	ROI_21	ROI_22	ROI_23	ROI_24

Vir: Lasten

Uporaba MFA nam omogoča zelo hitro in enostavno identifikacijo delov zelenega prehoda. Kjer so indeksi vpliva večji od 1 in hkrati ROI pozitiven so ekonomsko upravičeni, hkrati pa je to tudi izvrstno orodje za korektivne ukrepe.

## 9 Zaključek

Referat se je osredotočil na pomembnost povezovanja digitalizacije in zelenega prehoda v oskrbovalnih verigah ter kako ta povezava vpliva na ekonomske izide. Poleg tega je bila predstavljena praktična uporabnost metode MFA pri merjenju uspešnosti trajnostnih praks. Vsekakor bo ta raziskava prinesla nove vpogled v to ključno področje in pomagala podjetjem pri boljšem razumevanju povezave med digitalizacijo in trajnostjo v oskrbovalnih verigah. S preišljenimi in trajnostnimi pristopi, lahko podjetja, ne samo zmanjšajo svoj okoljski vpliv, temveč tudi izboljšajo svoje ekonomske izide in konkurenčnost, kar je ključnega pomena za podjetja sama ter trajnostno prihodnost našega planeta.

## Literatura

- Abdel-Baset, M., Chang, V. and Gamal, A. (2019). Evaluation of the green supply chain management practices: a novel neutrosophic approach. *Computers in Industry*, 108, 210-220.
- Almeida, R.P., Ayala, N.F., Benitez, G.B., Kliemann Neto, F.J. and Frank, A.G. (2022). How to assess investments in Industry 4.0 technologies? A multiple-criteria framework for economic, financial, and sociotechnical factors. *Production Planning & Control*, 1, 1-20
- Aryal, A., Liao, Y., Nattuthurai, P. and Li, B. (2018). The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25, 141-156.
- Bechtsis, D., Tsolakis, N., Iakovou, E. and Vlachos, D. (2021). Data-driven secure, resilient and sustainable supply chains: gaps, opportunities, and a new generalised data sharing and data monetisation framework. *International Journal of Production Research*, 60, 4397-4417.
- Belhadi, A., Kamble, S., Gunasekaran, A. and Mani, V. (2021). Analyzing the mediating role of organizational ambidexterity and digital business transformation on industry 4.0 capabilities and sustainable supply chain performance. *Supply Chain Management*, 20, 234-257.
- Ben-Daya, M., Hassini, E. and Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57, 4719-4742.
- Coltman, T., Devinney, T.M., Midgley, D.F. and Venaik, S. (2008). Formative versus reflective measurement models: two applications of formative measurement. *Journal of Business Research*, 61, 1250-1262.
- Cousins, P.D., Lawson, B., Petersen, K.J. and Fugate, B. (2019). Investigating green supply chain management practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 39, 767-786.
- Conway, J.B. A(2013). *Course in Functional Analysis*. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany.
- Morosanu, G. (2019). *Functional Analysis for the Applied Sciences*. Springer Nature Switzerland AG. Basel, Switzerland.

- 
- Podinovski, V.V. (2000). An Extended maximin Approach for Decision Analysis with Uncontrollable Factors, *J. Oper. Res. Soc.*, 51, 720–728.
- Reddy, B.D. (2019). *Introductory Functional Analysis. With Applications to Boundary Value Problems and Finite Elements*, Springer, New York, NY, USA.
- Zeidler, E. (2021). *Applied Functional Analysis. Main Principles and Their Applications*. Springer, New York, NY, USA.

