UNIVERZA V LJUBLJANI

EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

ANALIZA POVEČANE VARIABILNOSTI NAROČIL V OSKRBNI VERIGI PODJETJA DANFOSS TRATA

Ljubljana, februar 2016 RADO HANZELJ

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani Rado Hanzelj, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom Analiza povečane variabilnosti naročil v oskrbni verigi podjetja Danfoss Trata, d.o.o., pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Markom Jakšičem.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
    - poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v zaključni strokovni nalogi/diplomskem delu/specialističnem delu/magistrskem delu/doktorski disertaciji, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
    - pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku (Ur. l. RS, št. 55/2008 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega magistrskega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne _____ Podpis avtorja:_____

KAZALO

UVOD **1**

1 POVEČANA VARIABILNOST NAROČIL V OSKRBNIH VERIGAH **4**

1.1 Opredelitev in pomen oskrbnih verig 4
1.2 Definicija učinka biča 8
1.3 Vzroki za pojav povečane variabilnosti naročil 9
1.4 Vpliv in posledice povečane variabilnosti naročil v oskrbnih verigah 12
1.5 Ukrepi za zmanjšanje učinka biča 14
1.6 Pregled raziskav učinka biča 15
1.6.1 Izračun in meritve učinka biča 15
1.6.2 Zgodovinski pregled raziskav 19

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IN NJEGOVE OSKRBNE VERIGE **22**

3 ANALIZA UČINKA BIČA V OSKRBNI VERIGI PODJETJA **25**

3.1 Izbira proizvodov za analizo 25
3.1.1 Predstavitev oskrbne verige proizvodov 26
3.1.2 Proces naročanja v oskrbni verigi proizvoda 28
3.1.3 Opis glavnih parametrov naročanja v distribucijskih centrih 28
3.2 Zbiranje podatkov 31
3.3 Učinek biča v oskrbni verigi podjetja 31
3.3.1 Izračun učinka biča v oskrbni verigi podjetja 32
3.4 Učinek biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 33
3.5 Vzroki za učinek biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 37
3.6 Vpliv sprememb parametra minimalne količine naročila na učinek biča 41

4 STROŠKOVNA ANALIZA OMEJEVANJA UČINKA BIČA **44**

4.1 Prednosti in slabosti omejevanja učinka biča v oskrbni verigi 44
4.2 Ocena finančnega vpliva omejevanja učinka biča 46
4.2.1 Vpliv na transportne stroške 47
4.2.2 Vpliv na stroške varnostne zaloge 48
4.2.3 Skupna finančna ocena vpliva zmanjšanja učinka biča skozi nižanje minimalne količine naročila 49
4.3 Omejitve analize 49
4.4 Priporočila za nadaljnje raziskave 50

SKLEP **51**

LITERATURA IN VIRI **54**

KAZALO SLIK

Slika 1: Globalna oskrbna veriga 5
Slika 2: Figurativna ponazoritev učinka biča 8
Slika 3: Povečanje variabilnosti v oskrbni verigi 9
Slika 4: Oskrbna veriga divizije Danfoss District Energy 23
Slika 5: Oskrbna veriga proizvoda SKU-1 26
Slika 6: Oskrbna veriga SKU-2, SKU-3 27
Slika 7: Zajem zaslona informacijskega sistema SAP na oknu s parametri naročanja 29
Slika 8: Povečevanje variabilnosti naročil v oskrbni verigi podjetja 33
Slika 9: Mesta zajema KV v oskrbni verigi SKU-1 34
Slika 10: Tedenska naročila proizvoda SKU-1 35
Slika 11: Vpliv dobavnega časa na KV 39
Slika 12: Naročila proizvoda SKU-2 42
Slika 13: Naročila proizvoda SKU-3 43

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vpliv učinka biča na kazalnike poslovanja oskrbne verige 13
Tabela 2: Povzetek vplivov na meritve učinka biča 17
Tabela 3: Koeficienti variabilnosti in učinek biča pri proizvodu SKU-1 37
Tabela 4: Vrednost parametra minimalne količine naročile pri SKU-2 in SKU-3 42
Tabela 5: KV naročil CDC-ja do proizvodnje in učinek biča pred in po spremembi minimalne količine naročila 43
Tabela 6: Vpliv na raven storitve proizvoda SKU-2 45
Tabela 7: Vpliv na raven storitve proizvoda SKU-3 46
Tabela 8: Ocena transportnih stroškov materiala SKU-1 obstoječega stanja 47
Tabela 9: Ocena transportnih stroškov materiala SKU-1 po spremembi minimalne količine naročila 47
Tabela 10: Vpliv spremembe minimalne količine naročila na varnostno zalogo komponent 48
Tabela 11: Ocena neto učinka zmanjšanja minimalne količine naročila na proizvodu SKU-1 49

UVOD

Termin oskrbna veriga se nanaša na pretok materiala, informacij, plačil in storitev od dobaviteljev h končnim kupcem, v katerem je praviloma udeleženo več podjetij ali organizacij (Chopra & Meindl, 2001, str. 3).

V ne tako oddaljeni preteklosti podjetja niso dajala veliko poudarka na učinkovito upravljanje oskrbne verige, ker ta aktivnost ni sodila med tiste, ki prinašajo dodano vrednost. Vendar pa so vse ostrejša konkurenca, ki vlada na globalnem trgu in vse bolj zahtevni kupci, ki pričakujejo kvaliteto in točne dobave, prisilili podjetja, da začnejo aktivno razmišljati o oskrbnih verigah, saj se skozi uspešno upravljanje ponuja mnogo priložnosti za izboljšanje stroškovne učinkovitosti poslovanja.

Upravljanje oziroma management oskrbne verige se ukvarja z učinkovito integracijo oskrbe, proizvodnje, skladiščenja in trgovine, ki omogoča, da je proizvod ali storitev na voljo v zadostnih količinah na ustreznih lokacijah in ob ustreznem času s ciljem čim nižjih skupnih stroškov ob zagotavljanju ustrezne ravni storitve potrošniku (Simchi-Levi, Kaminsky, Simchi-Levi E. & Shankar, 2008, str. 1).

V strokovni literaturi se kot pokazatelj neučinkovite oskrbne verige pogostokrat omenja pojav učinka biča. To je pojav povečanja variabilnosti naročil, ko se pomikamo navzgor po oskrbni verigi. Čim višje v oskrbni verigi se nahajamo, večja je variabilnost naročil. Tako se dobavitelji vhodnih materialov srečujejo z večjo variabilnostjo, kot je dejanska variabilnost naročil kupcev končnih izdelkov.

Tudi v najučinkovitejših in najbolj sofisticiranih oskrbnih verigah se lahko najde potencial za izboljšanje poslovanja oskrbne verige. Prekomerne zaloge, nezanesljive napovedi povpraševanja, nizka raven storitve povezana z neizpolnjevanjem naročil ali z zamudami v dobavi, neenakomerna obremenitev proizvodnih zmogljivost in neučinkovit transport so običajni simptomi, ki jih lahko povzroči povečana variabilnost naročil (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997b, str. 93). Lee, Padmanabhan in Whang (1997a, str. 547) izpostavijo, da je lahko povečana variabilnost vzrok za 12 % - 25 % operativnih stroškov oskrbne verige.

Strokovna literatura navaja več vzrokov za pojav učinka biča, ki se med seboj prepletajo in so tako mnogokrat težko prepoznavni. Lee et al. (1997a) v enem izmed temeljnih člankov, ki opisuje obravnavano tematiko, kot glavne razloge navajajo napovedovanje prodaje, naročanje v svežnjih, politiko postavljanja cen, špekulativno naročanje in količinske popuste vezane na višino enkratnega naročila. Bhattacharya in Bandyopadhyay (2010) povzemata raziskave drugih avtorjev in vzroke za nastanek učinka biča razvrstita v operativne in vedenjske. Poleg že omenjenih med operativne uvrščata še pretočne oziroma dobavne čase, politiko upravljanja in obnavljanja zalog, pomanjkanje preglednosti v

oskrbni verigi, neprimerne kontrolne sisteme, vpliv števila členov v verigi, pomanjkanje usklajenosti med členi, lokalno optimizacijo procesov posameznega člena verige ter omejitve proizvodnih in skladiščnih kapacitet. Med vedenjske vzroke pa uvrščata neažurnost odločanja v procesu naročanja, pomanjkanje izobraževanja na temo učinkovitega managementa oskrbnih verig in strah pred izčrpanjem zalog. Poleg omenjenih teoretičnih raziskav, so strokovnjaki dokazovali obstoj učinka biča in opredeljevali vzroke tudi na podlagi empiričnih raziskav na podlagi dejanskih podatkov iz gospodarstva. Te raziskave so bile v veliki meri narejene na višjem hierarhičnem nivoju, ki praviloma učinek biča omili in zamegli vzroke za njegov nastanek. Cachon, Randall in Schmidt (2007, str. 478) pozovejo k bolj osredotočenem pristopu empirične analize na nivoju posameznega podjetja in celo na nivoju posameznega proizvoda, saj se dejansko tukaj nahajajo glavni operativni problemi. Ta vpogled predstavlja ključno motivacijo za magistrsko delo, saj hočemo s predlaganim osredotočenim pristopom dokazati obstoj biča v obravnavanem podjetju, podati glavne vzroke za njegov nastanek in nakazati predloge kako omiliti njegov vpliv.

Podjetje Danfoss Trata, d.o.o. (v nadaljevanju Danfoss Trata) ima razvejano oskrbno verigo in daje veliko poudarka učinkovitemu managementu oskrbne verige, kar dokazuje tudi z vsakoletnimi odličnimi rezultati. Vendar, kot večina drugih proizvodnih podjetij, kljub temu še vedno veliko pozornosti posveča problematiki usklajevanja proizvodnih zmogljivosti z dejanskim povpraševanjem. Še posebno, ko je to močno variabilno, se pojavijo obdobja, ko je naročil preveč za izpolnitev naročil v obljubljenem času in obratno, pojavljajo se obdobja, ko je naročil premalo za zapolnitev razpoložljivih zmogljivosti. Podjetje že ima določene vzvode s pomočjo katerih se spopada z omenjenimi problemi, kot so uporaba fleksibilnega delovnega časa, kopičenje zalog v času nizke sezone, nadurno delo, najemanje dodatne delovne sile in podobno, vendar so vsi ti ukrepi povezani s povečanjem stroškov. Na tej točki se bomo vprašali ali je variabilnost naročil iz centralnega distribucijskega centra (CDC) s katero se srečuje proizvodnja, dejansko odraz variabilnosti na trgu, in ali se navzgor po oskrbni verigi variabilnost naročil povečuje. Problematiko zakaj pride do povečane variabilnosti naročil, kakšen je vpliv parametrov naročanja v CDC-ju na variabilnost naročil proizvodnji, kako se variabilnost naročil lahko zmanjša oziroma poveča, bomo proučevali na podlagi internih podatkov podjetja na nivoju izbranih proizvodov podjetja. Ker sama variabilnost na stroške poslovanja ne vpliva direktno, bomo podali oceno vpliva oziroma nakazali pri katerih procesih lahko ob spremembi variabilnosti pričakujemo ustrezne prihranke.

S pomočjo pregleda in študija strokovne literature ter analize primera oskrbne verige proizvodnega podjetja želimo predstaviti problematiko povečane variabilnosti naročil. Namen magistrske naloge je prepoznati učinek biča v oskrbni verigi, odkriti glavne vzroke in predlagati možne rešitve za omilitev tega pojava. Magistrsko delo lahko služi kot izhodišče za nadaljnje izboljšave v preučevanem podjetju ali kot izhodišče pri raziskavah

povečane variabilnosti v drugi proizvodnih podjetjih z relativno kompleksno oskrbno verigo.

Glavni cilj magistrskega dela je izvesti empirično analizo variabilnosti naročil v oskrbni verigi podjetja Danfoss Trate na nivoju individualnega proizvoda. Pri tem hočemo odgovoriti na naslednji raziskovalni vprašanji:

- Ali prihaja v oskrbni verigi do pojava povečane variabilnosti naročil?
- Na katerih točkah oziroma členih verige je to povečanje največje?

Nadalje hočemo raziskati vpliv sistema naročanja proizvodov v distribucijskem centru in odgovoriti na naslednji raziskovalni vprašanji:

- Ali je trenuten način določanja naročil eden od vzrokov za nastanek učinka biča?
- Kako na velikost učinka biča vplivajo posamezni parametri sistema naročanja?

Iz tega sledi tudi hipoteza, ki jo postavljamo, in sicer: s spremembami parametrov naročanja lahko sistemsko vplivamo na intenziteto povečane variabilnosti naročil v oskrbni verigi. Nazadnje hočemo odgovoriti na vprašanje kako omejevanje učinka biča vpliva na stroške v oskrbni verigi.

Magistrsko delo je konceptualno razdeljeno na teoretičen in empiričen del. V teoretičnem delu bomo iz sekundarnih virov s področja managementa oskrbne verige, s poudarkom na tistih, ki obravnavajo učinek biča, z metodo deskripcije opisali proučevano tematiko ter postavili izhodišče za izvedbo analize praktičnega primera. V teoretičnem delu bomo poleg deskriptivne metode uporabili tudi komparativno metodo s katero bomo primerjali ugotovitve posameznih avtorjev. Izhajali bomo predvsem iz strokovne literature in znanstvenih člankov slovenskih in tujih avtorjev.

V drugem, empiričnem, delu magistrskega dela bomo uporabili induktivno metodo, kjer bomo na podlagi analize konkretnih podatkov podali splošne sklepe ter priporočila za izboljšanje učinkovitosti managementa oskrbne verige obravnavanega podjetja. Z analitičnim pristopom bomo v tem delu z razčlenjevanjem oskrbne verige postopoma odkrival vzroke in mesta, kjer pride do pojava učinka biča. Empirična analiza bo temeljila na primarnih podatkih izbranih proizvodov, pridobljenih iz informacijskega sistema proučevanega podjetja.

Magistrsko delo je sestavljeno iz štirih poglavij. V uvodnem poglavju predstavimo obravnavano tematiko in temeljna raziskovalna vprašanja na katera skušamo odgovoriti. Nadaljevali bomo s teoretičnim delom, kjer bomo opredelili termin oskrbne verige in povečane variabilnosti naročil v oskrbni verigi. Predstavili bomo metode za izračun

indeksa učinka biča in hkrati tudi podal razmišljanja strokovnjakov o metodologijah merjenja. Teoretični del bomo zaključili s pregledom vzrokov za pojav učinka biča, posledic, ki jih povzroči povečana variabilnost naročil in s predlogi rešitev, kako omiliti ta učinek, ki so predstavljeni v obravnavnih sekundarnih virih.

Teoretičnem delu sledi kratka predstavitev podjetja Danfoss Trate in predstavitev oskrbne verige v katero je podjetje vpeto. Nadaljevali bomo s predstavitvijo proizvodov, ki jih bomo uporabili v empirični analizi. Z izračuni in grafičnimi prikazi bomo skušali dokazati obstoj učinka biča v oskrbni verigi. Nato se bomo posvetili iskanju vzrokov za povečano variabilnost, kjer bomo empirično predstavili vpliv parametra minimalne količine naročila v CDC-ju in ocenili vpliv ostalih parametrov naročanja. V zadnjem poglavju bomo zaključili empiričen del z oceno vpliva omejevanja učinka biča na stroške in s sintezo glavnih ugotovitev ter napotki za nadaljnje raziskave na področju obravnavane tematike.

1 POVEČANA VARIABILNOST NAROČIL V OSKRBNIH VERIGAH

1.1 Opredelitev in pomen oskrbnih verig

Ostra konkurenca na globalnem trgu, vpeljevanje proizvodov z vse krajšimi življenjskimi cikli in vse bolj zahtevni kupci, so dandanes na nek način prisilili podjetja, da investirajo in se vse bolj osredotočijo na vzpostavitev odzivne in stroškovno učinkovite oskrbne verige.

Chopra in Meindl (2001, str. 7) opredelita oskrbno verigo kot zaporedje procesov pretoka materiala, informacij, plačil in storitev z namenom, da se izpolni kupčeva potreba po proizvodu. Pri oskrbni verigi gre torej za povezavo procesov dobave, proizvodnje in prodaje izdelkov končnim uporabnikom, v katere je vključenih več ekonomskih subjektov. Tipična oskrbna veriga sestoji iz naslednjih členov:

- kupca,
- trgovca,
- distributerja,
- proizvajalca,
- dobavitelja vhodnih materialov.

V realnosti so oskrbne verige večine podjetij izjemno kompleksne, kar je ponazorjeno na sliki 1. Globalizacija je povzročila, da se lahko dobavitelji proizvodne enote in kupci nahajajo kjerkoli na svetu. Za pretok materiala med globalnimi partnerji se lahko uporabljajo različna transportna sredstva.

Slika 1: Globalna oskrbna veriga

Vir: D.J. Garcia & F.You, Supply chain design and optimization: Challenges and opportunities, 2015, str. 154.

Kakšna je vloga in način delovanja oskrbne verige posameznega podjetja je odvisno od strateške usmeritve. Chase, Jacobs in Aquilano (2006, str. 412-413) ločijo:

- **Stroškovno učinkovite oskrbne verige** (angl. e*fficient supply chains)*, ki iščejo prihranke pri stroških proizvodnje in dobavi proizvodov kupcu. Z uporabo različnih metod za vitko poslovanje minimizirajo število aktivnosti brez dodane vrednosti, pri poslovanju iščejo ekonomije obsega in strmijo k čim boljši izkoriščenosti sredstev vpletenih v oskrbno verigo.
- **Oskrbne verige za zmanjševanja tveganja** (angl. *risk-hedging supply chains)*, katerih cilj je minimizirati izpostavljenost posameznih členov različnim tveganjem v oskrbni verigi. Kot primer metode za zmanjševanja tveganja motenih dobav vhodnih materialov se omenja strategija alternativnih dobaviteljev.
- **Odzivne oskrbne verige** (angl. *responsive supply chains*), uporabljajo strategije za hitro odzivnost in fleksibilnost glede na želje kupcev. Za zagotavljanje vedno spreminjajočih se želja uporabljajo sisteme izdelave po naročilu in masovne prilagoditve izdelkom kupcem.
- **Agilne/okretne oskrbne verige** (angl. *agile supply chains*) združujejo prednosti odzivnih oskrbnih verig in oskrbnih verig za zmanjševanje tveganja. Njihova zasnova omogoča visoko odzivnost na raznoliko in težko predvidljivo povpraševanje na eni strani in minimiziranje motenj v oskrbi z uporabo metod za zmanjševanje tveganj na drugi strani.

Za upravljanje oskrbne verige je v podjetjih odgovoren oddelek managementa oskrbnih verig, ki zagotavlja kakovost, stroškovno in časovno učinkovitost pri pretoku izdelkov do končnih porabnikov.

Gledano tradicionalno so oddelki marketinga, logistike, planiranja, proizvodnje in nabave delovali medsebojno neodvisno. Različni oddelki so imeli različne interne cilje. Cilj proizvodnje sta bila čim boljša izkoriščenost proizvodnih virov in nižanje stroškov proizvodnje, kar pa se je lahko odrazilo v visokih zalogah. Cilji oddelka marketinga so pogosto bili doseganje visoke ravni storitve in povečevanje prodajnih prihodkov, ki pa so bili pogosto v konfliktu z internimi cilji logistike in proizvodnje. Zaradi nasprotujočih se ciljev se je pojavila potreba po učinkovitem mehanizmu, ki bi integriral vse funkcije. Management oskrbne verige je strategija, ki poveže različne funkcije v podjetju in ponuja celovit pregled na poslovanjem (Ganeshan & Harrison, 1995, str. 2).

Kljub temu, da se o managementu oskrbnih verig govori že kar nekaj časa, pa še relativno veliko podjetij uporablja tradicionalno organizacijo, kjer nepovezani oddelki zasledujejo lastne cilje. Takšno organiziranost lahko opazimo predvsem v majhnih in srednjih podjetjih, kjer prednosti celovitega upravljanja materialnega in informacijskega toka še niso bile prepoznane.

Glavni izzivi s katerimi se sooča management oskrbne verige so povezani z usklajevanjem različnih iniciativ posameznih partnerjev. Na primer oddelek nabave navadno dosega prihranke z naročanjem večjih količin, ki se odrazijo v višjih stroških držanja zalog in posledično lahko povzročijo višje stroške upravljanje celotne oskrbne verige. Poleg usklajevanja različnih iniciativ se management oskrbne verige srečuje tudi z iskanjem kompromisov. Zelo dobro poznana je dilema med stroški držanja zalog in stroški posameznega naročila s katero se določi točka optimalnega naročila. Kot drugi primer kompromisa v oskrbni verigi pa lahko omenimo razmerje med želeno ravnijo storitve in stroški držanja zalog, kjer je potrebno poiskati minimalno raven zaloge, ki še zagotavlja ustrezno raven storitve.

Iskanje kompromisov za doseganje učinkovitosti v celotni verigi se tako izrazi skozi množico aktivnosti. Simchi-Levi et al. (2008, str. 13-15) kot glavne aktivnosti managementa oskrbne verige opredelijo naslednje:

- **Načrtovanje distribucijske mreže.** Management oskrbne verige mora poiskati ustrezne lokacije za proizvodne enote in distribucijske centre, ki minimizirajo celotne stroške proizvodnje, zalog in transporta ob zagotavljanju ustrezne ravni storitve.
- **Uravnavanje zalog.** V tej točki se management oskrbne verige sprašuje koliko zaloge je potrebno držati in predvsem zakaj. Ali moramo zalogo držati zaradi negotovosti. povpraševanja ali negotovosti v dobavnem procesu? Kateri model upravljanja zalog je

primeren za oskrbno verigo? Kot ključno vprašanje se tukaj tudi pojavlja, kaj lahko naredimo, da negotovosti odpravimo in znižamo potrebno zalogo.

- **Nabava potrebnih materialov.** Zagotavljanje ustreznih materialov ob pravem času, v pravi kvaliteti in ob optimalnih stroških je pomembno za nemoten proizvodni proces, kar zagotavlja želeno raven storitve.
- **Sklepanje pogodb o sodelovanju med partnerji v oskrbni verigi.** Kot smo že omenili v oskrbni verigi nastopa več različnih partnerjev, katerih razmerja so določena s pogodbami o sodelovanju. V njih so določene podrobnosti sodelovanja, kot so na primer dobavni roki, želena kvaliteta, raven storitve, količinski popusti, vračila, ipd.
- **Izbira distribucijske strategije.** Management se pri tej aktivnosti odloča o dilemi v kakšni meri naj bo distribucijski sistem centraliziran. Pri tem morajo v obzir vzeti vpliv na stroške držanja zalog transporta ter vpliv na raven storitve in poiskati ustrezen optimalen kompromis.
- **Strateška partnerstva.** V managementu oskrbne verige velja, da prava informacija lahko nadomesti zalogo. S strateškimi partnerstvi med podjetji na globalni ravni management oskrbne verige zagotovi ustrezno raven integracije, ki omogoča dostop do pravih informacij med vpletenimi partnerji, ki olajšajo in optimizirajo nadaljnje odločitve v upravljanju oskrbnih verig.
- **Odločanje o zunanjem izvajanju ali lastni proizvodnji.** V tej točki se management oskrbne verige ukvarja z dilemo ali je stroškovno ustrezno, da določen proizvod proizvajamo sami ali poiščemo zunanjega izvajalca (angl. *outsoursing).*
- **Dizajn proizvoda.** Določeni dizajni proizvodov lahko povečajo stroške zalog, transporta ali pa vplivajo na dobavne čase. Ker je sprememba proizvoda navadno precej draga, se mora management oskrbne verige soočiti s vprašanjem ali lahko znižamo stroške zalog in transporta do te mere, da bo sprememba dizajna proizvoda ekonomsko upravičena. V praksi se zadnja leta pojavlja strategija masovne prilagodljivosti (angl. *mass customization)*, ki zniža stroške upravljanja celotne oskrbne verige.
- **Uporaba ustrezne informacijske tehnologije v podporo poslovnemu odločanju.** Z uporabo ustrezne informacijske tehnologije je upravljanje oskrbnih verig učinkovitejše. Moderni informacijski sistemi omogočajo zajem podatkov na različnih delih oskrbne verige. Kot glavno dilemo, avtorji v tej točki ne izpostavljajo ali lahko izbiramo podatke temveč katere podatke je potrebno zbirati in nato posredovati dalje.
- **Izbira ustrezne cenovne politike.** Različne promocije in dodatni popusti lahko stimulirajo kupce, da kupijo dejansko več kot potrebujejo in s tem zamaskirajo običajen vzorec povpraševanja, kar lahko privede do napačnih odločitev pri višjih členih v oskrbnih verigah. V kolikor so takšni popusti dolgotrajnejši se lahko tudi zgodi, da kupci več niso pripravljeni kupovati izdelke po rednih cenah.

1.2 Definicija učinka biča

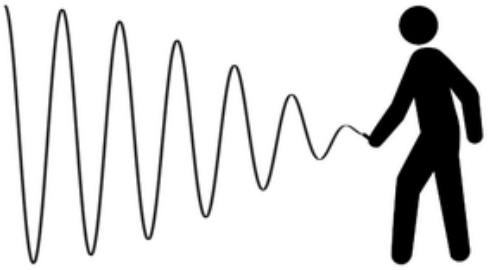
V zadnjih desetletjih je veliko proizvajalcev in trgovcev opazilo, da kljub relativno stabilnemu povpraševanju kupcev po posamičnih izdelkih, njihove zaloge in naročila v oskrbni verigi zelo variirajo.

Lee et al. (1997a, str. 546) v enem izmed temeljnih del na področju raziskav povečevanja variabilnosti povpraševanja v oskrbnih verigah učinek volovskega biča (učinek biča) definirajo kot pojav, kjer se dobavitelji v verigi srečujejo z višjo variabilnostjo povpraševanja, kot je variabilnost povpraševanja kupcev. Termin učinek biča so sicer kot prvi uporabili v podjetju Proctor & Gamble, ko so v 90. letih prejšnjega stoletja raziskovali vzorce naročanja njihovih najbolj prodajanih proizvodov (Lee et al., 1997b, str. 93).

Lee, Padmanabhan in Whang (2004, str. 1888) navajajo, da so v preteklosti strokovnjaki uporabljali različna poimenovanja za ta pojav, kot so »učinek dvoročne žage« (angl. *whipsaw effect*), »učinek udarca biča« (angl. *whiplash effect*), »princip pospeševanja« (angl. *aceleration principle*), Forresterjev efekt (angl. *Forrester Effect*) (Forester, 1961), vendar je termin učinek biča (angl. b*ullwhip effect*) prišel v splošno uporabo.

Chase, Jacobs in Aquilano (2006, str. 410) pojav opišejo kot pomanjkanje sinhronizacije med partnerji v oskrbni verigi, kjer se tudi najmanjša sprememba povpraševanja kupcev v verigi odrazi kot oscilacija naročil navzgor po verigi. Takšno nihanje je podobno udarcu biča, ki je figurativno ponazorjen na sliki 2 in od tod izvira tudi ime za ta pojav.

Slika 2: Figurativna ponazoritev učinka biča

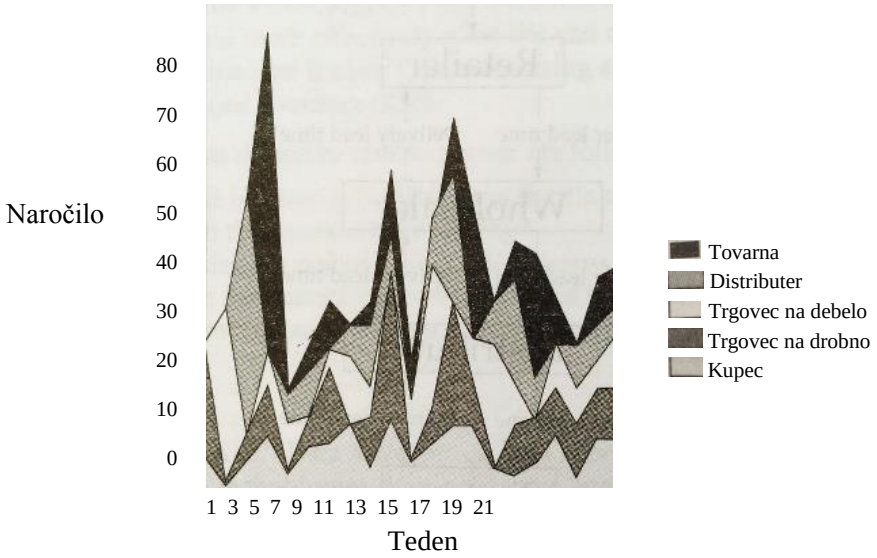


Vir: Bullwhip effect, 2015.

Simchi-Levi et al. (2008, str. 159-160) učinek biča opišejo na primeru relativno preproste oskrbne verige, kjer nastopajo naslednji štiri členi: trgovec na drobno, trgovec na debelo, distributer in tovarna. Trgovec na drobno glede na povpraševanje kupca oddaja naročila trgovcu na debelo, ki posreduje naročila naprej svojemu dobavitelju distributerju. Da trgovec na debelo določi količino naročila, mora v naprej predvideti kakšno bo

povpraševanje trgovca na drobno. V kolikor trgovec na debelo nima dostopa do vzorca povpraševanja končnih kupcev, mora napoved prodaje izdelati na podlagi povpraševanja trgovca na drobno. In ker je variabilnost naročil trgovca na drobno veliko višja, kot je variabilnost naročil kupca, mora trgovec na debelo vzdrževat višjo varnostno zalogo kot trgovec na drobno, v kolikor hoče dosegati enako raven storitve, kot jo dosega trgovec na drobno. Pristop z enako logiko se lahko uporabi naprej po verigi do distributerja in do tovarne, kar doprinese k večjim varnostnim zalogam. Iz slike 3 je razvidno, kako se nihanje v oddanih naročilih potencira glede na posamezne člene oskrbne verige.

Slika 3: Povečanje variabilnosti v oskrbni verigi



Vir: D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, E. Simchi-Levi & R. Shankar, Designing and Managing the Supply Chain (3.ed.), 2008, str. 160.

Lee et al. (1997b, str. 93) sicer učinek biča opisujejo kot pojav, ko popačena informacija o dejanskem povpraševanju povzroča naraščanje variabilnosti naročil po oskrbni verigi, vendar ostali avtorji (Fransoo & Wouters, 2000; Cachon et al., 2007; Jakšič & Rusjan, 2007) izpuščajo del o popačeni informaciji dejanskega povpraševanja in uporabljajo splošno sprejeto definicijo, ki pravi, da je učinek biča pojav povečanja variabilnosti naročil, ko se pomikamo navzgor po oskrbni verigi.

1.3 Vzroki za pojav povečane variabilnosti naročil

Vzroki za učinek biča so mnogokrat težko prepoznavni in se med seboj prepletajo. V literaturi zasledimo več različnih klasifikacij vzrokov za pojav povečane variabilnosti naročil.

Lee et al. (1997a) v enem izmed temeljnih del s področja raziskav učinka biča kot glavne

vzroke za učinek biča izpostavljajo naslednje štiri: predvidevanje povpraševanja, nakupovanje v svežnjih, špekulativno naročanje in spremenljivo cenovno politiko.

Večina podjetij uporablja napovedovanje povpraševanja za planiranje proizvodnje, kapacitet in zalog. Kot vhoden podatek za napoved povpraševanja se navadno uporabi zgodovina naročil predhodnega člena v verigi. Z izbrano tehniko napovedovanja povpraševanja, kot je na primer eksponentno glajenje, proizvajalec ustvari naročila svojemu dobavitelju, ki morajo zapolniti pričakovano povpraševanje v prihodnosti in varnostne zaloge. Z vsakim novim naročilom proizvajalec ustvari novo napoved povpraševanja na podlagi katerega oblikuje naročila do dobavitelja. Težava napovedi je, da se mora povpraševanje napovedati za daljše obdobje v prihodnost, kjer tudi ob uporabi eksponentnega glajenja pride do večjih nihanj v povpraševanju in posledično je dobavitelj soočen še z višjo variabilnostjo naročil, kot je dejansko povpraševanje. Ta isti dobavitelj uporabi naročila podjetja kot svoje vhodne podatke za napoved povpraševanja in v kombinaciji z lastnimi varnostnimi zalogami, ki so med drugim odvisne tudi od dobavnih rokov, oblikuje naročila do svojih dobaviteljev, ki pa variirajo še bolj kot naročila proizvajalca do dobavitelja (Lee et al, 1997b, str. 95).

Podjetja v oskrbnih verigah uporabljajo različne sisteme za uravnavanje zalog. Ko podjetje prejme naročilo predhodnega člena, le-to zmanjša zalogo, vendar to ne sproži takojšnega naročila novih zalog. Namesto, da bi podjetje naročalo vsakokrat, ko proda kos izdelka, se odloči, da bo naročalo v obliki svežnjev. V takšno strategijo jih vodijo različne iniciative, kot so fiksni stroški naročanja, zalog in transporta. Uporaba minimalnih količina naročila oziroma naročanje v svežnjih podaljšuje cikle naročanja in povzroči podajanje višjih naročil, ki niso neposredno odraz dejanskega povpraševanja.

Do špekulativnega naročanja pride, ko povpraševanje po določenem izdelku preseže ponudbo in se proizvajalci odločijo omejiti dobavo izdelka. Ker so kupci o morebitni omejitvi naročil obveščeni, naročijo pretirano količino izdelkov v želji, da si s tem zagotovijo vsaj potrebno količino. Posledica špekuliranja kupcev je, da proizvajalec naenkrat zabeleži močno povečanje povpraševanja, ki pa ni odraz dejanske situacije na trgu (Jakšič & Rusjan, 2007, str. 20). Takšna situacija proizvajalca lahko zavede pri oblikovanju napovedi prihodnjih potreb dobavitelja. Ko se situacija z omejenimi naročili konča, pride do močno zmanjšanih naročil kupcev in odpoved starih naročil.

Spreminjanje cen v obliki promocij, količinskih popustov ali kakšnih drugi obliki ugodnejših plačilnih pogojev lahko povzroči povečano variabilnost naročil. V primeru, da so stroški skladiščenja dodatnih zalog nižji, kot je prihranek iz naslova nižjih cen na trgu, se kupci odločijo za vnaprejšnje nakupe večjih količin. Ko se cene proizvodov vrnejo na normalen nivo, kupci začasno prekinejo z nabavo dokler ne izčrpajo dodatno nabranih

zalog. Rezultat spreminjanja cen proizvodov je spremenjen vzorec potrošnje, ki ne odraža dejanskih potreb na trgu, saj so variacije v naročilih mnogo večje, kar vodi do učinka biča. Paik in Bagchi (2007, str. 322) kot najbolj vplivne vzroke izpostavijo posodabljanje napovedi povpraševanja, kompleksnost oskrbnih verig in cenovna nihanja, saj v njunem statističnem modelu pojasnijo 53 % variacije v povpraševanju. Kim, Park, Chang, Jeong, Kim in Park (2007, str. 14) pa kot vzroke, ki vplivajo na pojav učinka biča v oskrbni verigi zasnovani po konceptu SCOR[1] opredelijo: časovne zamude, nezanesljivost povpraševanja, napake v napovedovanju povpraševanja, velikost serijskih naročil, cenovna nihanja, pomanjkanje dobav, izmenjavo informacij in število členov v oskrbni verigi.

Ob iskanju vzrokov za nastanek učinka biča se je v preteklosti izoblikovalo več klasifikacij in teorij, med katerimi nekatere vzroke razvrščajo med racionalne, druge pa med vedenjske faktorje (Lai, 2005, str. 6) in med katerimi ene vzroke ugotavljajo z analitičnimi, druge pa s simulacijskimi modeli (Kim et al. 2007, str. 12-13). Racionalna delitev predvideva, da sodelujoči subjekti v oskrbnih verigah naročila kreirajo glede v skladu z določenimi pravili, medtem ko so vedenjski vzroki posledica človeške intuicije in napak. Lai (2005, str. 6-7) skozi pregled literature racionalne faktorje povezuje s pravili za sprejemanje odločitev in metodami optimizacije, vedenjske pa s predsodki pri sprejemanju odločitev in človeškimi napakami. Prvi izmed racionalnih faktorjev so pri tem cenovna nihanja zaradi količinskih ali promocijskih popustov, drugi faktor pa je vezan na korelacijo povpraševanja, stroške pomanjkanja zalog in časovne zamike pri dopolnjevanju zalog, kjer se členi v oskrbni verigi zavarujejo pred izčrpanjem zaloge z varno politiko naročanja. Kot tretji in četrti racionalni faktor Lai (2005, str. 8-9) navaja naročanje v svežnjih in namerno manjšanje proizvodnje v namen dviganja cen. Med vedenjskimi faktorji avtor navaja predsodke pri sprejemanju odločitev, kot so neupoštevanje še ne prispelih že naročenih zalog in pretirano reagiranje na indice pomanjkanja zalog, ter naročanje prekomernih zalog zaradi strahu, da dobavitelj naslednjič ne bo sposoben dostaviti zadostnih količin.

Bhattacharya in Bandyopadhyay (2011, str. 1246-1247) vzroke učinka biča podobno delita na operativne in vedenjske. Med operativnimi pri tem na podlagi pregleda literature navajata napovedovanje povpraševanja, naročanje v svežnjih, cenovna nihanja, špekulativno naročanje, dobavne čase, politiko upravljanja in obnavljanja zalog, neprimerne kontrolne sisteme, pomanjkanje preglednosti v oskrbni verigi, vpliv števila členov v oskrbni verigi, pomanjkanje usklajenosti med členi, lokalno optimizacijo procesov posameznega člena verige ter omejitve proizvodnih in skladiščnih kapacitet. Med vedenjskimi vzroki avtorja poleg neažurnost v procesu naročanja, strahu pred izčrpanjem zalog uvrščata še pomanjkanje izobraževanja na temo učinkovitega managementa oskrbnih verig.

[1] Kratica za referenčni model zasnove oskrbne verige (angl. *Supply Chain Operations Reference)*, ki ga je predstavila mednarodno priznana organizacija Supply Chain Council (SCOR Framework – The APICS Supply Chain Council, 2015).

Jakšič (2003, str. 17) predlaga klasifikacijo vzrokov glede na različne ovire pri sodelovanju členov v oskrbni verigi in pri tem navaja: ovire zaradi različne iniciative, ovire pri obdelavi informacij oz. popačenje informacij, operativne ovire in cenovne ovire. V okviru ovir zaradi različnih iniciativ kot vzroke za povečanje variabilnosti naročil navaja lokalno optimizacijo funkcij ali partnerjev verige in neusklajene iniciative prodajnega osebja. Med vzroki, vezanimi na obdelavo in popačenje informacij, obravnava oblikovanje povpraševanja na naročilih in ne na dejanskem povpraševanju ter onemogočanje dostopa do popolnih informacij. Operativne ovire avtor povezuje z aktivnostmi v procesu podajanja in sprejemanja naročil, kot izhajajoče vzroke učinka biča pa pri tem navaja naročanje v svežnjih, dolge dobavne roke in manipulativno naročanje. V okviru cenovnih ovir kot vzroke učinka biča izpostavlja količinske popuste in kratkotrajne cenovne promocije.

Kljub temu, da je vzrokov za pojav učinka biča veliko, se posamezni avtorji osredotočajo na dokazovanje vpliva le določenega specifičnega dejavnika. Hussain in Drake (2011) se na primer osredotočijo na dokazovanje vpliva naročanja v svežnjih in skleneta, da se uporaba naročanja v svežnjih v več nivojskih oskrbnih verigah skoraj vedno odraža z učinkom biča.

Pomemben vpliv na učinek biča v oskrbni verigi ima tudi strategija upravljanja in obnavljanja zalog. Lee et. al (1997a) in Chen, Drezner, Ryan in Simchi-Levi (2000) se osredotočijo na široko uporabljen sistem upravljanja zalog z naročanjem do ciljne zaloge v kombinaciji z različnimi metodami napovedovanja povpraševanja, vendar le za določene vzorce povpraševanja. To pomanjkljivost odpravijo Dejonckheere, Disney, Lambresch in Towill (2002) z uporabo metodologije prenosne funkcije dokažejo, da ob uporabi katerikoli metode za napovedovanja povpraševanja, sistem upravljanja zaloge z naročanjem do ciljne zaloge vedno privede do učinka biča. Disney in Towill (2003, str. 212) primerjata klasičen model upravljanja zalog in model kjer dobavitelj skrbi za uravnavanje zalog pri kupcu (angl. *vendor manged inventory* ali VMI*)*. Zaključita, da uporaba slednjega privede do nižjega učinka biča v oskrbnih verigah. Jakšič in Rusjan (2008) nadgradita predhodne raziskave s tem, da s pomočjo prenosne funkcije raziščeta vpliv uporabe različnih sistemov uravnavanja zalog na učinek biča. Zaključita, da je sistem uravnavanja zalog lahko sam generator učinka biča in izpostavita, da je izbira ustreznega sistema ključna pri zmanjšanju učinka biča in stroškov uravnavanja zalog.

1.4 Vpliv in posledice povečane variabilnosti naročil v oskrbnih verigah

Učinek biča je problematičen zlasti zaradi tega, ker povzroča neučinkovitost delovanja celotne oskrbne verige. Zaradi variabilnosti naročil lahko prihaja do neenakomernih obremenitev proizvodnih zmogljivosti, neučinkovitega transporta, presežka zalog, nižje ravni storitve do kupca, povezane z zamudami v dobavah ali celo nerealiziranimi naročili (Buchmeister, Friscic & Palcic, 2014, str. 70-71). V nekaterih oskrbnih verigah naj bi

učinek biča tako povzročal celo 13 do 25 % operativnih stroškov (Lee et al., 1997a, str. 547), odpravljanje variabilnosti naročil pa naj bi dobiček v povprečju povečalo tudi med 15 in 30 % (Metters, 1997, str. 91).

Fioriolli in Fogliatto (2008) vplive in posledice povečane variabilnosti naročil v oskrbnih verigah delita na lokalne in sistemske posledice, ki prizadenejo tako proizvajalce kot tudi distributerje in trgovce. Med lokalnimi posledicami avtorja navajata nizko raven storitve, padec prodaje in izgubo dobička, povečanje varnostnih zalog, večanje proizvodnega programa in neučinkovitost upravljanja lokalnih virov. Na sistemski ravni pa se podjetja po navedbah avtorjev zaradi variabilnosti naročil na različnih nivojih oskrbne verige soočajo z rastjo stroškov globalnih zalog, nižjimi povrnitvami investicij, padcem produktivnosti delovne sile in neučinkovitostjo upravljanja virov oskrbne verige.

Waller, Williams in Eroglu (2008, str. 252-253) analizirajo posledice učinka biča v stohastičnem modela naročanja, ki maksimizira izkoriščenost transporta. Navajajo večjo možnost izčrpanja zalog oziroma povečane zahteve po varnostnih zalogah, ki se odražajo v višjih stroških držanja zalog. Zaključujejo, da je potrebno poiskati kompromis med stroški zalog in izkoriščenostjo transporta. V kolikor so prihranki pri transportu večji, kot so stroški izčrpanja zalog ali držanja višjih varnostih zalog, potem je uporaba sistema, ki variabilnost naročil poveča ekonomsko upravičena.

Chopra in Meindl (2001, str. 363) združita pregled vplivov učinka biča na kazalnike poslovanja podjetja in so prikazani v tabeli 1. Poleg že omenjenega vpliva na stroške držanja zalog in transportne stroške, povzemata še, da učinek biča v oskrbni verigi poveča manipulativne stroške v skladišču in stroške proizvodnje. Ker pojav učinka biča poveča verjetnost, da bo prišlo do izčrpanja zalog, se podaljšajo tudi dobavni roki, saj je potrebno v primeru izčrpanja počakati ponovno dobavo. Posledično višji učinek biča vpliva tudi na zmanjšanje ravni storitve. Glavna ugotovitev je, da učinek biča zmanjša dobičkonosnost oskrbne verige, saj je zagotavljanje ustrezne ravni dobavljivosti proizvodov dražje kot v primeru odsotnosti pojava.

Tabela 1: Vpliv učinka biča na kazalnike poslovanja oskrbne verige

Kazalnik poslovanja	**Vpliv učinka biča**
Stroški proizvodnje	Povečanje
Stroški držanja zalog	Povečanje
Dobavni časi	Povečanje
Transportni stroški	Povečanje
Manipulativni stroški v skladišču	Povečanje
Raven storitve	Zmanjšanje
Dobičkonosnost	Zmanjšanje

Vir: S. Chopra & P. Meindl, Supply Chain Management: Strategy, planning and operation, 2001, str. 363.

1.5 Ukrepi za zmanjšanje učinka biča

Glede na kompleksen sestav različnih vzrokov za nastanek pojava učinka biča so potrebne tudi različne vrste ukrepov in pristopov za zmanjševanje variabilnosti naročil. Carranza in Maltz (2010) kot prvi korak nadzora in amortizacije navajata uporabo indeksa učinka biča, s katerim lahko podjetja preverjajo učinke svojih strategij odločanja in naročanja. Ravichandran (2008, str. 77) na dveh praktičnih primerih dokazuje, da je najboljši način amortizacije variabilnosti naročil kombinacija različnih sistemov za upravljanje zalog. V večjih organizacijah je uporaba različnih ukrepov seveda izjemno kompleksna, zaradi česar se tudi veletrgovci po ugotovitvah Dooley, Yan, Mohan in Gopalakrishnan (2010, str.12) na nihanja v povpraševanju odzivajo počasi in z drastičnimi ukrepi ter tako bistveno potencirajo variabilnost, medtem ko se trgovci na drobno odzivajo hitreje in bolj konzervativno.

Prav tako kot pri raziskovanju vzrokov se tudi pri izpeljavah ukrepov različni avtorji pogosto osredotočajo na posamezne specifične ukrepe. Kot odziv na spremembe v povpraševanju Dooley et al. (2010) denimo predlagajo glajenje povpraševanja in zalog. Empirični testi pokažejo, da glajenje povpraševanja učinek biča v nekaterih industrijah zmanjša, ne pa vedno izključuje učinek biča.

Cho in Lee (2012, str. 2302) opozarjata na velik pomen razmerja med sezonskimi cikli in dobavnimi roki, ki morajo biti v namen zmanjševanja variabilnosti naročil krajši od sezonskih ciklov. Kot pomemben ukrep avtorja tako predlagata krajšanje dobavnih rokov s pomočjo bolj učinkovitega sodelovanja med členi oskrbne verige.

Lee et al. (1997b, str. 99-103) ukrepe za zmanjšanje učinka biča delijo v tri večje skupine: izboljšanje dostopnosti informacij o povpraševanju, organizacijske spremembe in operativne spremembe v oskrbni verigi. Hkrati naštejejo še naslednje usmeritve, ki pripomorejo k zmanjšanju učinka biča:

- izogibanje pogostemu osveževanju napovedi,
- zmanjševanje svežnjev v katerih se naroča,
- stabilizacija cen in
- izogibanje situacij, ki privedejo do špekulativnega naročanja.

Dostopnost informacije o povpraševanju se lahko zagotovi z ažurnim prenosom informacije o končnem povpraševanju navzgor po oskrbni verigi. Eden izmed načinov kako to zagotoviti je uvedba sistema za spremljanje povpraševanja ob trenutku prodaje (angl. *point of sale* ali POS*)* ob podpori računalniške izmenjave podatkov (angl. *electronic data interexchange* ali EDI). Takšno sodelovanje v veliki meri odpravi posledice

popačenja informacije v verigi, ki podjetja vodi v neučinkovito upravljanje oskrbnih verig (Jakšič & Rusjan, 2007, str. 21).

Uvedba direktne prodaje mimo posrednikov je lahko primer organizacijskih sprememb v oskrbni verigi, s katero podjetje zmanjša vpliv posrednikov na variabilnost naročil. Kot navajata Jakšič in Rusjan (2007, str. 23) je podobne učinke mogoče doseči tudi z izboljšanjem sodelovanja med partnerji v oskrbni verigi s pomočjo medsebojne koordinacije in integracije funkcij procesa uravnavanja zalog. Ključna pri tem je vzpostavitev in uskladitev iniciativ, bodisi v okviru cenovne ali transportne politike, ki vzpodbujajo sodelovanje v oskrbni verigi.

V okviru operativnih sprememb se podjetja lahko s krajšanjem dobavnih rokov in z zmanjšanjem težnje po naročanju v svežnjih uspešno spopadejo z učinkom biča. Krajši dobavni roki in manjši svežnji zmanjšajo negotovost v oskrbnih verigah, kar privede do bolj natančnih napovedi povpraševanja in bolj stabilnih naročil skozi oskrbno verigo.

Čeprav dajeta izjemna kompleksnost vzrokov in posledično množica ukrepov morda vtis neobvladljivosti, Lee (2010, str.7) poudarja, da je problem z razumevanjem dejanskih vzrokov za nihanja, ustrezno transparentnostjo in investiranjem v sodelovanju s partnerji mogoče obvladovati. Barlas in Gunduz (2011, str. 472) pri tem strategije za izmenjavo informacij in napovedovanje povpraševanja potrjujeta kot uspešne pri amortizaciji učinka biča, vendar pa ne pri njegovi popolni odpravi.

1.6 Pregled raziskav učinka biča

Pregled raziskav biča smo razdelili na dve podpoglavji, ki ločeno ponujajo pregled izračuna in meritev učinka biča, pionirskih in temeljnih del na področju raziskav učinka biča ter empiričnih del, ki dokazujejo obstoj pojava na praktičnih primerih.

1.6.1 Izračun in meritve učinka biča

Splošno sprejeta mera za merjenje velikosti učinka biča je indeks učinka biča (1) (angl. *bullwhip effect index*), ki primerja varianco naročil proizvodnje z varianco povpraševanja končnega potrošnika (Chen & Lee, 2012; Cachon et al., 2007).

$$\text{Učinek biča} = \frac{\sigma^2_{\text{višji člen}}}{\sigma^2_{\text{nižji člen}}} \qquad (1)$$

Podatki uporabljeni za izračun števca in imenovalca morajo biti v primerljivih enotah, kot so na primer pakirne enote (npr. zaboji) in prav tako morajo biti zajeti preko enakega časovnega obdobja. Podana definicija indeksa učinka biča sicer meri porast variabilnosti v

povpraševanju med prodajno stranjo oskrbe verige in proizvodnjo, vendar pa lahko z indeksom učinka biča ponazorimo spremembo v variabilnosti naročil med poljubno izbranima členoma v oskrbni verig. V tem primeru mora varianca v števcu formule predstavljati člen, ki se nahaja nižje v oskrbni verigi (t.j. se nahaja bližje kupcu) in je predhodnik člena, katerega varianca se nahaja v imenovalcu formule (Torres & Maltz, 2010, str. 24).

Dejonckheere, Disney, Lamrecht in Towill (2003, str. 575) potrjujejo, da se kot konvencionalno mero za izračun indeksa učinka biča uporablja razmerje med varianco izhodnih naročil in varianco vhodnih naročil. Dodajo še, da se za opis variabilnosti namesto variance lahko uporabi tudi standardni odklon ali koeficient variacije (KV). Fransoo in Wouters (2000, str. 79) za izračun variabilnosti naročil členov v oskrbni verigi uporabljajo KV in učinek biča kvantificirajo z enačbo (2), ki predstavlja kvocient med KV višjega člena v verigi in KV nižjega člena v verigi.

$$\text{Učinek biča} = \frac{KV_{\text{višji člen}}}{KV_{\text{nižji člen}}} \qquad (2)$$

KV predstavlja relativno mero variabilnosti, kar pomeni, da lahko z njim medsebojno primerjamo variabilnost različnih proizvodov, različnih industrij, ipd. Kot je razvidno iz enačbe (3), se KV izračuna kot kvocient med standardnim odklonom in povprečno vrednostjo opazovane sprejemljive.

$$KV = \frac{\sigma}{\mu} \qquad (3)$$

O pojavu učinka biča v oskrbni verigi lahko govorimo takrat kadar je varianca (ali standardni odklon ali KV) naročil proizvodnji večja, kot je varianca (ali standardni odklon ali KV) končnega povpraševanja, oziroma z drugimi besedami, ko je indeks učinka biča večji od 1 (Cachon et al., 2007, str. 464).

Čeprav je bil učinek biča v preteklosti s strani številnih avtorjev identificiran v domala vseh gospodarskih sektorjih (Bray & Mendelson, 2013, str. 2) in je postal standardni industrijski termin (Lee et al., 2004, str. 1891), pa se v vseh oskrbnih verigah ne pojavlja. Behzad, Moraga in Chen (2009, str. 718) ga denimo ne identificirajo v oskrbni verigi lekarniških proizvodov, Xiang Zhi, Zheng Hua in Rong Fang (2011, str. 5) pa ugotavljajo, da ga je tudi v nekaterih drugih industrijah komaj opaziti. Sucky (2009) v svoji študiji celo zaključuje, da učinek biča ni splošen pojav in da so izračuni učinka biča pogosto precenjeni. Cachon et al. (2007) v zvezi s tem ugotavljajo, da sta prisotnost in jakost učinka biča odvisna od vrste dejavnosti. Prisotnost učinka biča avtorji potrjujejo veleprodajnih panogah, ne pa v maloprodajnih in večinoma tudi ne v predelovalnih industrijah. Prisotnost oziroma odsotnost pojava v različnih industrijah naj bi bila pri tem v

veliki meri odvisna od sezonskega povpraševanja, in sicer se v panogah z izrazito visoko sezono učinek biča lahko ublaži z glajenjem proizvodnje, medtem ko prihaja v panogah z manj izrazito sezono do veliko večjega izraza.

Pri dokazovanju vpliva učinka biča na empiričnih podatkih se srečujemo z različnimi metodološkimi izzivi, ki lahko vplivajo na sam rezultat oziroma na interpretacijo rezultatov.

Kot prvo dilemo, ki se pri zbiranju empiričnih podatkov pojavi, Chen in Lee (2012, str. 780) navajata izbiro definicije učinka biča. Originalna definicija učinka biča (Lee et al., 1997a) temelji na toku informacij skozi oskrbno verigo. Za analizo vpliva učinka biča po originalni definiciji je potrebno v empirični raziskavi zajemati podatke o dejanskem povpraševanju. Veliko empiričnih študij se zaradi lažjega pridobivanja podatkov v praksi sicer opira na meritev učinka biča po Cahcon et al. (2007), ki za približek dejanskemu povpraševanju v oskrbni verigi uporabijo materialni tok proizvodov (npr. pošiljke). Razlika med obema načinoma je, da kadar za oceno povpraševanja uporabimo podatke o materialnem toku, lahko izpustimo del povpraševanja, kateremu višji člen v verigi ne more zadostiti in se osredotočimo samo na tisti del naročil, ki jih je višji člen v verigi lahko realiziral.

Chen in Lee (2012, str. 771-772) navajata štiri glavne faktorje, ki vplivajo na kvaliteto meritev učinka biča in so povzeti v tabeli 2. Kadar se srečujemo z omejenimi kapacitetami (bodisi v proizvodnji bodisi v transportu) in učinek biča merimo glede na fizičen tok materiala, se lahko srečujemo z ublaženim učinkom biča. Nadalje v svojem delu pokažejo, da kadar je prisotno izrazito sezonsko povpraševanje, le-to vpliva na ublažitev učinka biča v oskrbni verigi. Zaključujeta, da združevanje podatkov za neko daljše časovno obdobje učinek biča zmanjša oziroma lahko tudi zamaskira, medtem ko uporaba naročanja v svežnjih ta učinek dodatno poveča. Dokazi o vplivu združevanja meritev za več proizvodov ali lokacij hkrati so v njihovem delu mešani in ni definiranega enoznačnega vpliva.

Tabela 2: Povzetek vplivov na meritve učinka biča

Faktor	**Povečanje**	**Zmanjšanje**	**Maskiranje**
Omejene kapacitete		✓	
Naročanje v svežnjih	✓		
Vpliv sezonskega povpraševanja vključen v meritvah		✓	
Združevanje podatkov za daljše časovne obdobje			✓
Združevanje podatkov za več proizvodov/lokacij			*pomanjkljivi podatki

Vir: prirejeno po L. Chen & H.L. Lee, Bullwhip Effect Measurment and Its Implications, 2012, str. 772.

S problematiko izvajanja meritev učinka biča v praktičnem okolju se ukvarjata tudi Fransoo in Wouters (2000), ki navajata tri glavne dileme pri zbiranju podatkov: kako združevati podatke, kako izločiti posamezne vzroke za učinek biča iz meritev in ne nazadnje tudi kako zagotoviti konsistentnost podatkov, saj je vsaka oskrba veriga del neke večje mreže.

Fransoo in Wouters (2000, str. 81-83) podrobneje predstavita vpliv združevanja podatkov na rezultate merjenja učinka biča na primeru, kjer ob enakih vhodnih podatkih različni načini združevanja podatkov privedejo do različnih meritev učinka biča. V primeru predpostavljata, da so podatki dostopni za vsak proizvod, za vsak dan, za vsak člen v oskrbni verigi (npr. nivo DC) in za vsako enoto v posameznemu členu (npr. posamezen DC). Osredotočita se na prikaz meritev učinka biča na nivoju posameznega člena v oskrbni verigi, v kateremu nastopa M partnerjev oziroma enot (npr. na nivoju DC, lahko nastopa M različnih DC-jev). Ob predpostavki, da obstaja P proizvodov in M enot v posameznem členu, ki je del preučevane oskrbne verige, potem poznamo 4 različne načine združevanja podatkov:

1. učinek biča je izmerjen za vsak proizvod v vsaki enoti. To je najbolj podroben nivo podatkov, pri katerem dobimo P x M različnih meritev učinka biča,
2. učinek biča je združen na nivoju proizvodov. Podatki o povpraševanju so na nivoju posameznih proizvodov združeni za vse enote v členu. Izkupiček takšnega načina združevanja je P različnih meritev učinka biča,
3. učinek biča je izmerjen na nivoju posamezne enote. Podatki o povpraševanju proizvodov so združeni na nivoju enote, kar pomeni, da obstaja M različnih meritev učinka biča,
4. učinek biča je izmerjen za posamezen člen oskrbne verige. Podatki o povpraševanju za P proizvodov v M enotah so združeni in obstaja ena skupna meritev učinka biča.

Odvisno od nivoja združevanja podatkov se razlikuje tudi število meritev učinka biča. V kolikor je potrebno meritve združiti v eno samo vrednost, se lahko za vsak nivo združevanja izračuna tehtano povprečje posameznih meritev. Kateri nivo združevanja se uporabi je odvisno tudi dela oskrbne verige, ki se proučuje. Meritev mora podati informacijo o vzrokih za variabilnost povpraševanja.

Kot praktična primera Fransoo in Wouter (2000, str. 83) navajata sledeči situaciji. Predpostavljata, da naročila trgovin hitro pokvarljivih izdelkov do DC-ja zelo variirajo in posledično je DC primoran imeti visoko varnostno zalogo. Visoka varnostna zaloga in visoko variabilen odjem pa povzročita, da se DC srečuje z visokim odpisom hitro pokvarljivih izdelkov. V opisanem primeru moramo k meritvi učinka biča pristopiti tako, da združimo povpraševanje vseh trgovin za vsak posamezen proizvod (način 2). Na ta način se lahko kasneje posvetimo analizi vzrokov za povečano variabilnost za vsak

proizvod posebej. V naslednjem ilustrativnem primeru predpostavljata, da dobavitelj s težavo izpolnjuje naročila DC-ja, ker imajo le-ta visoko variabilnost znotraj tedna. Za ugotavljanje nadaljnjih informacij o vzrokih za variabilno povpraševanje je v tem primeru je primerna metoda za združevanje podatkov na nivoju posameznega člena (način 4). Na ta način lahko dobimo odgovor ali je DC tisti člen v oskrbni verigi, ki povečuje variabilnost naročil ali ne.

Fransoo in Wouters (2000) zaključujeta, da način izbire meritev učinka biča in stopnja združevanja podatkov pomembno vplivata na rezultate empiričnih analiz. Višji nivo združevanja podatkov načeloma vodi k zmanjšanju učinka biča, kar potrjujeta tudi Chen in Lee (2012).

1.6.2 Zgodovinski pregled raziskav

Management proizvodnje se z učinkom biča ukvarja že od začetka 60. let prejšnjega stoletja, ko je pojav in njegove negativne posledice v svoji monografiji *Industrial Dynamics* (1961) prvi opisal ameriški strokovnjak za sisteme Jay W. Forrester.

Drugi pomemben mejnik v raziskovanju učinka biča je Stermanova študija iz leta 1989, ki temelji na simulaciji oskrbne verige in proizvodnje piva (angl. »*Beer game«)* in se uporablja tudi kot igra s katero se študentom poslovnih šol predstavi pojav učinka biča. Sodelujoči v eksperimentu simulirajo proces uravnavanja zalog v štirih členih oskrbne verige in glede na lastno povpraševanje oddajajo naročila višjemu členu v verigi, vzorec naročil pa pri tem jasno izrazi učinek biča. Sterman pri tem intenziviranje nihanja pripisuje neracionalnemu vedenju posameznih členov in napačnim domnevam o dejanskem povpraševanju.

Pomemben obrat v pogledu na obravnavo problema povečane variabilnosti naročil desetletje kasneje povzročijo Lee et al. (1997a; 1997b), ki vedenje v oskrbni opisujejo z matematičnim modelom ter nasprotno kot Sterman dokazujejo, da učinek biča povzročajo ravno racionalne in optimizirane odločitve členov v oskrbni verigi. Nova spoznanja so pozornost nadaljnjih raziskav od subjektivnega odločanja členov v oskrbni verigi preusmerila k preučevanju zgradbe in delovanja oskrbne verige same.

Učinek biča so avtorji identificirali pri različnih podjetjih in na številnih različnih trgih, najbolj znana sta primera podjetij Procter & Gamble in Hewlett & Packard. V podjetju Podjetje Procter & Gamble so ugotovili, da naročila njihovih večjih posrednikov nihajo veliko močneje od nihanja maloprodaje v trgovinah ter da je pri njihovih lastnih naročilih dobaviteljem surovin zaznati še bolj variabilna naročila. Pri tem je bilo jasno ugotovljeno, da je poraba izdelka skozi leto bolj ali manj konstantna in je močno povečanje variabilnost naročil v gornjem delu oskrbne verige težko razložiti. Podobno je opazilo tudi podjetje

Hewlett & Packard, da prodaja tiskalnikov pri enem od glavnih trgovcev skladno s pričakovanji niha. Nihanje pa se je navzgor po oskrbni verigi večalo in največja nihanja je bilo zaznati na samem vrhu verige, pri naročilih oddelka tiskalnikov oddelku za integrirana vezja (Lee et al., 1997b).

Temeljne raziskave učinka biča (Lee et al., 1997a; Chen et al., 2000) se ukvarjajo zlasti s kvantitativnimi analizami ter se z različnimi metodami predvidevanja povpraševanja osredotočajo na sistem uravnavanja zalog. Lee et al. (1997a) pri tem kot učinkovit način blaženja navajajo zlasti poglobljeno razumevanje vzrokov za nastanek učinka biča. Chen et al. (2000, str. 442) na poenostavljenem modelu dokazujejo, da je mogoče učinek biča ublažiti zlasti s posredovanjem informacij o povpraševanju kupca neposredno na vse člene oskrbne verige, ni pa mogoče učinka odpraviti v celoti.

Večina raziskav učinek biča običajno obravnava na inter-organizacijski ravni, nekatere izmed sodobnejših pa zajemajo tudi intra-organizacijski nivo. Svensson (2005, str. 762) zato izrazi potrebo po še širšem okvirju opazovanja, ki bi učinek biča obravnaval hkrati na obeh ravneh, poleg tega pa tudi vzdolž različnih vrednostnih verig in sistemov. Da učinek biča res seže veliko širše nad inter- in intra-organizacijski nivo, potrjuje globalno dogajanje ob koncu leta 2008, ko je proizvodnja industrija doživela globok padec zaradi finančne krize. Udenio, Fransoo in Peels (2015) tako predstavijo model učinek biča na ravni globalnega trga, ko so si podjetja prizadevala likvidnost ohranjati z redukcijo delovnega kapitala, kar pa se je izrazilo kot sinhronizirano zmanjšanje zalog vzdolž različnih industrij.

Empirične raziskave pogosto kažejo, da imajo teoretične metrike učinka biča v praksi relativno omejene možnosti aplikacije. Težave se pri tem vežejo zlasti na združevanje podatkov, nepopolnost podatkov in izolacijo podatkov na določeno oskrbno verigo, ki je v praksi običajno del večje in bolj kompleksne oskrbne mreže (Fransoo in Wouters, 2000).

Kljub temu pa ima uporaba teoretičnih izračunov merljive učinke tudi v praksi. Alizadeh (2012, str. 184-185) denimo na primeru oskrbne verige v mlečni industriji ugotavlja, kako izbira ustreznih parametrov za napovedovanje pripomore k zmanjšanju variabilnosti naročil. Rezultati kažejo, da se nihanje v naročilih zmanjšuje ob večanju števila obdobij, uporabljenih za izhodiščne izračune glajenja povpraševanja, ter ob večanju utežnega faktorja v eksponentni formuli glajenja.

Zotteri (2013) v svoji empirični študiji potrjuje, da je učinek biča lahko pomemben, vendar pa je lahko v nekaterih primerih tudi neznaten. Empirični rezultati pri tem potrjujejo odvisnost prisotnosti in jakosti učinka biča od vrste dejavnosti. Avtor poleg tega preverja tudi vzroke variabilnosti naročil, med katerimi na podlagi rezultatov kot najpomembnejša izpostavlja cenovna nihanja in nakupe vnaprej zaradi popustov.

Cachon et al. (2005) so iskali dokaze obstoja učinka biča na obširnem vzorcu podatkov ameriškega urada za ekonomske analize in agencije U.S. Census Bureau za obdobje od 1992 do 2006. Vzorec je vseboval podatke več kot 70 različnih industrij in je bil razdeljen na tri nivoje dobavne verige: trgovce, posrednike in proizvajalce. V nasprotju s prejšnjimi empiričnimi raziskavami klasičnega obstoja učinka biča ne potrdijo. Ugotovijo namreč, da so trgovci nagnjenji h glajenju povpraševanja in variabilnost celo zmanjšajo, medtem ko posredniki variabilnost povpraševanja zopet povečajo. Za nivo proizvajalcev prav tako ugotavljajo, da niso nagnjeni k povečevanju variabilnosti naročil. Razlog za takšne rezultate pripišejo dejstvu, da pojava sezonskosti niso izključili iz analize in domnevajo, da izrazita sezona motivira partnerje v oskrbnih verigah h glajenju povpraševanja.

Lee et al. (1997b, str. 99) kot empiričen primer učinka biča navaja še podjetje Motorola, ki se je v predbožičnem obdobju v letih 1992 in 1993 srečala s prevelikim povpraševanjem in je zato omejila dobavo svojih izdelkov. Distributerji so podoben učinek pričakovali tudi leto pozneje in namenoma naročili več, kot so dejansko potrebovali. To je povzročilo zasičenost izdelkov na trgu, kar se je kasneje odrazilo v 10 % znižanju vrednosti delnice podjetja.

V literaturi je dobro poznan tudi primer proizvajalca testenin Barilla iz konca 80. let prejšnjega stoletja (Simchi-Levi et al., 2008, str. 147-158). Variabilnost v naročilih distributerjev je povzročala velike težave proizvodnji, čeprav je bil vzorec končne prodaje testenin v Italiji razmeroma stabilen. Težavo so rešili tako, da so planiranje zalog pri distributerjih nadzirali iz centrale in so vpeljali sistem enotnega upravljanja zalog (VMI), ki je odpravil proizvodne težave povzročene zaradi umetno napihnjene variabilnosti naročil.

Empirične raziskave ponujajo mešane rezultate, saj nekatere obstoj učinka biča potrjujejo, druge raziskave pa tega pojava ne zaznajo. Kot ugotavljajo avtorji, je prisotnost pojava odvisna od industrije katero proučujejo.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IN NJEGOVE OSKRBNE VERIGE

Danfoss Trata je razvojno in proizvodno podjetje na področju izdelkov in aplikacij za zagotavljanje energetske varčnosti, ki ponuja rešitve za učinkovito spopadanje s podnebnimi spremembami (Danfoss Trata d.o.o., 2011, str. 14). V proizvodnem programu ponujajo elektromotorne regulacijske ventile, regulatorje tlaka in pretoka brez pomožne energije, balansirane ventile, regulatorje temperature brez pomožne energije in prenosnike toplote. V Sloveniji ima dve proizvodni enoti, eno v Kamniku kjer proizvajajo prenosnike toplote in eno v Ljubljani kjer proizvajajo ostali program.

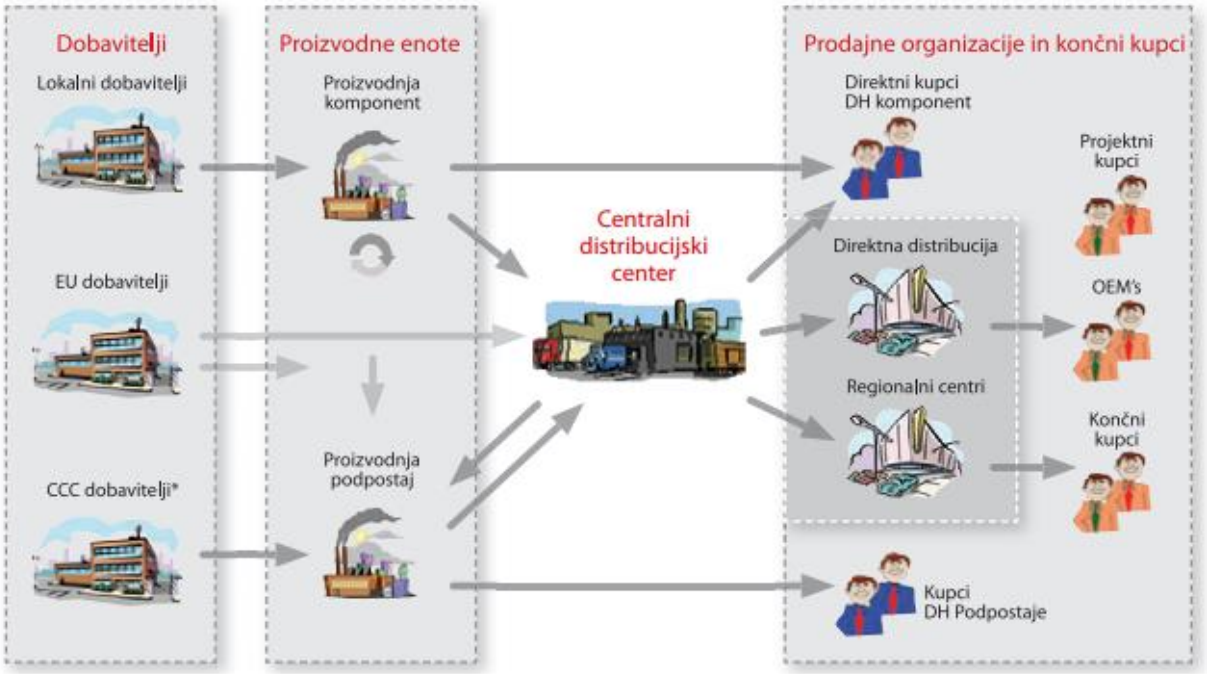
Danfoss Trata od leta 1995 spada pod okrilje mednarodnega podjetja Danfoss, ki je locirano na Danskem. Mednarodna korporacija Danfoss je vodilni raziskovalec, razvijalec in proizvajalec mehanskih in elektronskih komponent in regulatorjev (Danfoss Trata d.o.o., 2011, str. 14). Skupino sestavljata dva segmenta Danfoss Climate & Energy in Danfoss Power Solutions. Danfoss Trata deluje znotraj segmenta Climate & Energy, kjer je vzpostavljenih pet divizij, med njimi tudi District Energy. V diviziji so vzpostavljene štiri glavne poslovne enote: Controls, Heavy Duty Stations, Light Duty Stations in Heat Exchangers. Danfoss Trata upravlja poslovno področje komponent za daljinsko ogrevanje in hlajenje ter prenosnikov toplote. Za ti področji je odgovorna tako s poslovnega vidika kot tudi iz tehničnega vidika (Danfoss Trata, d.o.o., 2014; Danfoss Trata, d.o.o., 2011).

Z namenom podpore hitrejši rasti se je Danfoss konec leta 2014 odločil za proces reorganizacije v štiri segmente: Power Solutions, Danfoss Cooling, Danfoss Drives in Danfoss Heating. Danfoss Trata od 1. januarja 2015 tako deluje znotraj segmenta Danfoss Heating (Danfoss Trata, d.o.o., 2014, str. 13).

Danfoss Trata je v letu 2014 ustvarila 95,8 milijonov EUR čistih prihodkov od prodaje. Dobiček iz poslovanja se je povečal za 19 % glede na leto 2013 in dosegel rekordnih 16,2 milijona EUR. Čisti dobiček obračunskega obdobja se je povečal za 9 % in dosegel vrednost 13,5 milijona EUR. V letu 2014 je bili zaposlenih 392 ljudi. Dodana vrednost zaposlenega je znašala 104.915 EUR (Danfoss Trata, d.o.o., 2014, str. 5-10).

Danfoss Trata je bila v letu 2014 vpeta v oskrbno verigo divizije Danfoss District Energy. Enako pozornost, kot jo posvečajo rasti prodaje z razvojem novih izdelkov, že v vrsto let usmerjajo tudi v stalni razvoj in optimizacijo notranjih procesov. Zelo dobro se zavedajo pomena točnih in zanesljivih dobav in ravno zato so vsi procesi v celotni dobavni verigi od dobaviteljev do končnih kupcev natančno opredeljeni in se stalno izboljšujejo predvsem z namenom zagotoviti čim krajše dobavne roke in hkrati znižati logistične stroške (Danfoss Trata, d.o.o., 2010, str. 20).

Slika 4: Oskrbna veriga divizije Danfoss District Energy



Vir: Danfoss Trata, d.o.o., Letno poročilo , 2010, str.20.

Slika 4 prikazuje oskrbno verigo divizije Danfoss District Energy, ki je zelo razvejana. Vključuje mrežo dobaviteljev komponent in materialov pretežno iz Evrope in Kitajske, ki dobavljajo proizvodnim enotam v Kitajskem, Rusiji, Sloveniji in drugod v Evropi. Končni izdelki so nato distribuirani preko centra na Danskem in preko regionalnih distribucijskih centrov v Rusiji, Ukrajini in na Kitajskem, prodajnim organizacijam po vsem svetu ter večjim ključnim kupcev v Evropi. Za načrtovanje in spremljanje aktivnosti, ki zagotavljajo dobro dobavljivost izdelkov in nizke zaloge, je odgovoren oddelek za Upravljanje oskrbne verige (Danfoss Trata, d.o.o., 2010, str. 20-21).

Za lažje razumevanje kompleksne in razvejane oskrbne verige, v katero je vpeta Danfoss Trata, se sprehodimo po poti naročila kupca. Standardni tok naročil predvideva, da kupec odda povpraševanje prodajni organizaciji, ki to naročilo vnese v sistem. V kolikor gre za kupca iz ruskega ali kitajskega trga se naročilo izpolni iz regionalnega distribucijskega centra. Podobno velja še za nekatere druge države v katerih obstajajo manjši regionalni centri (npr. Ukrajina, Kazahstan) vendar te države ne predstavljajo omembe vrednega deleža v prodaji. V kolikor pa gre za kupca iz katerekoli druge države pa se naročilo oskrbi iz CDC-ja na Danskem. Obljuba, ki jo oskrbna veriga Danfossa daje kupcem je, da imajo proizvodi, ki po ABC klasifikaciji spadajo v A ali B skupino, dobavni rok 1 dan, ostali pa glede na dobavne roke dobaviteljev oziroma po dogovoru (to so proizvodi iz C skupine in nekvalificirani).

Ker so dobavni roki dobaviteljev distribucijskim centrom občutno daljši kot pa tisti obljubljeni kupcem, se oskrbna veriga poslužuje strategije proizvodnje na zalogo. Za zagotovitev ustrezne zaloge v CDC-ju se naročila dobaviteljem kreirajo glede na že podana naročila končnih kupcev, napoved prodaje in trenutne zaloge. V CDC-ju glede na uporabljene nabavne parametre poteka združevanje naročil v svežnje. Kot smo že v predhodnem delu izpostavili, so napoved povpraševanja, dolgi dobavni roki in naročanje v svežnjih eni izmed možnih vzrokov za pojav učinka biča v oskrbni verigi.

Ko je naročilo v CDC-ju ustvarjeno, se posreduje dobaviteljem, ki so lahko proizvodne enote koncerna Danfoss ali pa zunanji dobavitelji. Eden izmed pomembnejših dobaviteljev CDC-ja je tudi Danfoss Trata. Po prejemu naročila se izda delovni nalog za proizvodnjo. Obljuba Danfoss Trate je, da A in B proizvode dobavi v CDC v roku 11 dni od prejema naročila, C proizvode v 20 dneh in ostale proizvode, ki so narejeni po želji kupca, pa po dogovoru. Za zagotavljanje takšnih dobavnih rokov mora podjetje držati ustrezno zalogo vhodnih materialov in pol proizvodov, ker imajo dobavitelji le – teh dobavne roke občutno daljše, kot je obljuba do CDC-ja. Glede na potrebe Danfoss Trata poda naročila dobaviteljem, ki so oblikovana glede na dolge dobavne roke in dogovorjene minimalne količine, kar dodatno prispeva k učinku biča.

V zgornjih odstavkih smo predstavili standardni tok naročil v oskrbni verigi, vendar pa se lahko kupci odločijo tudi za naročila mimo prodajnih organizacij, bodisi direktno v CDC bodisi direktno v proizvodno enoto. Ta proces ni standarden in velja za specifiko, ki jo omogoča fleksibilna oskrbna veriga in prav tako ne predstavlja pomembnega deleža v prodaji.

Kot specifiko oskrbne verige lahko velja omeniti tudi, da Danfoss Trata kot proizvodna enota nima zalog končnih proizvodov. Ko je proizvodnja zaključena, se proizvodi pošljejo v CDC na Danskem ali DC v Rusiji. Sicer sta CDC in Danfoss Trata dva neodvisna subjekta, ki sta geografsko ločena več kot 1000 km, vendar pa sta v luči oskrbne verige tesno povezana. Napoved povpraševanja se sistemsko vzdržuje v CDC-ju, kjer se vsaka sprememba odrazi tudi v Danfoss Trati. Za redne osvežitve je odgovoren oddelek za napovedovanja povpraševanja, ki deluje v okviru oddelka za upravljanje verige na globalni ravni. Da so aktivnosti in procesi usklajeni tudi na nivoju proizvodne enote pa poskrbi oddelek za zagotavljanje dobavljivosti proizvodnje (angl. *Plant availability management*), ki združuje funkcije operativne nabave vhodnih materialov, planiranja proizvodnje in interne logistike.

Koncept kompleksne oskrbne verige podjetja, se je sicer izkazal za uspešnega, saj je raven storitve za izdelke katere proizvaja Danfoss Trata v letu 2014 na trgu znašala 87,6 %. Vendar pa kot smo že v uvodu omenili, imajo tudi najboljše oskrbne verige še vedno možnost za izboljšave.

3 ANALIZA UČINKA BIČA V OSKRBNI VERIGI PODJETJA

Namen empiričnega dela magistrskega dela je, da teoretične predpostavke, ki so bile predstavljene v prejšnjih poglavjih umestimo v realno okolje. Dejstvo, s katerim se podjetja kot Danfoss Trata srečujejo, je negotovost oziroma variabilnost povpraševanja končnih kupcev. Z empirično analizo bomo pokazali kako se spreminja variabilnost preko oskrbe verige, ko se pomikamo navzgor po verigi, kako posamezni parametri naročanja vplivajo na prenos variabilnosti skozi oskrbno verigo in kateri so ključni členi v verigi, ki povečujejo variabilnost. Nadalje se bomo ukvarjali s kvalitativnim opisom možnih vzrokov za pojav učinka biča. Za karseda podrobno razumevanje operativne problematike, ne bomo analizirali celotnega proizvodnega programa, ampak bomo iz množice proizvodov, ki jih podjetje proizvaja, izbrali le nekaj proizvodov, katere bomo analizirali podrobneje. Osredotočili se bomo na vpliv CDC-ja, ki generira naročila do proizvodnje in podrobneje analizirali kako sprememba v višini minimalne količine naročila vpliva na učinek biča v oskrbni verigi.

3.1 Izbira proizvodov za analizo

Podjetje Danfoss Trata ima v svojem proizvodnem programu več kot 4000 različnih končnih kod. Proizvodi se nahajajo v različnih življenjskih ciklih, nekateri so šele v uvajanju, nekateri so v zreli dobi, spet drugi so v procesu ukinjanja in nekateri služijo izključno za servisne namene. Tako kot se proizvodi razlikujejo glede na življenjski cikel, se razlikujejo tudi glede na pomembnost v sami prodaji. Glede na pričakovan delež v prometu se proizvodi po ABC klasifikaciji delijo na:

- A-proizvode: to so proizvodi, ki skupaj predstavljajo 80 % pričakovanega prometa in imajo med vsemi proizvodi najvišjo frekvenco odjema,
- B-proizvode: to so proizvodi, ki skupaj predstavljajo 15 % pričakovanega prometa in imajo nižjo frekvenco odjema, kot proizvodi klasificirani kot A,
- C-proizvode: glede na pričakovan promet relativno manj pomembni proizvodi, saj skupaj ne predstavljajo več kot 5 % pričakovanega prometa in imajo najnižjo frekvenco odjema.

Za empirično analizo smo izbrali proizvode, ki so v normalnem proizvodnem ciklu (torej niso v procesu ukinjanja ali uvajanja) in po ABC klasifikaciji sodijo v A skupino. Za proizvode z omenjenima značilnostma smo se odločili, ker takšni proizvodi predstavljajo glavnino prometa, imajo največji vpliv na stroške oskrbne verige ter imajo pomemben vpliv na določanje potrebnih kapacitet v proizvodnji. Glavni proizvod na katerem bomo proučevali spremembe v variabilnosti naročil skozi oskrbno verigo je proizvod z največjo prodajo v letu 2014 in spada v skupino pogonov. Pomožni proizvodi, na primeru katerih bomo prikazali vpliv minimalne količine naročila na variabilnost naročil, sodijo v druge

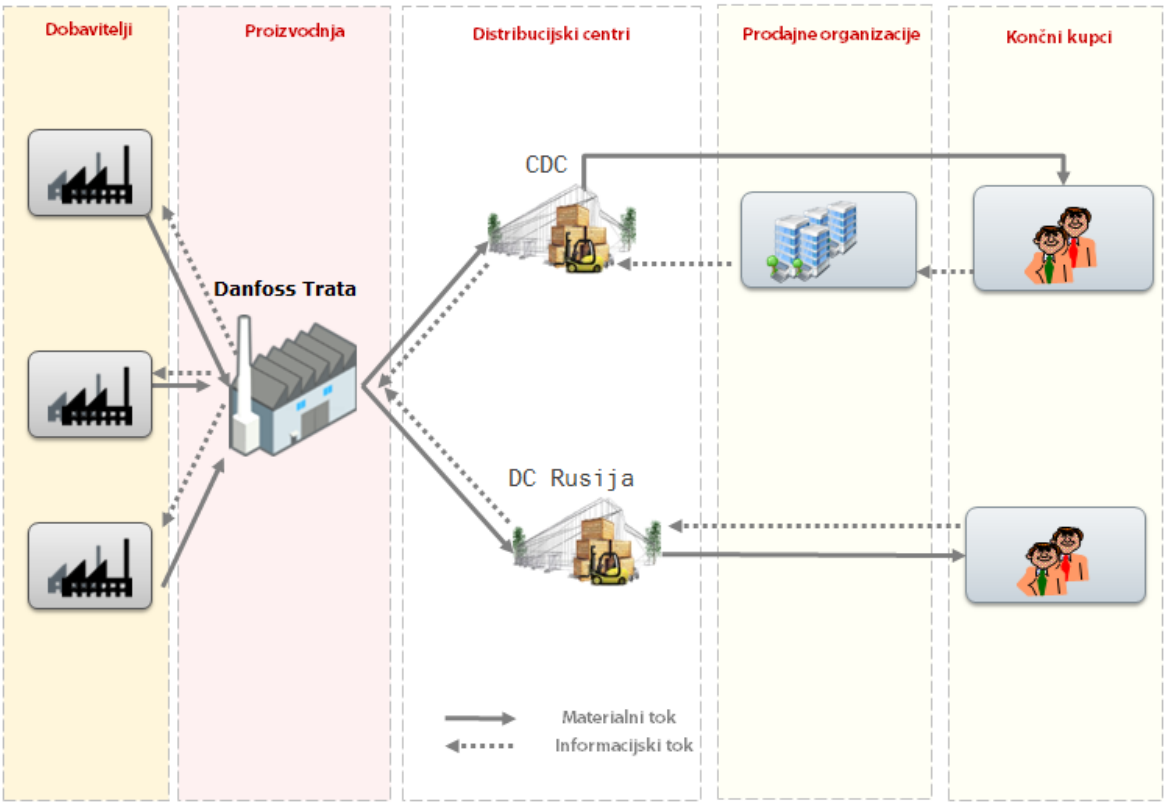
proizvodne skupine, vendar uporabljajo enake parametre naročanja in nastopajo v isti oskrbni verigi.

Za oznako proizvodov v magistrski nalogi bomo uporabljali sledeč način označevanja. Proučevane proizvode bomo poimenovali kot SKU (*angl. Stock Keeping Unit)* in zraven dodali zaporedno številko omembe v teku naloge. Za omenjeni glavni material bomo skozi nalogo uporabljali oznako SKU-1. Poleg tega bomo za primere uporabili še proizvoda skupine dodatkov za regulatorje in ju bomo označili s SKU-2 in SKU-3.

3.1.1 Predstavitev oskrbne verige proizvodov

Oskrbna veriga podjetja je bila že predstavljena v predhodnem poglavju, tukaj pa bomo predstavil dodatne značilnosti oskrbne verige preučevanih proizvodov. Na sliki 5 je predstavljena oskrbna veriga za proizvod SKU-1.

Slika 5: Oskrbna veriga proizvoda SKU-1

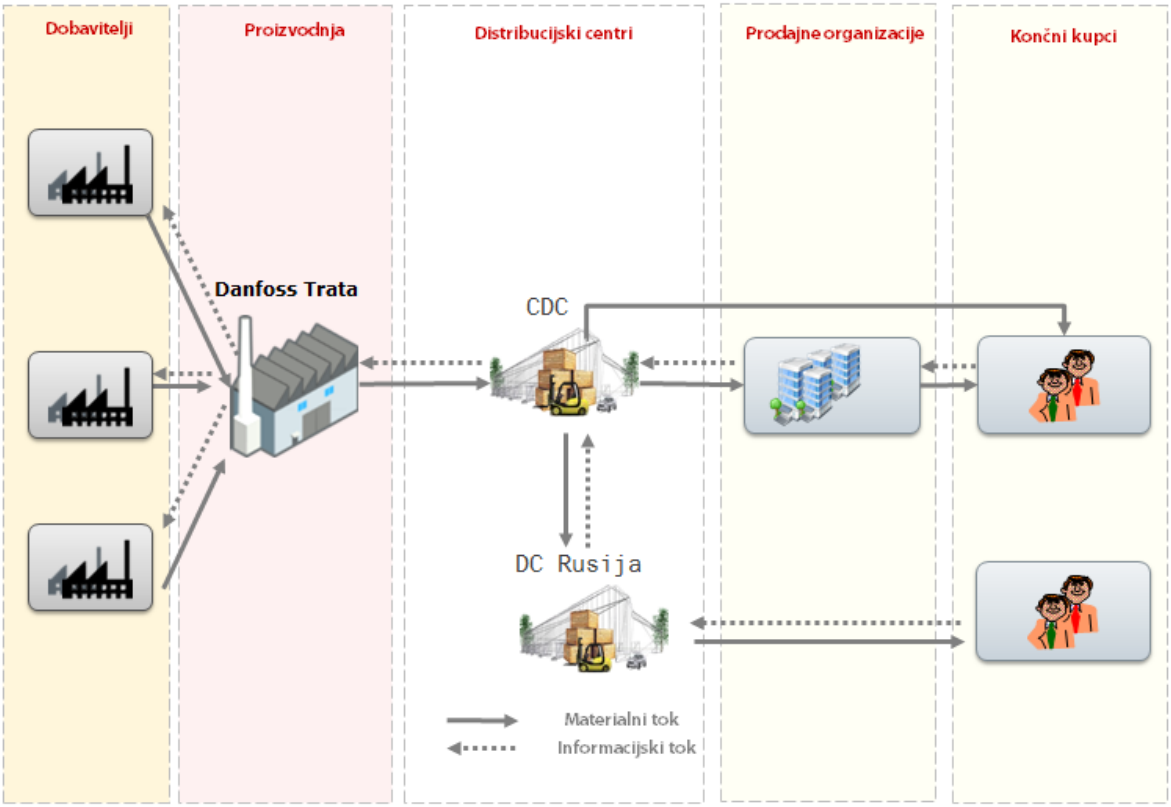


Kupci so globalno razpršeni in se jih oskrbuje iz dveh distribucijskih centrov. Obljubljen dobavni rok končnim kupcem za proizvode skupine A ali B je 1 dan, torej so naročila za proizvod SKU-1 odpremljena oziroma pripravljena za prevzem v 1 dnevu. Za ruske kupce zalogo drži distribucijski center (DC) v Rusiji, ki je v konceptu oskrbne verige hkrati tudi prodajna organizacija, za vse ostale pa zalogo drži centralni distribucijski center (CDC) na

Danskem, ki v večini izdelke prodaja preko različnih prodajnih organizacij, katere služijo kot vmesni člen med kupci in distribucijskim centrom. CDC mora pri planiranju naročil računati na 11 dnevni dobavni rok, medtem ko se DC v Rusiji za proizvod SKU-1 srečuje s 23 dnevnim dobavnim rokom. Naloga prodajnih organizacija je predvsem posredovanje naročil in skrb za kupce ter načeloma v veliki večini poslujejo brez zalog. Med končne kupce smo za potrebe naše empirične analize upoštevali tudi interno prodajo drugim proizvodnim enotam znotraj koncerna Danfoss, ki proizvod uporabijo kot sestavni del v lastnih rešitvah in na skici oskrbne verigi niso posebej predstavljene. Oba distribucijska centra prejemata direktne pošiljke iz proizvodne enote Danfoss Trata v Sloveniji. Oskrbna veriga pa se zaključuje z dobavitelji sestavnih delov za posamezen proizvod.

Zgoraj opisana oskrbna veriga velja za proizvode, kot je SKU-1, ki večino prodaje realizirajo na ruskem trgu. Za ostale, ki imajo prodajo bolj razpršeno, pa ni direktnih odprem v Rusijo in gredo vsi proizvodi najprej v CDC. V tem primeru DC v Rusiji dobi proizvode iz CDC na Danskem, pri katerih je dobavni rok iz CDC-ja 16 dni. Tudi tukaj je vloga prodajnih organizaciji namenjena bolj posredovanju naročil in skrbi za kupce. V takšni oskrbni verigi, ki je predstavljena na sliki 6, se nahajata tudi proizvoda SKU-2 in SKU-3, ki ju srečamo v nadaljevanju empirične analize.

Slika 6: Oskrbna veriga SKU-2, SKU-3



3.1.2 Proces naročanja v oskrbni verigi proizvoda

Iz vidika kupca, proces naročanja sestavljajo sledeče aktivnosti. Kupec poda naročilo prodajni organizaciji, ta posreduje naročilo ustreznemu distribucijskemu centru, ki proizvod v večini primerov dobavi iz zaloge. Za obnovo zalog proizvoda SKU-1 CDC in DC v Rusiji podata naročilo proizvodnji enoti. Pri proizvodih SKU-2 in SKU-3 pa proizvodnja naročilo prejme samo od CDC-ja. V primeru naročil iz 2 distribucijskih centrov informacijski sistem SAP naročila na ravni proizvodne lokacije združi in jih prikaže kot enotno potrebo, ki jo mora proizvodnja izpolniti.

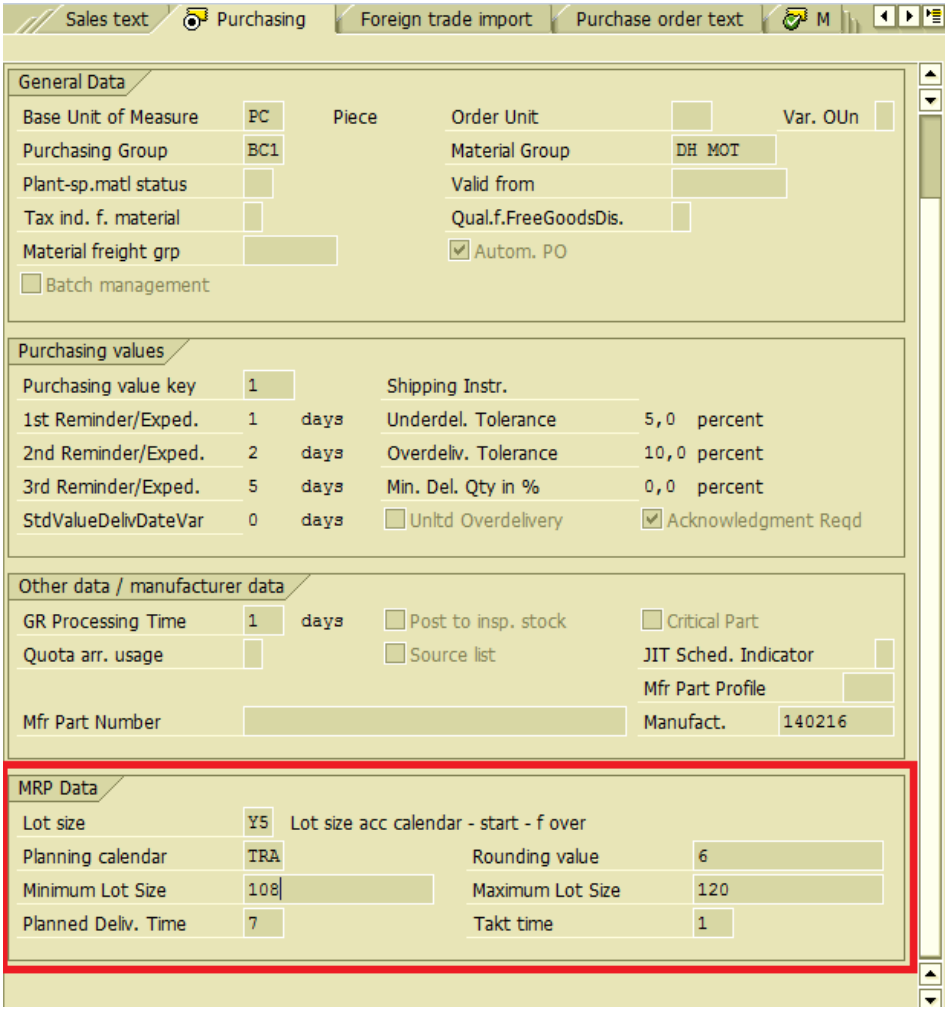
Ker je obljuba oskrbne verige, da proizvode skupine A in B odpremi v 1 dnevu to pomeni, da je princip delovanja oskrbne verige proizvodnja na zalogo (angl. *Make to stock)* in to velja tudi za obravnavane proizvode. Naročila proizvodni enoti se generirajo glede na napoved prodaje, nivo varnostne zaloge, trenutno stanje zaloge in naročila končnih kupcev. Da izdelek pravočasno pride do distribucijskega centra, je potrebno upoštevati tudi dobavne čase med proizvodno enoto in mestom skladiščenja, kot tudi med proizvodnjo in dobavitelji sestavnih delov. Za to, da so vsi vidiki zajeti in upoštevani, skrbi informacijski sistem SAP, ki po MRP logiki generira potrebna naročila, bodisi končnih materialov bodisi sestavnih delov.

3.1.3 Opis glavnih parametrov naročanja v distribucijskih centrih

Parametri naročanja se vzdržujejo na nivoju proizvoda in na nivoju posameznega člena v oskrbni verigi. Informacijski sistem SAP omogoča vnos najrazličnejših parametrov, sami se bomo posvetil predstavitvi tistih parametrov v CDC-ju, ki vplivajo na količino podanega naročila in po našem mnenju vplivajo na učinek biča.

Slika 7 nam prikazuje zajem zaslona SAP informacijskega sistema v CDC-ju in se osredotoča na prikaz nabavnih parametrov. Pri določanju količine podanega naročila ključno vlogo igrajo parametri označeni z rdečim okvirjem, in to so način združevanja serij *(angl. Lot Size)*, uporaba planskega koledarja *(angl. Planning Calendar)*, minimalna količina naročila *(angl. Minimum Lot Size)*, pretočni čas oziroma dobavni rok *(angl. Planned Delivery Time)*, zaokroževalna količina *(angl. Rounding Value)*, maksimalna količina naročila *(angl. Maximum Lot Size)* in takt naročanja *(angl. Takt time).*

Slika 7: Zajem zaslona informacijskega sistema SAP na oknu s parametri naročanja



Z načinom združevanja serij opredelimo ali hočemo naročila dobaviteljem podajati združeno za določeno časovno obdobje ali definiramo fiksno serijo naročila. Na podlagi pred nastavljenih možnosti določimo pravila za določanje svežnjev. Izbrana vrednost Y5, ki je prikazana na sliki 7, pomeni, da se uporablja združevanje naročil za 5 delovnih dni v naprej in količina naročila je odvisna od trenutne zaloge, obstoječih naročil v sistemu in napovedi povpraševanja. Torej izbrani primer ne omogoča fiksnih naročil, saj so le ta odvisna od dinamike povpraševanja. Takšna nastavitev je v CDC-ju standardna za proizvode z visoko frekvenčnim odjemom med katere spada tudi SKU-1.

S parametrom, ki opisuje planski koledar dobavitelja, določimo kakšen je urnik odprem posameznega dobavitelja (npr. če ima odpreme samo ob določenih dnevih) in tudi definiramo praznike oziroma dneve, ko dobavitelj ne posluje in s tem omogočimo, da se naročila pravočasno naročijo. Dejansko določimo maksimalno frekvenco dobav. Na primer, če ima dobavitelj odpreme samo enkrat mesečno, to pomeni, da bo sistem glede na ta parameter združil naročila in podal naročilo za mesečno količino. Izbrana vrednost na prikazanem primeru TRA pomeni, da je v uporabi planski koledar podjetja Danfoss Trate

in predvideva, da so odpreme možne vsak deloven dan razen na dneve, ko ima podjetje kolektivni dopust.

Minimalna količina naročila, predstavlja najmanjšo možno količino, ki jo sistem avtomatsko naroči. To je parameter, ki definira velikost svežnja posameznega naročila. Četudi je dejanska potreba 1 kos, bo sistem ob vzdrževani minimalni količini 108 kosov avtomatsko naročil 108 kosov. V praksi se ta parameter uporablja, če imamo z dobavitelji dogovorjeno določeno ceno ob naročilu minimalne količine ali pa če hočemo minimizirat stroške priprav na proizvodni proces v proizvodnji. V podjetju nimajo jasno definiranega procesa kako določiti velikost minimalne količine naročila v CDC-ju. Pri določanju velikosti se v praksi velikokrat zatekajo k optimizaciji transporta in poizkušajo poiskati takšno vrednost, ki zapolni paleto oziroma, če je ta količina prevelika glede na povpraševanje, poiščejo takšno vrednost, ki zapolni sloj na paleti. V kolikor zapolnimo vsaj en sloj s tem omogočimo, da se lahko pri transportu na vrh naloži še kakšna lažja paleta in s tem povečamo izkoriščenost transporta. Za SKU-1 je minimalna količina naročila v CDC-ju 108 kosov in v DC v Rusiji 144 kosov.

Z dobavnim rokom definiramo čas od datuma izdaje naročila do datuma planiranega prejema v CDC in je izražen v koledarskih dnevih. V dotičnem primeru na sliki 7 je dobavni rok 7 dni.

Količina na katero mora biti naročilo zaokroženo se uporablja v primerih, ko hočemo naročila podajati v višini pakirnih enot oziroma, ko moramo upoštevati druge omejitve, ki zahtevajo zaokroževanje naročila na določeno vrednost. Na sliki 7 je zaokroževalna količina nastavljena na 6 kosov, ker je material pakiran v škatle po 6 kosov. V kolikor potreba znaša 110 kosov, se proizvodni kreira naročilo v višini 114 kosov, ker je to prvo celo število deljivo s 6.

Maksimalna količina naročila predstavlja največjo možno količino, ki je lahko na posameznem naročilu. Ko potrebe presežejo omejitev, sistem avtomatsko generira novo naročilo. V kolikor sta parametra maksimalna in minimalna količina naročila identična, bo sistem vedno naročal fiksno količino. V primeru na sliki 7 maksimalno naročilo proizvodnji znaša 120 kosov. V kolikor je potreba na primer 360 kosov, bo sistem avtomatsko razdelil potrebo na 3 posamična naročila po 120 kosov.

Uporaba parametra maksimalne količine pride do izraza kadar uporabljamo tudi parameter takt, s katerim definiramo minimalni časovni razmik med naročili in poskrbi, da so naročila enakomerno razporejena v definiranem časovnem obdobju, ki je odvisno od specifik proizvodnje. Predpostavimo, da je parameter takt nastavljen na 1 dan in da je maksimalna količina naročila 120 kosov. V kolikor sistem vidi potrebo 360 kosov v enem

dnevu, bo na podlagi obeh parametrov kreiral 3 naročila po 120 kosov v 3 zaporednih dnevih. S tem se prepreči preobremenjenost proizvodnje in zgladi povpraševanje.

Vsi zgoraj omenjeni parametri se med seboj dopolnjujejo in pri podajanju naročil veljajo strožji pogoji posameznih parametrov.

3.2 Zbiranje podatkov

V začetku procesa zbiranja podatkov smo bili soočeni z dilemo ali bomo opazovali dejanski fizičen tok materiala, ki je izražen v pošiljkah, ali bomo opazovali dejanska naročila. S podobnimi dilemami se srečujejo tudi avtorji v strokovni literaturi. Za obravnavane empirične primere smo se osredotočili na informacijski tok, to je tok dejanskih naročil. Glede na relativno kratek dobavni rok in visoko raven storitve tudi pošiljke dobro odražajo naročila.

Obravnavani podatki predstavljajo povpraševanje oziroma naročila v letu 2014 in so razdeljeni v tedne, kar skupaj predstavlja 52 časovnih period preko katerih smo analizirali variabilnost naročil.

Podatke za empirično analizo smo pridobili iz informacijskega sistema SAP in internih podatkovnih baz, ki jih v podjetju uporabljajo za poročanje uradnih rezultatov poslovanja. Izbira podatkov je potekala v naslednjih korakih:

- izvoz podatkov o naročilih končnih kupcev,
- izvoz podatkov o naročilih prodajnih organizacij distribucijskim centrom,
- izvoz naročil distribucijskih centrov proizvodnji enoti,
- izvoz podatkov o delovnih nalogih v proizvodnji,
- izvoz podatkov o naročilih do dobavitelja sestavnega dela.

Naročila v vseh nivojih oskrbne verige so bila izražena v kosih.

3.3 Učinek biča v oskrbni verigi podjetja

Kot smo opredelili že v teoretičnem delu, o pojavu učinka biča v oskrbni verigi govorimo takrat, ko se variabilnost naročil skozi oskrbno verigo v smeri navzgor do dobaviteljev povečuje. Z drugimi besedami, ko je variabilnost proizvodnih naročil oziroma variabilnost naročil dobaviteljem vhodnih materialov večja, kot je variabilnost naročil končnih kupcev. Čeprav se bomo kasneje v empirični analizi omejil na analizo variabilnosti naročil na nivoju posameznega proizvoda, bomo najprej podali tudi izračun indeksa učinka biča za celotno oskrbno verigo podjetja Danfoss Trata, ki bo pokazal ali ta pojav obstaja tudi na nivoju podjetja ali ne.

3.3.1 Izračun učinka biča v oskrbni verigi podjetja

Za izračun učinka biča v oskrbni verigi podjetja v letu 2014 primerjamo tedensko variabilnost naročil končnih kupcev, tedensko variabilnosti naročil CDC-ja proizvodnji in tedensko variabilnost naročil proizvodnje dobaviteljem. Za potrebe kalkulacije učinka biča na nivoju podjetja so bila vsa naročila izražena v vrednosti. Pri združevanju podatkov smo uporabili način 4, ki je predstavljen v teoretičnem delu v podpoglavju 1.6.1 in za vsak opazovan člen v oskrbni verigi smo dobili eno meritev učinka biča. V teoretičnem delu smo omenili, da lahko variabilnost naročil v oskrbni verigi merimo na različne načine. V nadaljevanju analize uporabljamo pristop, ki sta ga uporabila tudi Fransoo in Wouters (2000), in sicer da se za prikaz variabilnosti v oskrbni verigi uporablja KV. Pri izračunu smo uporabili sledečo notacijo:

- $KV_{prodajnih\ naročil}$ predstavlja tedenski koeficient variacije naročil končnih kupcev,
- $KV_{naročil\ proizvodnji}$ predstavlja tedenski koeficient variacije naročil CDC-ja in ruskega DC-ja proizvodni enoti,
- $KV_{naročil\ dobavitelju}$ predstavlja tedenski koeficient variacije naročil proizvodne enote dobaviteljem.

V letu 2014 je KV prodajnih naročil na nivoju podjetja znašal 0,25, medtem ko je je bil KV naročil, ki jih je prejela proizvodnja, 0,27. Dobavitelji Danfossa Trate so bili soočeni še z nekoliko večjo variabilnostjo v naročili, saj je KV znašal 0,44.

$$\frac{KV_{\text{naročil proizvodnji}}}{KV_{\text{prodajnih naročil}}}=\frac{0,27}{0,25}=1,08 \qquad (4)$$

Za relativen izračun učinka biča uporabimo enačbo (2), ki je bila predstavljena v prvem poglavju, in primerja zaporedna člena v oskrbni verigi. Glede na enačbo za izračun učinka biča (4) ugotavljamo, da je bila variabilnost naročil CDC-ja in DC-ja do proizvodne enote 8 % večja, kot je bila variabilnost naročil končnega povpraševanja. Iz tega sklepamo, da je v tem delu oskrbne verige prisoten relativno blag pojav učinka biča. Kot smo že omenili v teoretičnem delu, Torres in Maltz (2010, str. 24) navajata, da lahko isti pristop za izračun učinka biča uporabimo med dvema poljubnima členoma oskrbne verige.

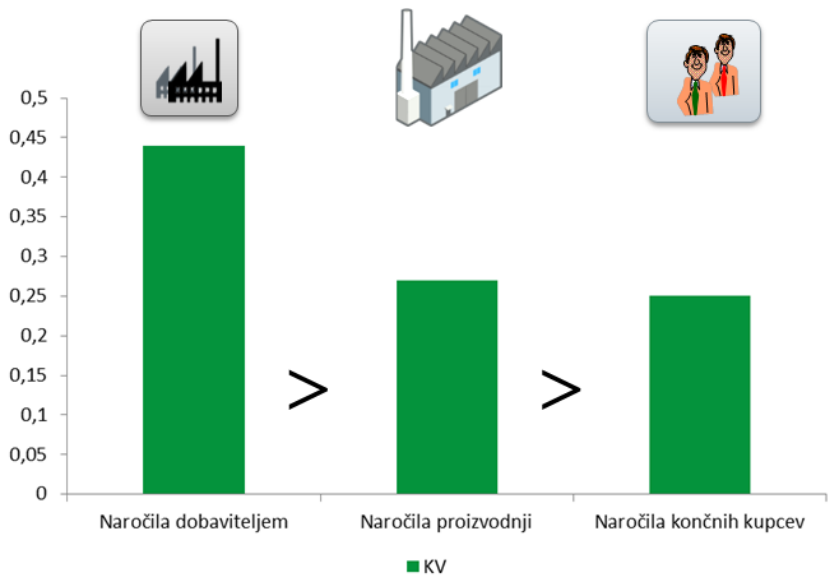
$$\frac{KV_{\text{naročil dobavitelju}}}{KV_{\text{naročil proizvodnji}}}=\frac{0,44}{0,27}=1,62 \qquad (5)$$

$$\frac{KV_{\text{naročil dobavitelju}}}{KV_{\text{prodajnih naročil}}}=\frac{0,44}{0,25}=1,76 \qquad (6)$$

Rezultat enačbe (5) nam pove, da je bila tedenska variabilnost naročil proizvodnje dobaviteljem za 62 % večja, kot je bila variabilnost naročil CDC-ja proizvodnji. Nadalje na podlagi rezultata enačbe (6) ugotavljamo, da so bila naročila dobaviteljem za 76 % bolj variabilna kot naročila končnih kupcev, kar je tudi skupen rezultat absolutnega učinka biča oskrbne verige podjetja.

Glede na definicijo učinka biča podano v prvem poglavju zaključujemo, da pojav v oskrbni verigi podjetja obstaja, saj se variabilnost naročil povečuje, ko se premikamo navzgor po verigi, kar nazorno prikazuje slika 8. Ugotovitev potrjuje tudi izračun učinka biča, saj je razmerje med KV višjega člena in KV nižjega člena večje od 1.

Slika 8: Povečevanje variabilnosti naročil v oskrbni verigi podjetja



Kot smo že v teoretičnem delu ugotovili, se z združevanjem podatkov na nek višji nivo hierarhije (npr. na nivo podjetja, industrije ipd.) variabilnost zmanjšuje in posledično se niža tudi učinka biča. Glede na rezultate na nivoju podjetja zaključujemo, da je učinek biča razviden že na agregatnem nivoju, vendar je potrebno za potrebe podrobnejše analize iti na osnovni nivo. V nadaljevanju empirične analize se bomo tako osredotočili na nivo posameznega proizvoda, kjer bomo lahko pojav učinka biča razložili bolj celovito.

3.4 Učinek biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1

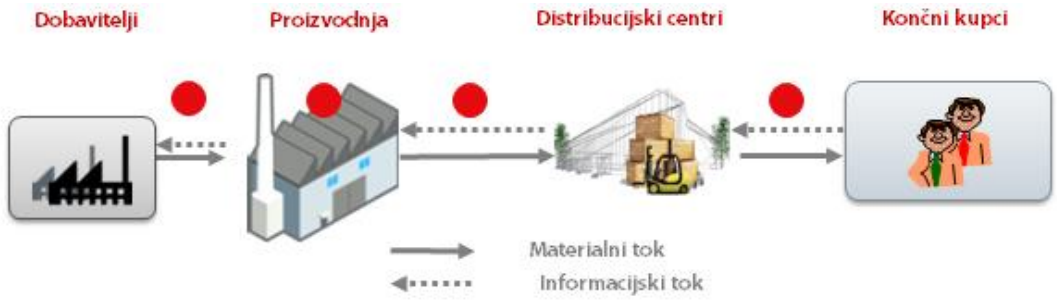
Pri ugotavljanju učinka biča na nivoju proizvoda smo KV posameznega člena izračunali glede na povprečno tedensko naročilo v kosih in ne glede na vrednost naročila. Za izračun učinka biča bomo uporabili enak pristop kot v predhodnem primeru in sicer bomo uporabili enačbo (2). Ker proučevani proizvod nima zanj edinstvenega sestavnega dela,

smo za oceno nabavnega koeficienta variacije naročil kot osnovno vzeli material, ki poleg v preučevanem proizvodu nastopa tudi v 5 drugih. Da smo dobili primerljive nabavne količine, smo najprej določil kakšen je relativni delež proizvoda SKU-1 v proizvodnji v primerjavi z ostalimi materiali, ki vsebujejo enak sestavni del. Nato smo celotno naročeno količino sestavnega dela v posameznem tednu pomnožil z relativnim deležem SKU-1 in izračunali koeficient variabilnosti nabavnih naročil.

Pri zbiranju podatkov o variabilnosti smo uporabili načina 1 in 3, ki sta predstavljena v podpoglavju 1.6.1 (str. 18). Pri načinu 1 smo podatke o variabilnosti naročil posameznega proizvoda ločili na distribucijski center (CDC ali DC Rusija), pri načinu 3 pa smo podatke o variabilnosti naročil posameznega proizvoda združili na nivoju posameznega člena v oskrbni verigi.

Slika 9 predstavlja poenostavljeno skico oskrbne verige proizvoda SKU-1 in z rdečimi točkami ponazarja mesta, kjer je bila variabilnost naročil izmerjena.

Slika 9: Mesta zajema KV v oskrbni verigi SKU-1

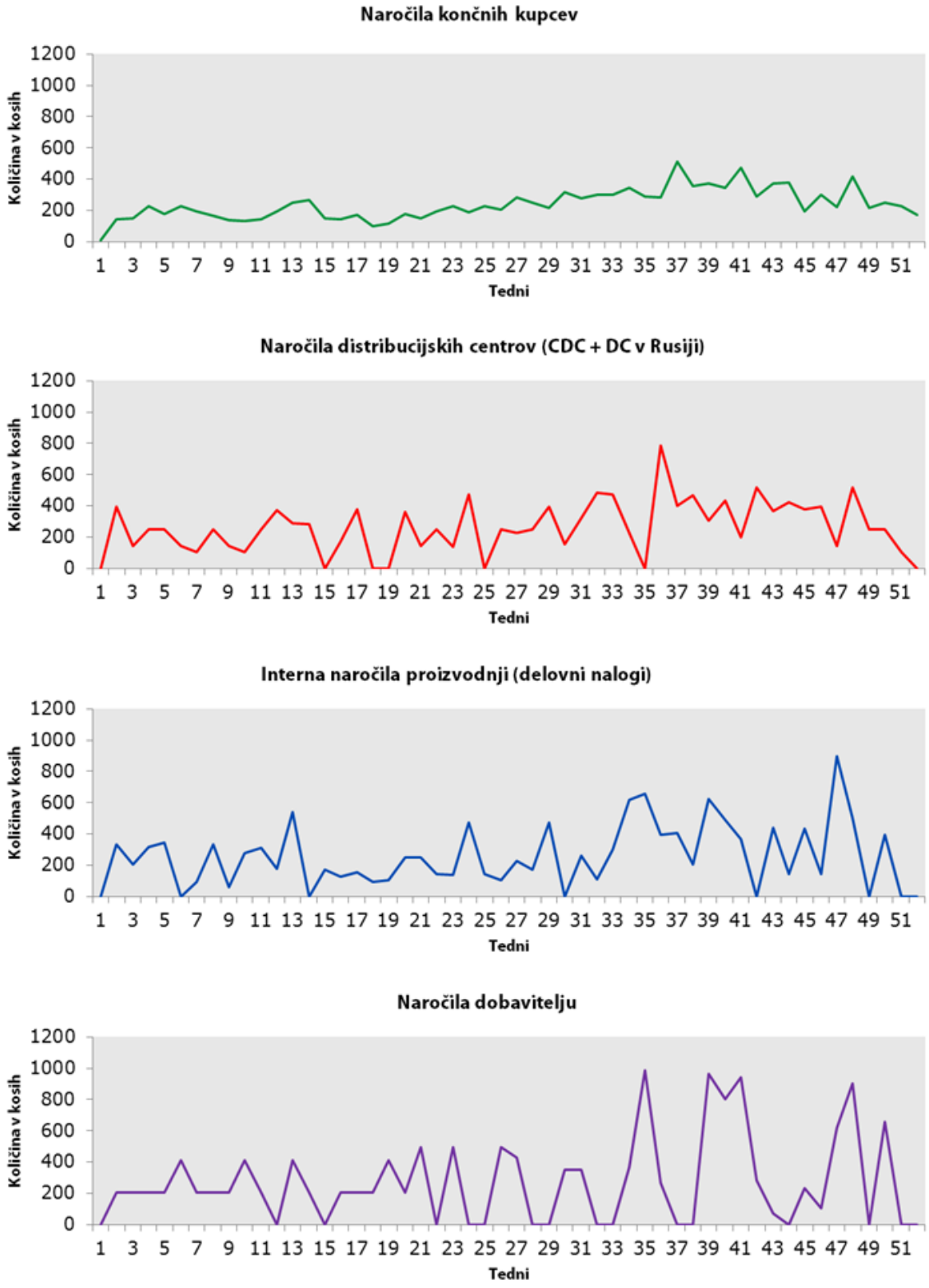


Kot smo že v predhodnem poglavju ilustrirali in opisali, lahko člene v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 v osnovi razdelimo na:

- končne kupce,
- prodajne organizacije,
- distribucijske centre,
- proizvodnjo in
- dobavitelje.

Na sliki 10 so grafično ponazorjena naročila vsakega člena posebej. Ker prodajne organizacije načeloma ne držijo zaloge in so praktično le posrednik naročil do distribucijskih centrov, smo jih izvzeli iz nadaljnje obravnave v empirični analizi.

Slika 10: Tedenska naročila proizvoda SKU-1



Končna prodaja zajema naročila dobavljena kupcem v Rusiji in drugje v Evropi, prav tako pa tudi interno prodajo ostalim proizvodnim obratom Danfossa, ki SKU-1 uporabijo kot sestavni del v njihovih proizvodih. Upoštevajoč vso omenjeno prodajo znaša koeficient

variabilnosti naročil končnih kupcev 0,39. To je za našo empirično analizo privzeti koeficient variacije in ker analiza vzrokov variabilnosti končnega povpraševanja ni del obravnave v tem magistrskem delu, se bomo bolj osredotočili na vprašanja zakaj se variabilnost naročil v oskrbni verigi povečuje.

Pomemben člen v oskrbni verigi, ki dejansko diktira naročila proizvodnji in kjer se nahaja zaloga končnih proizvodov je nivo distribucijskih centrov. CDC-jev KV naročil do proizvodnje znaša 0,86, KV DC-ja v Rusiji pa 0,77. V kolikor primerjamo tudi variabilnost končnega povpraševanja, s katerim se srečuje posamezen DC, lahko opazimo, da je končna prodaja v Rusiji bolj stabilna kot pa prodaja na trgih, ki jih oskrbuje CDC, kar je lahko eden izmed razlogov za razliko med koeficienti variacij distribucijskih centrov. Proizvodnja se sicer srečuje z združenimi naročili in skupen KV za oba distribucijska centra znaša 0,64. Skupen rezultat KV je nižji, ker pri združevanju naročil pride do vzajemnega učinka, ker se povpraševanja seštejejo. Tako se združijo tudi tveganja, da bi v določenem tednu proizvodnja ostala brez naročila.

Prejeta naročila v proizvodnji potem planska služba razporedi glede na razpoložljivost kapacitet, vhodnih materialov in ostalih omejitev. Tedenska variabilnost delovnih nalogov za SKU-1 je rahlo večja kot variabilnost naročil iz distribucijskih centrov in znaša 0,77. Dobavitelj sestavnega dela pa se srečuje še z večjo variabilnostjo naročil, kar ponazarja KV nabavnih naročil z vrednostjo 1,02.

Ker proizvodna enota dobi naročila iz 2 distribucijskih centrov je smiselno preveriti učinka biča tudi za vsako enoto posebej. Relativen učinek biča za CDC je 1,75, za DC v Rusiji pa 1,63. Skupna tedenska variabilnost naročil do proizvodnje je za 64 % večja, kot je variabilnost povpraševanja končnih kupcev, kar je prikazano z enačbo (7) .

$$\frac{KV_{\text{naročil distribucijskih centrov}}}{KV_{\text{naročil končnih kupcev}}}=\frac{0,64}{0,39}=1,64 \qquad (7)$$

Če se pomaknemo še korak višje po oskrbni verigi proizvoda, pa opazimo, da je dobavitelj sestavnega dela soočen še z bistveno večjo variabilnostjo naročil, saj je le-ta za 158 % višja, kot je variabilnosti povpraševanja končnega kupca (8). Enačba 8 predstavlja vrednost absolutnega učinka biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1. Variabilnost se je v primerjavi z naročili do proizvodnje še povečala, kljub temu, da smo za izračun KV nabavnih naročil uporabili podatke za standardiziran sestavni del, kar je v nasprotju s pričakovanji.

$$\frac{KV_{\text{naročil dobavitelju}}}{KV_{\text{naročil končnih kupcev}}}=\frac{1,02}{0,39}=2,58 \qquad (8)$$

V tabeli 3 so zbrani koeficienti variabilnosti naročil in relativni izračuni učinka biča za posamezen člen v oskrbni verigi proizvoda SKU-1. V pregled variabilnosti smo uvrstili tudi interno proizvodno variabilnost, ki ponazarja variabilnost delovnih nalogov izdanih v proizvodnjo. Razlika med naročili proizvodnji s strani distribucijskih centrov in dejanskimi delovnimi nalogi je v procesu oblikovanja proizvodnih naročil glede na razpoložljive proizvodne zmogljivosti in ostale operativne omejitve s katerimi se srečujejo proizvodni planerji.

Tabela 3: Koeficienti variabilnosti in učinek biča pri proizvodu SKU-1

	Skupni KV	**Relativen učinek biča**	**KV CDC**	**Relativen učinek biča**	**KV Rusija**	**Relativen učinek biča**
Naročila končnih kupcev	0,39		0,49		0,47	
Naročila distribucijskih centrov	0,64	1,64	0,86	1,75	0,77	1,63
Naročila proizvodnje montažnim linijam	0,77	1,20				
Naročila dobavitelju	1,02	1,32				

Kot je iz tabele razvidno, največ k povečanju variabilnosti naročil v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 prispevajo distribucijski centri, saj jo povečajo za 64 % v primerjavi z variabilnostjo naročil končnih kupcev. Variabilnost proizvodnih naročil je za 20 % višja kot variabilnost naročil distribucijskih centrov in ta se nadalje poveča še za dodanih 32 % do dobavitelja sestavnega dela. V tabeli je prav tako lepo razvidno povečevanje variabilnosti naročil, ko se pomikamo navzgor po oskrbni verigi, kar ustreza definiciji učinka biča, ki je bila predstavljena v teoretičnem delu.

Glede na izračune in rezultate zbrane v tabeli 3 podpoglavje zaključujemo z ugotovitvijo, da je učinek biča v oskrbni verigi SKU-1 prisoten, saj absolutni učinka biča znaša več kot 1.

3.5 Vzroki za učinek biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1

Obstoj učinka biča v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 smo z indeksom učinka biča dokazali in prav tako smo ugotovili, da je nivo distribucijskih centrov tisti, ki doda največ k povečani variabilnosti naročil v verigi. Empirično analizo nadaljujemo s kvalitativnim pregledom možnih vzrokov zaradi katerih se variabilnost povpraševanja skozi verigo povečuje. Pri tem se bomo osredotočili predvsem na vzroke, ki lahko vplivajo na proces naročanja v okviru CDC-ja. Pri opisu možnih vzrokov se bomo upirali na strukturo vzrokov predstavljeno v teoretičnem delu in opisali naslednje vzroke:

- politika prodajnih cen in promocijskih popustov,
- špekulativno naročanje,
- dolgi dobavni roki,
- točnost napovedi povpraševanja,
- politika upravljanja in obnavljanja zalog,
- naročanje v svežnjih,
- lokalna optimizacija.

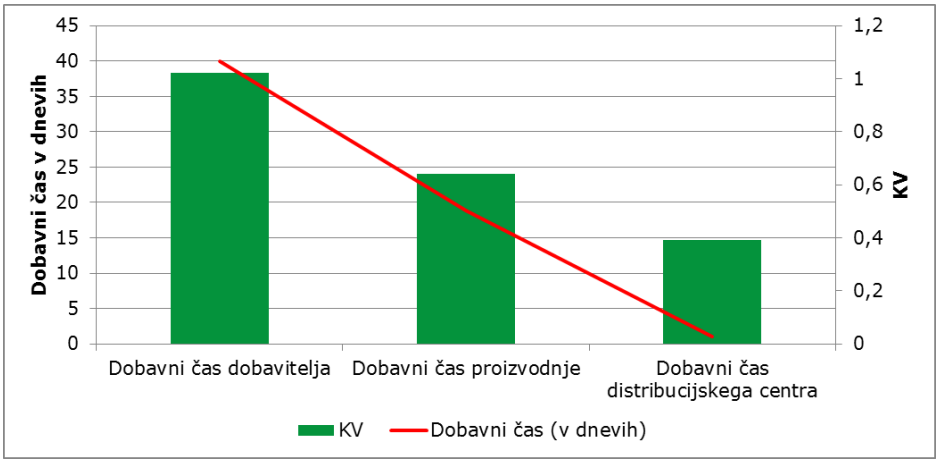
V teoriji se politika prodajnih cen in promocijskih popustov omenja kot dejavnik, ki vpliva na pojav povečane variabilnosti v oskrbni verigi. Takšna politika vpliva tudi na variabilnost končnega povpraševanja, kjer obdobju večjega povpraševanja sledi več obdobij z nižjim povpraševanjem. Iz podatkov o končni prodaji lahko sklepamo, da večjih sprememb v cenah, ki bi vplivale na kratkoročno povečanje prodaje, ni bilo, saj je prodaja SKU-1 razporejena relativno enakomerno. Na podlagi tega sklepa, ocenjujemo, da cenovna politika in količinski popusti lahko vplivajo na končno povpraševanje določenega kupca ali trga, ne vplivajo pa pomembno na variabilnost končne prodaje, ker je prodaja SKU-1 razpršena po več trgih. Ker prodajne organizacije relativno dobro sodelujejo z oddelkom napovedovanja prodaje, so vplivi promocij in politike določanja cen na povečano variabilnost v oskrbni verigi precej omejeni. Iz vidika distribucijskih centrov sklepamo, da politika določanja cen ni vplivala na povečanje učinka variabilnosti, saj je bila lastna cena proizvoda SKU-1 v letu 2014 stabilna, poleg tega pa distribucijski centri in proizvodna enota niso v razmerju, ki bi posloval po sistemu promocij.

Eden izmed možnih vzrokov, ki je zabeležen v strokovni literaturi, je špekulativno naročanje. Na primeru SKU-1 lahko ta vzrok zavržemo, saj končnim kupcem v letu 2014 nikoli ni bil podan signal o omejevanju količine naročanja, ki bi kupce motiviral k naročanju večjih količin, kot jih dejansko potrebujejo z namenom, da se zavarujejo pred morebitnim izčrpanjem zalog. Da ne bi prišlo do pomanjkanja zalog v distribucijskem centru, se proizvodnja enota v času nizke sezone predhodno pripravi na višjo sezono tako da zgradi dodatno zalogo v distribucijskem centru, višjo, kot je v času nizke sezone potrebna. Tako se podjetje zavaruje pred izčrpanjem zalog v času, ko proizvodnja zaradi omejitvah v kapacitetah ne bi mogla pravočasno izpolnjevati vseh naročil.

V predhodnih odstavkih smo se predvsem osredotočali na vzroke, ki v oskrbni verigi proizvoda lahko vplivajo predvsem na variabilnost končnega povpraševanja in s tem popačijo podatke, ki se uporabijo pri napovedovanju prodaje. Poleg že omenjenih vzrokov so pomembni tudi tako imenovani operativni vzroki, ki so dejansko na nek način vgrajeni v samo oskrbno verigo in jih je lažje tudi opredeliti in oceniti njihov učinek. Dolgi dobavni roki so vsekakor element, ki povečuje učinek biča. Na primeru SKU-1 smo pokazali, da je variabilnost naročil za sestavni del končnega proizvoda večja kot variabilnost naročil

proizvodnji, četudi gre za standardiziran sestavni deli, ki je v uporabi tudi pri drugih proizvodih in je bil pričakovan ravno nasprotni efekt. Slika 11 nam prikazuje kako se spreminja KV naročil v verigi proizvoda SKU-1 glede na dobavni čas s katerim je soočen posamezen člen v verigi.

Slika 11: Vpliv dobavnega časa na KV



Najvišjo variabilnostjo imajo naročila do dobavitelja sestavnega dela, ki s 40 dnevi predstavlja tudi najdaljši dobavni čas v oskrbni verigi, z najnižjo variabilnostjo pa se srečujejo distribucijski centri, ki obljubljajo 1 dnevni dobavni rok. Slika 11 nam prikazuje, da sta dobavni rok in KV pozitivno korelirana. Iz tega sklepamo, da dobavni rok očitno ima nek vpliv na učinek biča, ki pa pride do izraza šele v kombinaciji s sistemom naročanja. Daljši kot je dobavni rok, višja bo točka ponovnega naročila v sistemu naročanja. V praksi naročamo proizvode z dolgim dobavnim rokom redkeje, ker hočemo dosegati ekonomije obsega v transportu in v proizvodnji dobavitelja. Redkejše naročanje praviloma vodi v bolj neenakomerno razporeditev naročil preko leta (časovno in količinsko).

Katero politiko upravljanja in obnavljanja zalog podjetje uporablja, tudi vpliva na pojav učinka biča v oskrbni verigi. V distribucijskih centrih se za SKU-1 in ostale materiale uporablja kontinuiran sistem z naročanjem do ciljne zaloge, za katerega je v strokovnih delih dokazano, da je sam generator povečanja v oskrbni verigi. Sistem na podlagi dobavnega roka določi točko ponovnega naročila in vedno naroči stroškovno optimalno količino, da se vzpostavi ciljna zaloga. Za potrebe magistrske naloge, se nismo spuščali v poglobljeno analizo kakšen je kvantitativni vpliv posameznega sistema za upravljanje zalog za predstavljeni material SKU-1. Predpostavljamo lahko, da bi izbira drugačnega sistema za uravnavanje zalog lahko vodila k znižanju variabilnosti naročil v oskrbni verigi, ampak na drugi strani pa bi lahko povečala stroške zalog ali vplivala na nivo storitve do kupca.

Kot je bilo že v uvodu v poglavje omenjeno, se velikost posameznega naročila v distribucijskem centru oblikuje na podlagi dejanskih naročil kupcev, količine, ki je potrebna za popolnitev varnostne oziroma ciljne zaloge, trenutnega stanja zaloge in pa količine, ki je predvidena za prodajo v določenem časovnem obdobju. Dejstvo je, da je povpraševanje končnih kupcev negotovo in da bo napoved prodaje vedno napačna. Pomemben faktor, ki vpliva na točnost prodajnih napovedi so projektna naročila, ki jih je potrebno prepoznati in ne smejo biti zajeta v izračun napovedi povpraševanja v prihodnosti oziroma mora biti njihov vpliv na napoved zelo omejen. Napoved povpraševanja na ravni CDC-ja sicer vpliva na uravnavanje zalog končnih proizvodov v kombinaciji z dobavnim rokom in načinom obnavljanja zalog. V kolikor so dobavni roki dovolj kratki in frekvenca dobav v CDC dovolj velika, potem ni potrebno oblikovati operativne napovedi povpraševanja za daljše obdobje v prihodnost, saj že sam sistem naročanja poskrbi za redna naročila z več ali manj enako točko ponovnega naročila. V skupino proizvodov z veliko frekvenco dobav v CDC spada tudi proizvod SKU-1 in sklepamo, da dolgoročna napoved prodaje ni imela tako pomembnega vpliva na povečanje variabilnosti v oskrbni verigi kot nekateri drugi dejavniki. Je pa vsekakor eden izmed vzrokov, ki pomembno vpliva na učinek biča na ravni celotnega podjetja in ga pri obravnavni možnih vzrokov ne gre zanemariti.

Poleg dolgih dobavnih rokov je eden izmed operativnih vzrokov za povečanje variabilnosti v oskrbni verigi tudi naročanje v svežnjih. V primeru proizvoda, ki smo ga vzeli za osnovo v empirični analizi, naročanje v svežnjih predstavljajo različna združevanja na različnih nivojih. Primer združevanja naročil v svežnje predstavlja minimalna količina naročila v distribucijskem centru in v proizvodnji. Poleg minimalne količine naročila velikost svežnja definira tudi dobavni rok in pa parameter, ki določa način oblikovanja serij (angl. *Lot Size*) in je bil predstavljen v začetku poglavja. Z njim lahko nastavimo ali naročamo fiksno količino ali pa z naročilom združimo napoved prodaje za daljše obdobje vnaprej. Naročila v CDC prihajajo vsak dan, CDC pa jih združuje tudi preko časa, da prihrani v obliki administrativnih in transportnih stroškov, obenem pa proizvodnji tudi olajša planiranje. Z združevanjem naročil bodisi z uporabo minimalne količine naročila bodisi kateregakoli drugega parametra se frekvenca obnavljanja zaloge v CDC-ju zmanjša, kar lahko vodi v povečano variabilnost. Kot je bilo ugotovljeno, se največji skok v variabilnosti povpraševanja zgodi ravno na nivoju distribucijskih centrov kjer se na podlagi končnega povpraševanja naročila prvič v verigi združijo v svežnje in se posredujejo proizvodnji. Ključno vlogo pri združevanju naročil v svežnje pri proizvodu SKU-1 igra minimalna količina naročila, saj oblikuje največje svežnje. Na podlagi tega sklepamo, da parametri, ki skrbijo za združevanje naročil pomembno vplivajo na pojav učinka biča v verigi proizvoda SKU-1. V nadaljevanju empiričnega dela bomo podrobneje pogledali kako sprememba minimalne količine naročila v CDC-ju vpliva na variabilnost naročil proizvodnji. Ta sprememba bo podrobneje predstavljena na materialih SKU-2 in SKU-3.

Lokalna optimizacija procesov je tudi eden izmed vzrokov za katerega je težje določiti direkten vpliv na učinek biča v oskrbni verigi, vsekakor pa predstavlja oviro katero je vredno omeniti. Hkrati z lokalno optimizacijo procesov velja omeniti še različne iniciative med členi v oskrbni verigi, ki imata skupni imenovalec in to je dajanje prednosti lastnim procesom oziroma ciljem pred vplivi na celotno oskrbno verigo.

Iniciativa oddelka nabave je poleg iskanja kvalitetnih in zanesljivih dobaviteljev tudi doseganje nižjih nabavnih cen, ki jih pogostokrat lahko dosežejo z dogovori o višjih minimalnih količinah naročil, ki pa so generator variabilnosti v oskrbni verigi. Proces proizvodnje želi imeti čim manj stroškov s pripravami na proizvodnjo in ima iz vidika enakomerne obremenjenosti proizvodnih kapacitet rajši večje serije naročil. Na drugi strani pa je iniciativa distribucijskih centrov in končnih kupcev v čim nižjih zalogah, ki se ne sklada z višjimi naročili za daljše obdobje. Vsi ti različni pogledi na lokalno optimizacijo lahko vodijo k ne optimalnem upravljanju oskrbne verige kot celote in povečevanju variabilnosti v oskrbni verigi. Kot smo v podpoglavju 3.1.3 omenili, v podjetju nimajo natančno definiranega procesa za določanje minimalne količine naročila v CDC. Verjetno bi bilo smiselno, da bi bili parametri naročanja CDC-ja usklajeni s karakteristikami proizvodnje (npr. z optimalno proizvodno serijo) in ne, da so določeni na podlagi optimizacije skladiščenja in transporta v CDC.

3.6 Vpliv sprememb parametra minimalne količine naročila na učinek biča

Za distribucijo naročil vzdolž oskrbne verige podjetje v večini uporablja možnost avtomatskega naročanja, ki je ponujena v sklopu informacijskega sistema SAP. V praksi to pomeni, da informacijski sistem glede na vzdrževane parametre in podatke o pričakovani prodaji ter dejanskih naročil kupcev samodejno sproža naročila.

Kot smo do sedaj ugotovili, imajo največji vpliv na variabilnost naročil v oskrbni verigi proizvoda SKU-1 distribucijski centri, pri katerih se naročila kreirajo avtomatsko na podlagi sistemskih parametrov. Da bi empirično ugotovili kakšen vpliv ima sprememba posameznega parametra na variabilnost, smo morali poiskati parameter, katerega vrednost se je v obravnavanem obdobju spremenila. Ker v letu 2014 na materialu SKU-1 ni bilo nobene spremembe kateregakoli nabavnega parametra smo za empirično analizo poiskali druga proizvoda. Izbrali smo proizvoda, poimenovana SKU-2 in SKU-3, pri katerih je bila na polovici leta 2014 narejena sprememba v minimalni količini naročila. Oba proizvoda se na trgih prodajata preko CDC-ja, kar pomeni, da ni direktnih odprem iz proizvodnje v Rusijo in prav tako ni naročil v proizvodnjo direktno iz DC-ja v Rusiji. Ostali parametri naročanja v CDC-ju so v letu 2014 na obeh proizvodih ostali nespremenjeni, kar pomeni, da se bomo v empirični analizi lahko osredotočili zgolj na ocenjevanje vpliva spremembe

minimalne količine. V tej točki bi radi opomnili, da gre za primera iz slike 6 in da bomo analizirali le relacijo Danfoss Trata – CDC.

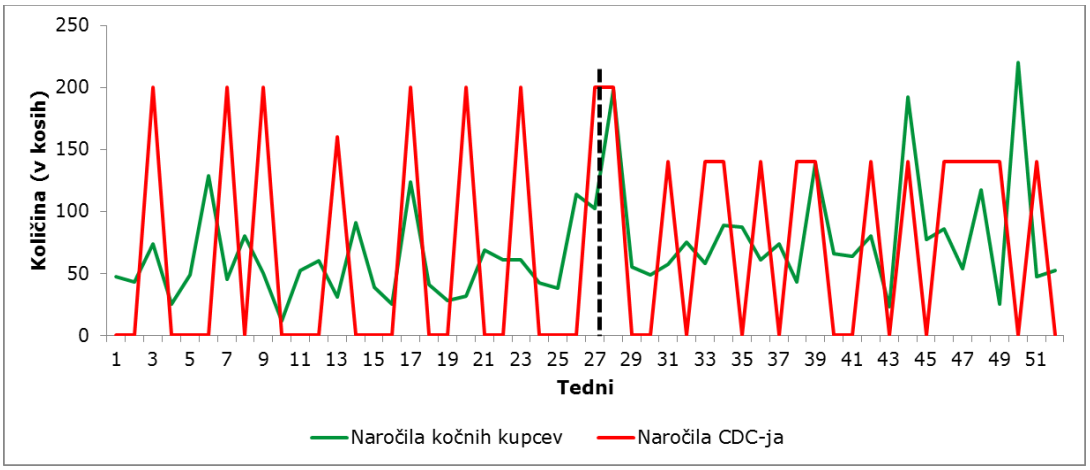
Tabela 4 nam prikazuje vrednost parametrov pred in po spremembi, ki je bila narejena na polovici leta 2014, in sicer v 27. tednu. Pri SKU-2 se je minimalna količina naročila v CDC-ju zmanjšala na 140, kar znaša 30 %, pri SKU-3 pa na 240, kar pomeni 40 % zmanjšanje.

Tabela 4: Vrednost parametra minimalne količine naročile pri SKU-2 in SKU-3

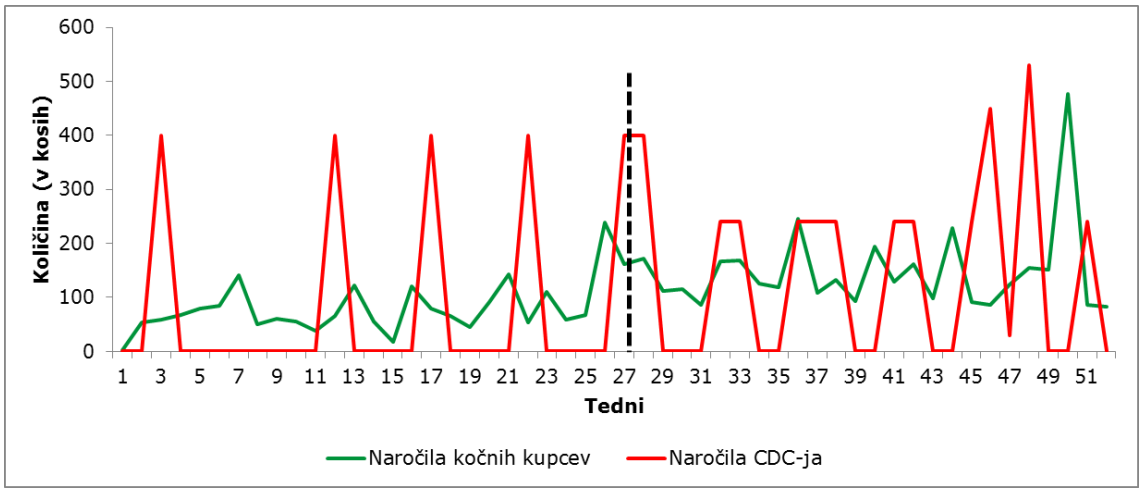
Proizvod	**Pred spremembo**	**Po spremembi**	**Odstotek zmanjšanja**
SKU-2	200	140	30 %
SKU-3	400	240	40 %

Sliki 12 in 13 predstavljata tedensko gibanje naročil CDC-ja do proizvodnje in tedensko gibanje naročil končnih kupcev za oba proizvoda. Vertikalna prekinjena črta označuje trenutek, ko je bila narejena sprememba minimalne količine naročila v CDC-ju. Sprememba v variabilnosti naročil do proizvodnje je lepo vidna, saj imamo v drugi polovici leta bistveno manj obdobij, kjer se SKU-2 in SKU-3 ne proizvajata. Ob ogledu spodnjih slik se lahko bralec vpraša zakaj do spremembe v proizvodnji ni prišlo takoj po spremembi minimalne količine naročila v distribucijskem centru. Razlog, da je prišlo do časovnega zamika 2 tednov, tiči v vzdrževanem dobavnem času. Ob vnosu spremembe so imeli v proizvodnji že potrjena naročila, ki jih je bilo potrebno izpolniti glede na stare parametre.

Slika 12: Naročila proizvoda SKU-2



Slika 13: Naročila proizvoda SKU-3



Za prikaz vpliva spremembe minimalne količine naročila smo za oba proizvoda pripravili izračun KV naročil CDC-ja do proizvodnje posebej za prvo polovico leta in posebej za drugo polovico leta, ki označuje obdobje po uveljavljeni spremembi. Podatki so zbrani v spodnji tabeli.

Tabela 5: KV naročil CDC-ja do proizvodnje in učinek biča pred in po spremembi minimalne količine naročila

	KV 1. polovica leta	**Učinek biča 1. polovica leta**	**KV 2. polovica leta**	**Učinek biča 2. polovica leta**
SKU-2	1,65	3,12	0,88	1,48
SKU-3	2,34	3,94	1,09	2,08

Kot je razvidno iz tabele 5, se je koeficient variacije proizvodnih naročil v drugi polovici leta občutno zmanjšal pri obeh materialih. Pri SKU-2 se je KV zmanjšal na 0,88, kar pomeni zmanjšanje za 47 % in pri SKU-3 je bila vrednost KV v drugi polovici leta 1,09, kar pomeni 53 % zmanjšanje. Pri SKU-3 je proti koncu leta (t.j. teden 48) opazen skok v količini naročil CDC-ja do proizvodnje, ki definitivno povzroči višjo variabilnost v drugi polovici leta. Razlog za takšno odstopanje lahko iščemo v povišani napovedi prodaje pred prazniki, ko mora proizvodnja zagotoviti zadostno količino proizvodov v času novoletnih praznikov.

Ker ima CDC v oskrbni verigi največji vpliv na povečanje variabilnosti, smo preverili tudi kakšen je vpliv spremembe na učinek biča, v katerem primerjamo variabilnost naročil CDC-ja proizvodnji in variabilnost naročil končnih kupcev.

KV naročil končnih kupcev pri SKU-2 je v 1. polovici leta znašal 0,53 in v drugi polovici leta 0,59. Pri SKU-2 pa je bil KV naročil končnih kupcev 0,59 v 1. polovici leta in 0,52 v

2. polovici leta. Ker z znižanjem minimalne količine naročila zmanjšamo tudi KV naročil CDC-ja, se ta sprememba, ob predpostavki, da je variabilnost naročil končnih kupcev bolj ali manj stabilna skozi celo leto, izrazi tudi v nižjem indeksu koeficienta biča v 2. polovici leta na obeh proizvodih. Rezultati so predstavljeni v tabeli 5. Opazimo, da se je učinek biča pri SKU-2 zmanjšal iz 3,12 na 1,48, pri SKU-3 pa iz 3,94 na 2,08.

Sprememba indeksa učinka biča v 2. polovici leta je pri SKU-3 relativno manjša kot pri proizvodu SKU-2, ker je bila prodaja končnim kupcem v drugi polovici leta rahlo bolj stabilna kot v prvi polovici in je indeks biča večji, kot bi bil sicer ob identično stabilni prodaji.

Pri spremembah parametrov moramo v obzir vzeti tudi vpliv na stroške v oskrbni verigi. V kolikor spremenimo minimalno količino naročilo CDC-ja, to vpliva na zmanjšanje variabilnosti naročil do proizvodnje, kar posledično pomeni, da imamo teoretično lahko nižje varnostne zaloge na komponentah končnih proizvodov v proizvodnji. Seveda se z znižanjem minimalne količine naročila poveča frekvenca naročil, kar se posledično odrazi v višjih transportnih stroških

Za potrebe nadaljevanja analize lahko na podlagi rezultatov pri SKU-2 in SKU-3 strnemo, da se je variabilnost naročil CDC-ja ob povprečnem znižanju minimalne količine naročala za 35 % v povprečju zmanjšala za 50 %. Na podlagi omenjenih 2 primerov lahko sklepamo, da sprememba v minimalni količini naročila ob nespremenjenih ostalih parametrih vpliva na zmanjšanje učinka biča v oskrbni verigi. Za splošno veljavne sklepe v oskrbni verigi podjetja je vzorec sicer premajhen, vsekakor pa sta prikazana primera konceptualno predstavila vpliv spremembe na enem od parametrov naročanja na spremembo učinka biča v oskrbni verigi proizvoda.

4 STROŠKOVNA ANALIZA OMEJEVANJA UČINKA BIČA

V predhodnem delu analize smo se osredotočali na kvantitativno dokazovanje obstoja učinka biča v oskrbni verigi proizvoda in na iskanje vzrokov za ta pojav. Ugotovili smo, da lahko z znižanjem minimalne količine naročila v CDC-ju znižamo tudi indeks učinka biča. V sledečem delu analize se bomo s simulacijo spremembe minimalne količine naročila na proizvodu SKU-1, ki vpliva na oblikovanje svežnjev, osredotočili predvsem na stroškovni vidik in pogledali kje se lahko pričakujejo potencialni prihranki v oskrbni verigi.

4.1 Prednosti in slabosti omejevanja učinka biča v oskrbni verigi

V prejšnjem poglavju je bilo predstavljeno tudi, da je vzrokov za pojav biča lahko precej in le-ti se med seboj prepletajo in so mnogokrat težko prepoznavni. Kot smo že ugotavljali, imajo določeni parametri naročanja v oskrbni verigi, ki so generator učinka biča, svoj

namen in v kolikor bi jih lahko spremenili tako, da bi minimizirali učinek biča, bi lahko na drugi strani vplivali na povečanje stroškov.

Primere slabosti in prednosti omejevanja učinka biča v oskrbni verigi bomo predstavili na vzroku naročanja v svežnjih. Kot smo že pokazali, so visoke minimalne količine naročil, ki združujejo naročila v svežnje, generator učinka biča, na katerega se lahko sorazmerno hitro in učinkovito vpliva. Visoke minimalne količine naročil v teoriji prinašajo nižje transportne stroške, saj je strošek transporta na enoto nižji. Prav tako se v proizvodnji porabi manj časa za pripravo za montažni proces, ker naročila prihajajo v večjih količinah in manj pogosto. In ne nazadnje lahko z višjimi minimalni količinami naročila dosegamo določene nabavne prihranke.

Na drugi strani pa (pre)visoka minimalna količina naročila povzroča neenakomerno obremenjenost proizvodnih kapacitet, saj naročila prihajajo v sunkih in potem sledijo daljša obdobja brez naročil, kar načeloma povzroča težave pri planiranju proizvodnih kapacitet. Za zagotovitev enake storitve do kupca pa višja variabilnost v naročilih zahteva tudi višjo varnostno zalogo, kar se odraža v višjih stroških držanja zaloge. Kot smo predstavili v 2. poglavju, CDC oblikuje naročila za proizvodnjo na podlagi parametrov naročanja, kamor spada tudi podatek o minimalni količini naročila končnih proizvodov. Ker Danfoss Trata ne drži zaloge končnih proizvodov, mora za zagotovitev obljubljenega dobavnega roka zalogo držati na komponentah.

Kot je bilo v 3. poglavju predstavljeno, se je z znižanjem minimalne količine naročila SKU-2 in SKU-3 v CDC-ju, znižal tudi učinek biča. CDC je v drugi polovici 2014 zaradi manjših svežnjev naročanja znižal variabilnost naročil do Danfoss Trate. Nižja variabilnost naročil bi lahko pomenila, da je podjetje temu primerno znižalo varnostne zaloge na komponentah, vendar se podjetje za ta korak ni odločilo. Kalkulacije in spremembe višine varnostnih zalog se v podjetju odvijajo po v naprej določenem koledarju, ki predvideva takšne spremembe šele konec leta. Opazen pa je bil drug pozitiven efekt znižanja variabilnosti v oskrbni verigi. Višja frekvenca naročil iz CDC-ja do proizvodnje se je odrazila v zmanjšanju KV v drugi polovici leta. Ker se varnostne zaloge komponent v proizvodni enoti niso spremenile, je višja zaloga omogočala boljšo dobavljivost proizvodov SKU-2 in SKU-3 do CDC-ja, kar se je odražalo tudi v dvigu ravni storitve do končnega kupca.

Tabela 6: Vpliv na raven storitve proizvoda SKU-2

	1. polovica leta	**2. polovica leta**
Indeks učinka biča	3,12	1,48
Nivo storitve do kupca	86,07 %	91,05 %

Tabela 7: Vpliv na raven storitve proizvoda SKU-3

	1. polovica leta	**2. polovica leta**
Indeks učinka biča	3,24	2,18
Nivo storitve do kupca	87,44 %	93,00 %

Tabeli 6 in 7 nam prikazujeta kakšen je bil indeks učinka biča in nivo storitve za posamezen proizvod pred in po uvedeni spremembi minimalne količine naročila. Kot je bilo že omenjeno, je bila sprememba narejena na polovici leta. Pri obeh proizvodih se je raven storitve do končnih kupcev v drugi polovici leta zvišala za približno 5 odstotnih točk. Obravnavana primera potrjujeta razmerje med učinkom biča in ravno storitve, ki je bilo predstavljeno v teoretičnem delu magistrske naloge. Znižanje variabilnosti naročil na relaciji CDC – Danfoss Trata oziroma zmanjšanje učinka biča pozitivno vpliva na kazalnik uspešnosti poslovanja oskrbne verige, saj se je raven storitve opazno izboljšala.

4.2 Ocena finančnega vpliva omejevanja učinka biča

Do sedaj smo ugotovili in na empiričnih primerih pokazali, da zmanjšanje minimalne količine naročila vodi tudi v zmanjšanje učinka biča, saj se zmanjša velikost svežnjev in poveča frekvenca naročil. Kvalitativno smo tudi povzeli morebitne pozitivne in negativne plati zmanjšanja variabilnosti v oskrbni verigi.

Za potrebe magistrskega dela smo na primeru materiala SKU-1 naredili relativno preprost stroškovni model. Za oceno stroškovnega vpliva smo se osredotočili na primerjavo transportnih stroškov na relaciji Danfoss Trata – distribucijska centra in pa stroškov varnostnih zalog v podjetju. Kot smo že v 2. poglavju omenili, nivo distribucijskih centrov oblikuje naročila za proizvodnjo, katera mora za zagotavljanje ustrezne ravni storitve držati zalogo na komponentah, saj se zaloga končnih proizvodov nahaja v CDC-ju ali DC-ju v Rusiji. Iz vidika zaupnosti podatkov smo se odločili, da ne bomo uporabili dejanske valute, ampak bomo denarne enote označili izključno z oznako D.E.

Na materialih SKU-2 in SKU-3 smo v empirični analizi pokazali, da se je ob povprečnem 35 % zmanjšanju minimalne količine naročila variabilnost naročil v povprečju zmanjšala za 50 %. Ta učinek bomo uporabili kot izhodiščno predpostavko v našem stroškovnem modelu, ki bo primerjal stroške zmanjšanja učinka biča z nižanjem minimalne količine naročila na materialu SKU-1.

Za potrebe simulacije smo vrednosti minimalne količine naročila proizvoda SKU-1 znižali za 35 % in zaokrožili na navzgor. Le-ta v CDC-ju znaša 71 kosov in v ruskem DC-ju 94 kosov.

4.2.1 Vpliv na transportne stroške

Pri izračunu vpliva na transportne stroške upoštevamo, da je ocenjen strošek transporta 1 palete v CDC 42 D.E. in v DC Rusija 70,9 D.E. in da polna paleta vsebuje 144 kosov materiala SKU-1. Prav tako smo za oceno stroška transporta izbrali najslabši možni scenarij in sicer, da gre vsako naročilo na lastno paleto. V praksi se sicer lahko zgodi, da proizvodnja prejme več naročil za isti dan in tako lahko naročila združi na manj palet, kot je naročil.

Število palet smo ocenili tako, da smo celoletno povpraševanje v kosih delili z minimalno količino naročila za posamezen distribucijski center in zaokrožili navzgor. Povpraševanje smo razdelili na distribucijska centra, saj je strošek transporta odvisen od lokacije DC-ja. Kot je razvidno iz tabele 8, je bilo v letu 2014 v proizvodnjo naročenih 13.656 kosov, za katere je bilo porabljenih 107 paletnih mest. Skupna ocena stroška transporta za material SKU-1 tako znaša 6.286,9 D.E.

Tabela 8: Ocena transportnih stroškov materiala SKU-1 obstoječega stanja

	Minimalna količina naročila	**Letno naročilo proizvodnji (v kosih)**	**Število paletnih mest v 1 letu**	**Ocena letnega stroška transporta (D.E.)**
CDC	108	4836	45	1.888,6
DC Rusija	144	8820	62	4.398,2
Skupaj		13656	107	6.286,9

V kolikor bi minimalno količino naročila znižali za 35 % in rezultat zaokrožili na prvo celo števko navzgor, bi posledično znižali izkoriščenost transporta. Ob predpostavki, da gre vsako naročilo na lastno paleto, bi učinkovitost transporta v Rusijo iz 100 % zasedenih palet znižali na 65 % zasedenost palet, na transportu v CDC pa bi izkoriščenost palet iz 75 % padla na 49 %. To bi pomenilo, da se število palet na letni osnovi poveča na 163, kar bi podražilo skupen strošek transporta za 3.277,3 D.E., kar je prikazano tudi v tabeli 9.

Tabela 9: Ocena transportnih stroškov materiala SKU-1 po spremembi minimalne količine naročila

	Minimalna količina naročila	**Letno naročilo proizvodnji (v kosih)**	**Število paletnih mest v 1 letu**	**Ocena letnega stroška transporta (D.E.)**
CDC	71	4836	69	2.895,9
DC Rusija	94	8820	94	6.668,3
Skupaj		13656	163	9.564,2

4.2.2 Vpliv na stroške varnostne zaloge

Spremembe minimalne višine naročila na nivoju distribucijskih centrov vplivajo na variabilnost povpraševanja s katerim se sooča proizvodnja. Da lahko zagotavlja želeno raven storitve do naročnika, mora proizvodnja zagotoviti ustrezno varnostno zalogo komponent, ki sestavljajo material SKU-1, saj zaloge končnih proizvodov ne drži.

Za oceno potrebne varnostne zaloge komponent v proizvodni enoti smo uporabili formulo za določitev nivoja varnostne zaloge pri modelu kontinuiranega spremljanja zalog (9).

$$STD \times Z \times \sqrt{LT} \qquad (9)$$

STD označuje standardni odklon tedenskega povpraševanja, LT označuje dobavni čas posamezne komponente izražen v tednih in Z predstavlja konstanto imenovano varnostni faktor in je odvisna od želene ravni storitve do naročnika. V našem primeru smo želeno raven storitve nastavili na 90,5 %, kar se sklada s cilji in perspektivo podjetja Danfoss Trata v letu 2015 in pomeni, da ima varnostni faktor Z vrednost 1,31.

Material SKU-1 sestavlja 69 različnih komponent z dobavnimi roki od 1 dneva do 80 dni. Pri oceni stroška varnostne zaloge smo za potrebe našega preprostega modela predpostavili, da imajo vse komponente enak standardni odklon naročil, kot ga ima proizvod SKU-1. Nadalje smo za vsako komponento, ki sestavlja SKU-1, upoštevali dogovorjeni dobavni rok in nato na podlagi formule (9) izračunali potrebno varnostno zalogo. Skupen ocenjen strošek varnostne zaloge za vse komponente proizvoda SKU-1 ob izhodiščni minimalni količini naročila znaša 15.186 D.E.

Tabela 10: Vpliv spremembe minimalne količine naročila na varnostno zalogo komponent

	Obstoječa minimalna količina naročila (D.E.)	**Znižana minimalna količina naročila (D.E.)**	**Razlika (D.E.)**
Varnostna zaloga komponent	15.186	7.593	7.593

V tabeli 10 je prikazana primerjava vrednosti varnostne zaloge komponent v proizvodni enoti pred spremembo minimalne količine naročila in po njej. Ob spremembi minimalne količine naročila za 35 % in ob pričakovanem znižanju variabilnosti naročil za 50 %, se nivo varnostne zaloge zniža za 7.593 D.E.

4.2.3 Skupna finančna ocena vpliva zmanjšanja učinka biča skozi nižanje minimalne količine naročila

Pri analizi skupnega stroškovnega vpliva moramo v obzir vzeti vpliv na celotno verigo in ne samo vpliv pri posameznemu členu, ker so vsi členi del istega krovnega podjetja. Iz tega vidika primerjamo prihranke v proizvodni enoti na račun zmanjšanja varnostnih zalog in povečanje transportnih stroškov, ki jih poravna posamezen distribucijski center. Z zmanjšanjem minimalne količine naročila na nivoju distribucijskih centrov za 35 % se ob naših predpostavkah, ki smo jih uporabili v modelu, transportni stroški zaradi manjše izkoriščenosti palet povečajo za 3.277 D.E. Na drugi strani se bi varnostna zaloga komponent na proizvodni lokaciji znižala za 7.593 D.E., kar vodi v skupen prihranek 4.315 D.E. na letni ravni.

Tabela 11: Ocena neto učinka zmanjšanja minimalne količine naročila na proizvodu SKU-1

Sprememba minimalne količine naročila	-35 %	-20 %	-10 %	10 %	20 %	35 %
Ocena neto vpliva na stroške oskrbne verige (D.E.)	-4.316	-2.813	-1.534	2.002	4.045	7.132

V tabeli 11 smo zbrali rezultate simulacij, ki nam prikazujejo kako se spremeni neto finančni učinek ob različnih spremembah minimalne količine naročila v distribucijskih centrih pri materialu SKU-1, ob predpostavkah do katerih smo prišli z analizo 2 empiričnih primerov. V kolikor bi minimalno količino naročil v obeh distribucijskih centrih zmanjšali za npr. 20 %, bi glede na naš preprost model, neto prihranek na letni ravni znašal 2.813 D.E. V nasprotnem primeru, se pravi, v kolikor bi minimalno količino naročil povišali za 20 %, pa bi se skupni stroški na letni ravni povečali za 4.045 D.E. Glede na rezultate stroškovnega modela, ki temelji na preprostih predpostavkah, lahko zaključimo, da je znižanje minimalne količine naročila za SKU-1 ekonomsko upravičeno, saj bi bil prihranek pri stroških varnostnih zalog v proizvodni enoti večji od povečanja stroškov transporta na relaciji Danfoss Trata – distribucijska centra. Obstoječe vrednosti minimalne količine naročila na SKU-1 so bile v preteklosti nastavljene glede na želeno velikost proizvodne serije. Pred dejansko uvedbo nove minimalne količine naročila bi bilo potrebno dodatno preveriti ali je proizvodnja sedaj dovolj fleksibilna, da dela z nižjimi serijami proizvodnje.

4.3 Omejitve analize

Tekom empirične analize smo že omenili, da je nabor proizvodov zajetih v analizo za splošno veljavne statistične trditve na nivoju podjetja premajhen. Za oceno vpliva spremembe minimalne količine naročila na variabilnost povpraševanja smo uporabili empirične podatke na 2 proizvodih v obdobju 1 leta, ki sta bila izbrana kot reprezentativna

primera za oris obravnavane problematike. Zbrani podatki zadostujejo konceptualnemu prikazu vpliva spremembe parametra minimalne količine naročila na učinek biča, ki je bil predstavljen v teoretičnem delu in pravi, da naročanje v svežnjih vpliva na velikost pojava.

Kot metodološko omejitev empirične analize velja izpostaviti dejstvo, da so izračuni temeljili na podatkih z vključenim sezonskim povpraševanjem. V kolikor bi hoteli izdelati bolj poglobljeno statistično analizo bi bilo potrebno podatke ustrezno prilagoditi in odstraniti sezonsko komponento.

Pri oceni finančnega vpliva smo se osredotočili zgolj na primerjavo transportnih stroškov in stroškov varnostne zaloge. Za bolj natančne rezultate, ki bi jih podjetje lahko uporabilo pri nadaljnjih poslovnih odločitvah, bi bilo potrebno upoštevati tudi druge morebitne stroške povezane s posamezno spremembo parametra, kot so na primer stroški priprave na proizvodnjo.

Za oceno transportnih stroškov smo izbrali generično ceno prevoznikov na prevožen kilometer in nismo upoštevali morebitnih popustov do katerih lahko pride s strateškim sodelovanjem med podjetji in bi lahko morebiti še znižali ocenjene transportne stroške.

V magistrski nalog je bilo predstavljeno, da je vzrokov za pojav učinka biča veliko in le-ti se med seboj pogosto prepletajo. V analizi smo se osredotočili empirično dokazovanje vpliva, le pri enem vzroku in na enem členu oskrbne verige (t.j. nivo distribucijskih centrov). Za podrobnejše razumevanje pojava učinka biča v oskrbni verigi proizvoda bi bilo potrebno preučiti tudi vpliv ostalih parametrov naročanja, mogoče tudi na ostalih členih oskrbne verige, vendar bi to preseglo obseg namenjen magistrski nalogi.

4.4 Priporočila za nadaljnje raziskave

Priporočila za nadaljnje raziskave lahko razdelimo na dva dela in sicer priporočila vezana na podjetje in splošni del.

Za bolj podrobno razumevanje vpliva sprememb minimalne količine naročila na variabilnost naročil, svetujemo, da se podobna analiza učinka biča v podjetju izvede na širšem obsegu proizvodov. Kot prvi korak v analizi, bi bilo potrebno na širšem vzorcu narediti eksperiment s spremembo minimalne količine naročila in ugotoviti natančno korelacijo med spremembo omenjenega parametra in spremembo variabilnosti naročil. Nadalje bi bilo potrebno spremljati kakšen je učinek te spremembe na celotno verigo, in sicer kako se spreminja število delovnih nalogov in posledično stroški za pripravo proizvodnje ter kako se sprememba parametra odrazi na transportne stroške.

V magistrski nalogi smo ob pregledu možnih vzrokov tudi ugotavljali, da trenutna politika

upravljanja zalog, ki jo podjetje uporablja, povzroča pojav učinka biča. Zanimivo bi bilo preveriti ali bi kakšen drug sistem uravnavanja zalog zmanjšal ta učinek in kako bi se to odrazilo na stroških celotne oskrbe verige.

Kot splošno priporočilo za nadaljnje raziskave na področju preučevanja variabilnosti naročil v oskrbnih verigah, velja omeniti, da ima informacijski sistem SAP, ki ga uporablja vrsta podjetij v svetovnem merilu, kopico možnosti, katere vplivajo na oblikovanje naročil. Smiselno bi bilo sistematično pogledati kako se spremembe posameznih parametrov odrazijo na variabilnost naročil.

SKLEP

Ostra konkurenca na globalnem trgu in vse bolj zahtevni kupci so dandanes prisilili podjetja, da investirajo in se vse bolj osredotočajo na vzpostavitev odzivne in učinkovite oskrbne verige. V strokovni literaturi se kot pokazatelj neučinkovite verige pogosto omenja pojav učinka biča. Prekomerne zaloge, nezanesljive napovedi povpraševanja, nizka raven storitve povezana z neizpolnjevanjem naročil ali z zamudami v dobavi, neenakomerna obremenitev proizvodnih zmogljivosti in neučinkovit transport so eni izmed najpogostejših simptomov, ki jih lahko povzroči povečana variabilnost naročil. Nekateri avtorji omenjajo, da je lahko učinek biča vzrok za 12 % - 25 % operativnih stroškov oskrbne verige.

Danfoss Trata je podjetje, ki daje velik pomen učinkovitemu upravljanju oskrbne verige, saj z nenehnimi izboljšavami procesov vztrajno izboljšujejo raven storitve do kupca in hkrati tudi zmanjšujejo stroške držanja zalog. Kljub uspešnemu upravljanju oskrbe verige pa se vedno nahaja tudi nekaj rezerv za izboljšanj, na kar opozarja tudi prisotnost pojava učinka biča.

Pri analizi variabilnosti naročil v oskrbni verigi podjetja smo na podlagi analize podatkov iz leta 2014 dokazali, da je pojav učinka biča na nivoju podjetja prisoten, saj se variabilnost naročil povečuje, ko se pomikamo navzgor po verigi. Z največjo variabilnostjo so tako soočeni dobavitelji komponent, ki je za 76 % večja od variabilnosti naročil končnih kupcev.

Za podrobnejšo razumevanje vzrokov in posledic učinka biča smo empirično analizo nadaljevali na nivoju proizvoda. Podobno kot na nivoju celotnega podjetja, smo tudi na nivoju posameznega proizvoda potrdili obstoj učinka biča. Dodatno smo ugotovili, da naročila močneje nihajo na nivoju proizvoda kot na nivoju celotnega podjetja, kar se sklada s predpostavkami predstavljenimi v teoretičnem delu. V primerjavi z variabilnostjo naročil končnih kupcev je bil dobavitelj sestavnega dela soočen s 158 % višjo variabilnostjo. Glede na zasnovo oskrbne verige in toka naročil smo analizirali povečevanje variabilnosti

pri posameznih členih. Ugotovili smo, da največ k povečanju variabilnosti naročil pri proučevanem proizvodu doprinese nivo distribucijskih centrov .

Pri pregledu vzrokov za pojav učinka biča na konkretnem primeru nismo prepoznali vpliva špekulativnega naročanja in promocijskih popustov, saj so distribucijski centri in proizvodna enota v specifičnem razmerju, ki ne delujejo po sistemu promocij. Kot ključne vzroke za pojav učinka biča v oskrbni verigi proizvoda smo predstavili kombinacijo dobavnih rokov, politiko obnavljanja zalog in naročanje v svežnjih. Prikazali smo, da sta variabilnost naročil in dolžina dobavnega roka pozitivno korelirana, saj skupaj z variabilnostjo naročil, ko se pomikamo po oskrbni verigi navzgor, podaljšujejo tudi dobavni roki. Sistem naročanja v CDC-ju na podlagi dobavnih rokov, napovedi povpraševanja in minimalne količine naročila oblikuje svežnje, ki združujejo povpraševanje v daljšem časovnem obdobju v prihodnost. Naročanje v svežnjih v CDC-ju zvišuje velikost posameznega naročila in zmanjšuje frekvenco, kar pomeni, da se poveča variabilnost.

Kot pomemben parameter pri določanju velikosti svežnja smo izpostavili minimalno količino naročila. Na dveh empiričnih primerih smo prikazali, da se z zmanjšanjem minimalne količine naročila v CDC-ju zniža variabilnost naročil proizvodnji, kar posledično pomeni tudi znižanje učinka biča v oskrbni verigi. Sklepamo lahko tudi obratno: v kolikor bi minimalno količino naročila povečali, bi se posledično povečal tudi učinek biča v oskrbni verigi.

Z zgoraj omenjenim sklepom potrjujemo hipotezo predstavljeno v uvodu, in sicer s spremembami parametrov naročanja lahko sistemsko vplivamo na učinek biča v oskrbni verigi.

V sklopu pregleda vplivov in posledic omejevanja učinka biča, smo na proizvodih, kjer je prišlo do spremembe minimalne količine naročila in zmanjšanja učinka biča ugotovili, da se je ob nespremenjenih zalogah dvignila raven storitve do končnih kupcev. Naša ugotovitev je tako skladna s teoretičnimi izhodišči postavljenimi v začetku magistrske naloge.

Glede na podatke pridobljene v empirični analizi smo oblikovali predpostavke, ki smo jih uporabili v preprostem stroškovnem modelu. Prikazali smo, da je znižanje minimalne količine naročila za proučevani proizvod ekonomsko upravičeno, saj bi bil prihranek pri stroških varnostnih zalog v proizvodni enoti večji od povečanja transportnih stroškov na relaciji od proizvodne enote do distribucijskih centrov.

Na podlagi predstavljenih rezultatov lahko sklenemo, da si tematika pojava učinka biča v podjetju definitivno zasluži pozornost v prihodnosti. Empirično smo dokazali, da pojav

povečane variabilnosti obstaja ter da ga lahko s sistemskimi nastavitvami omilimo. Popolna odprava učinka biča pa zaradi dolgih dobavnih časov, kompleksne oskrbe verige in politike naročanja do ciljne zaloge verjetno ni mogoča, kar potrjujejo tudi različni viri v literaturi.

LITERATURA IN VIRI

1. Alizadeh, P. (2012). The role of forecasting parameters in reducing bullwhip effect. *Advances in Production Engineering & Management*, *7*(3), 177-186.
2. Barlas, Y., & Gunduz, B. (2011). Demand forecasting and sharing strategies to reduce fluctuations and the bullwhip effect in supply chains. *Journal of the Operational Research Society, 62*(3), 458-473.
3. Bezhad, B., Moraga, R. J., & Chen, S.J.G. (2009). Exploring the Bullwhip Effect in a Healthcate Service Supply Chain. *IIE Annual Conference Proceedings* (str. 718). Northern Illinois: Institute of Industrial Engineers-Publisher.
4. Bhattacharya, R., & Bandyopadhyay, S. (2010). A review of the causes of bullwhip effect in a supply chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 54*(9-12), 1245-1261.
5. Bray, R.L., & Mendelson, H. (2013). Disentangling production smooting from the bullwhip effect. *Working paper.* Najdeno 20. julija 2015 na spletnem naslovu http://www.kellogg.northwestern.edu/faculty/bray/doc/dsp/dsp_d.pdf.
6. Buchmeister, B., Friscic, D., & Palcic, I. (2014). Bullwhip Effect Study in a Constrained Supply Chain. *Procedia Engineering*, *69*(1), 63-71.
7. Bullwhip effect. (b.l.). V *Supply Chain Management Encyclopedia.* Najdeno 18. junija na spletnem naslovu http://scm.gsom.spbu.ru/File:Bullwhip_effect.png.
8. Cachon, G., Randall, T., & Schmidt, G. M. (2007). In Search of the Bullwhip Effect. *Manufacturing & Service Operations Management*, *9*(4), 457-479.
9. Carranza, O., & Maltz, A. (2010). Understanding the Financial Consequences of the Bullwhip Effect in a Multi-Echelon Supply Chain. *Journal of Business Logistics*, Summer, *31*(1), 23-41.
10. Chase, R. B., Jacobs, F.R., & Aquilano, N. J.(2006). *Operations Management for Competitive Advanteage*. New York: McGraw-Hill Irwin.
11. Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information. *Management Science, 46*(3), 436-443.
12. Chen, L., & Lee, H. L. (2012). Bullwhip Effect Measurement and Its Implications. *Operations Research, 60*(4), 771-784.
13. Cho, D. W., & Lee, Y. H. (2012). Bullwhip effect measure in a seasonal supply chain. *Journal of Intelligent Manufacturing, 23*(6), 2295-2305.
14. Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, planning and operation.* New Jersey: Prentice-Hall.
15. Danfoss Trata, d.o.o. (2010). Letno poročilo podjetja Danfoss Trata, d.o.o. Ljubljana: Danfoss Trata, d.o.o.
16. Danfoss Trata, d.o.o. (2011). Letno poročilo podjetja Danfoss Trata, d.o.o. Ljubljana: Danfoss Trata, d.o.o.
17. Danfoss Trata, d.o.o. (2014). Letno poročilo podjetja Danfoss Trata, d.o.o. Ljubljana: Danfoss Trata, d.o.o.
18. Dejonckheere, J., Disney, S. M., Lambrecht, M. R., & Towill, D. R. (2002). Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains. *International Journal of Production Economics, 78*(2), 133-144.

19. Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R., & Towill, D.R. (2003). Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach. *European Journal of Operational Research, 147,* 567-590.
20. Disney, S. M., & Towill, D. R. (2003). The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains. *International Journal of Production Economics, 85*(2), 199-215.
21. Dooley, K. J., Yan, T., Mohan, S., & Gopalakrishnan, M. (2010). Inventory management and the bullwhip effect during the 2007–2009 recession: evidence from the manufacturing sector. *Journal of supply chain management, 46*(1), 12-18.
22. Fioriolli, J. C., & Fogliatto, F. S. (2008). A Model to quantify the Bullwhip Effect in systems with stochastic demand and lead time. *Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference (str. 1098-1102).* Singapore: IEEE.
23. Fransoo, J. C., & Wouters, M. J. F. (2000). Measuring the bullwhip effect in the supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal, 5*(2), 78-89.
24. Ganeshan, R., Harrison, T.P. (1995). *An introduction to supply chain management.* Penn State University: Department of Management Science and Information System.
25. Garcia, D. J., & You, F. (2015). Supply chain desing and optimization: Challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering, 81,* 153-170.
26. Hussain, M., & Drake, P. R. (2011). Analysis of the bullwhip effect with order batching in multi-echelon supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41*(10), 972-990.
27. Jakšič, M. (2003). *Analiza učinka biča pri periodičnih sistemih uravnavanja zalog z uporabo metodologije prenosne funkcije* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
28. Jakšič, M., & Rusjan, B. (2007). Učinek biča v oskrbni verigi. *Organizacija : revija za management, informatiko in kadre, 40,* 17-24.
29. Jakšič, M., & Rusjan, B. (2008). The effect of replenishment policies on the bullwhip effect: A transfer function approach. *Eurpean Journal of Operational Research, 184*(3), 946-961.
30. Kim, H., Park, J., Chang, T. W., Jeong, H., Kim, K. T., & Park, J. (2007). *AsiaSim 2007.* Seoul: Springer Berlin Heidelberg.
31. Lai, R. K. (2005). *Bullwhip in a Spanish shop*. Philadelphia: The Wharton School, University of Pennsylvania.
32. Lee, H. L. (2010). Taming the bullwhip. *Journal of Supply Chain Management, 46*(1), 7-7.
33. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997a). Information distortion in a supply chain: the Bullwhip Effect. *Management Science, 43*(4), 546-558.
34. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997b). The Bullwhip Effect In Supply Chains. *Sloan management review, 38*(3), 93-102.
35. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (2004). Comments on »Information distortion in a supply chain: the Bullwhip Effect«. *Management Science, 50*(12), 1887-1893.
36. Metters, R. (1997). Quantifying the bullwhip effect in supply chains. *Journal of Operations Management, 15*(1), 89-100.

37. Paik, S.-K., & Bagchi, P. K. (2007). Understanding the causes of the bullwhip effect in a supply chain. *International Journal of Retail & Distribution Management, 35*(4), 308-324.
38. Ravichandran, N. (2008). Managing bullwhip effect: two case studies. *Journal of Advances in Management Research*, *5*(2), 77-87.
39. *SCOR Framework – The APICS Supply Chain Council.* Najdeno 23. avgusta 2015 na spletnem naslovu http://www.apics.org/sites/apics-supply-chain-council/frameworks/scor
40. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., & Shankar, R. (2008). *Designing and Managing the Supply Chain* (3. ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill Education Private Limited.
41. Sucky, E. (2009). The bullwhip effect in supply chains - An overestimated problem? *International Journal of Production Economics*, *118*(1), 311-322.
42. Svensson, G. (2005). The multiple facets of the bullwhip effect: refined and re-defined. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *35*(10), 762-777.
43. Torres, O.C., & Maltz, A.B. (2010). Understanding the financial consequences of the bullwhip effect in a multi-echelon supply chain. *Journal of logistics, 31*(1), 23-41.
44. Udenio, M., Fransoo, J. C., & Peels, R. (2015). Destocking, the bullwhip effect, and the credit crisis: Empirical modeling of supply chain dynamics. International Journal of Production Economics, *160*(1), 34-46.
45. Waller, M. A., Williams, B. D., & Eroglu, C. (2008). Hidden effects of variable order review intervals in inventory control. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(3), 244-258.
46. Xiang Zhi, B., Zheng Hua, Z., & Rong Fang, G. (2011, June). An empirical study on bullwhip effect in the supply chain. Based on the statistical data from manufacturing industry of China. *Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2011 8th International Conference* (str. 1-6). Tianjin: IEEE.
47. Zotteri, G. (2013). An empirical investigation on causes and effects of the Bullwhip-effect: Evidence from the personal care sector. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 489-498.