

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**RAZVOJ ODLOČITVENEGA MODELA ZA UVEDBO
ELEKTRONSKEGA KANBAN SISTEMA V PODJETJU**

Ljubljana, julij 2018

KRISTJAN RIJAVEC

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Kristjan Rijavec, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Razvoj odločitvenega modela za uvedbo elektronskega kanban sistema v podjetju, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem doc. dr. Juretom Erjavcem

IZJAVLJAM,

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela 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 oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 PLANIRANJE PROIZVODNJE	3
2 PROIZVODNJA RAVNO OB PRAVEM ČASU - JIT	7
2.1 Definicija in cilji	7
2.2 Koraki uvedbe JIT sistema	9
2.3 Prednosti in pomanjkljivosti	11
3 KANBAN	12
3.1 Pojmovanje in koncept	12
3.2 Prednosti in slabosti	13
3.3 Izzivi pri implementaciji	15
3.4 Kanban signal – vizualne kartice	16
3.4.1 Sistem z eno kartico	18
3.4.2 Sistem z dvema karticama	18
3.5 Izračun števila zabojnikov	19
3.6 Vitko okolje	20
3.6.1 Takt	20
3.6.2 Sprememba stanja zalog materiala	20
3.6.3 Vpliv vitke proizvodnje na kanban	21
4 ELEKTRONSKI KANBAN	22
4.1 Cilji in razvoj	22
4.2 Delovanje	24
4.3 Prednosti in slabosti	25
5 PAMETNI KANBAN	26
5.1 Industrija 4.0	26
5.2 Internet stvari	29
5.2.1 Definicija	29
5.2.2 RFID – radiofrekvenčna identifikacija	30
5.2.3 WSN omrežja	31
5.2.4 Računalništvo v megli	34
5.2.5 Računalništvo v oblaku	35
5.3 Prihodnost kanban sistemov	36

6	UVAJANJE E-KANBAN SISTEMA V IZBRANEM PODJETJU	37
6.1	JIT filozofija na primeru izbranega podjetja	38
6.2	Analiza kanban sistema na primeru izbranega podjetja	39
6.3	Uvedba e-kanbana	44
6.3.1	Razširitev kanbana na celotno oskrbovalno verigo v podjetju.....	44
6.3.2	Avtomatsko naročanje materiala	44
6.3.3	Popolno elektronsko delovanje	46
6.4	Ocenitev smiselnosti implementacije e-kanbana	46
6.5	Razvoj odločitvenega modela za ocenitev smiselnosti uvedbe e-kanban sistema v poljubnem podjetju	48
6.5.1	Identifikacija parametrov in utežitev.....	48
6.5.2	Ocenitev alternativ	50
6.5.3	Izbor najboljše alternative	51
SKLEP.....		51
LITERATURA IN VIRI.....		53
PRILOGI		

KAZALO TABEL

Tabela 1: JIT ukrepi na primeru izbranega podjetja	38
Tabela 2: Dejavniki pri odločanju o uvedbi e-kanban sistema v izbranem podjetju	47
Tabela 3: Kriteriji in pripadajoče uteži	49
Tabela 4: Ocenitev alternativ	50
Tabela 5: Izbor najboljše alternative	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Proizvodno planiranje	5
Slika 2: Pregled MRP.....	7
Slika 3: Koraki implementacije JIT sistema	9
Slika 4: Primer transportne kanban kartice	17
Slika 5: Primer proizvodne kanban kartice	17
Slika 6: Delovanje sistema z dvema kanbanoma	18
Slika 7: Kosovnica izdelka A	21
Slika 8: RFID čip, čitalec in gostiteljski računalnik.....	31
Slika 9: Komponente senzoričnega vozlišča	33
Slika 10: Kanban kartica	40
Slika 11: Vmesno skladišče.....	40

Slika 12: Kanban poštni nabiralnik	41
Slika 13: Kanban tabla.....	41
Slika 14: Skica proizvodne celice.....	42
Slika 15: Shema pretoka materiala in signalov v podjetju	43
Slika 16: Skica proizvodne celice po drugem koraku	45
Slika 17: Območja uporabe kanban in e-kanban sistemov.....	46

UVOD

Proizvodnja ravno ob pravem času (angl. *just-in-time*, v nadaljevanju JIT) je princip proizvodnje, ki pravi da podjetje proizvaja ravno toliko, kolikor potrebuje, in ravno v tistem času, ko to potrebuje. Največji prihranek pri tem je zmanjšanje odpadkov oziroma nepotrebnih funkcij (Lubben, 1988).

V povezavi z JIT se je razvil pristop kanban, ki skrbi za oskrbovanje delovnih mest z materialom. Deluje po principu »vlečenja« (angl. *pull*), kar pomeni, da planiranje proizvodnje deluje glede na dejanska naročila s strani kupcev. Kanban sistem pošilja signal po dobavni verigi nazaj. Ko je delo na neki enoti končano, signal sporoči delovni enoti pred njo, da mora biti neko delo opravljeno. Material potuje iz delovne enote naprej šele, ko dobi ustrezen signal (Lubben, 1988; Waters, 2006). Informacije kanbana se prenašajo na enostaven vizualen način preko kartic, kroglic, vozičkov, zabojev ali drugih virov (Volkman, 2011). Kanban kartica navadno vsebuje naslednje podatke: podatke o dobavi, podatke o izdelku in podatke o kupcu. Lahko so navedeni tudi drugi podatki, odvisno od potreb vsakega podjetja posebej. Obstajajo tri vrste kartic: delovni kanban, transportni kanban in dobaviteljev kanban. Vsaka kartica ima svoj namen, zato so podatki, ki jih kartica vsebuje, odvisni od same narave kartice. Kartice se lahko prenašajo znotraj podjetja ali pa med partnerji v dobavni verigi (Cimorelli, 2013).

Ljubič (2006) pravi, da je kanban sistem za razdeljevanje dela in planiranja oskrbe z materialom delovnih mest ter deluje po samopostrežnem načelu. Kanban stremi k:

- zmanjševanju zalog,
- povečani produktivnosti,
- večji kakovosti,
- boljši preglednosti proizvodnje,
- skrajševanju pretočnih časov.

Tradicionalen kanban z uporabo kartic ima pomanjkljivosti, ki se lahko zmanjšajo z uporabo elektronskega kanbana (v nadaljevanju e-kanban). Ob povečanem obsegu proizvodnje ali zmanjšanju proizvodne serije se število premikov kartic poveča, kar se lahko odraža v slabši produktivnosti. Morebitna izguba ali napačen premik kartice se skoraj vedno izkaže kot velik problem v sicer natančno planirani JIT proizvodnji. Sam premik kartic prinaša tudi nekaj nepravilnosti, saj se kartice ne prenesejo v istem trenutku, kot je porabljen material (Kouri, Salmimaa & Vilpola, 2008).

E-kanban je variacija kanbana z nekaj spremembami, zato karakteristike kanbana prav tako veljajo za e-kanban (MacKerron, Kumar, Kumar & Esain, 2014). Prednosti e-kanbana so (Kouri et al., 2008):

- ne prihaja do izgubljanja kartic,
- povpraševanje je dostavljeno ob pravem času,
- hitrejša in lažje delovanje, kot v primeru kartic,
- hitra in učinkovita optimizacija »kartic«,
- minimizira primanjkljaje materiala,
- izboljša transparentnost dobavne verige,
- lažje vrednotenje uspešnosti dobavitelja.

Zaradi zgoraj navedenih in ostalih prednosti e-kanbana v izbranem podjetju razmišljajo o nadgradnji obstoječega sistema. V magistrskem delu bi rad preučil pozitivne rezultate in možne izzive, s katerimi se podjetja soočajo v primeru tovrstne nadgradnje. V končnem delu magistrskega dela bi želel podjetju svetovati, ali je nadgradnja z e-kanbanom sploh smiselna. Če se izkaže, da je, bi predstavil postopne korake nadgrajevanja. V sklepnem delu magistrskega dela bom razvil splošen odločitveni model, ki bo pomagal poljubnemu podjetju pri odločitvi o uvedbi e-kanbana.

Z razvojem tehnologij interneta stvari (angl. *internet of things*, v nadaljevanju IoT) se je razvila tudi tehnologija kanbana. Zabojnike bodo zamenjali pametni zabojniki, ki bodo lahko vsebovali različne senzorje (npr. za temperaturo) in kamere. Na ta način se bo generiralo veliko podatkov v realnem času. Z obdelavo v oblaku (angl. *cloud computing*) bodo podatki hitro in učinkovito obdelani in bodo v pomoč pri raznih odločitvah (Thürer et al., 2016; Bamberg, Johann & Waldow, 2012). V magistrskem delu bi na podlagi literature rad preveril, katere IoT tehnologije bodo spremenile delovanje kanban sistemov in kako se bo to odražalo na učinkovitosti.

Namen magistrskega dela je ugotoviti, katere prednosti prinaša e-kanban v primerjavi s kanbanom in ali je uvedba e-kanbana za podjetja smiselna. Na podlagi analize stanja podjetja ITW Metalflex, ki trenutno uporablja kanban sistem s karticami, in pregleda literature želim ugotoviti, kakšen je prispevek e-kanbana. Ker želim, da bo magistrsko delo zanimivo tudi za bralce izven izbranega podjetja, bom razvil odločitveni model, ki bo opredelil, ali je uvedba e-kanbana smiselna za poljubno podjetje.

Glavni **raziskovalni vprašanji**, na kateri bom poizkušal odgovoriti, sta:

1. Kaj bi podjetja pridobila z nadgradnjo kanbana z e-kanban sistemom?
2. Ali je nadgradnja kanban sistema z e-kanbanom smiselna?

V magistrskem delu bom zasledoval različne **cilje**. Cilji teoretičnega dela naloge so:

- preučiti orodja »proizvodnje ravno ob pravem času« in njihov vpliv na delovanje podjetij,
- preučiti in predstaviti kanban sistem za planiranje proizvodnje,

- preučiti prednosti, ki jih nadgradnja z e-kanbanom prinaša podjetjem,
- preučiti morebitne izzive in težave, s katerimi se podjetja srečujejo pri tovrstni nadgradnji,
- preučiti tehnologije, ki jih uporablja internet stvar v povezavi s kanban sistemi.

Cilji empiričnega dela naloge so:

- analizirati principe »proizvodnje ravno ob pravem času« in kanban sistema na primeru izbranega podjetja,
- opredeliti možne pozitivne izzive in možne težave pri nadgradnji kanbana na primeru izbranega podjetja,
- predstaviti postopne korake pri vpeljavi e-kanbana,
- oceniti, ali je taka nadgradnja smiselna,
- razviti odločitveni model za ocenitev smiselnosti uvedbe e-kanbana.

Za pridobivanje podatkov sem uporabil več metod. Za pridobivanje podatkov glede JIT stanja v podjetju sem opravil intervju z vodjo poslovne enote. Uporabil sem tudi kvalitativne metode raziskovanja. Uporabil sem veliko število sekundarnih podatkov, ki so mi omogočili celovito razumevanje področja pisanja magistrskega dela. Podatke o trenutnem in preteklem delovanju podjetja sem pridobil s pogovori z zaposlenimi.

V prvem poglavju magistrskega dela je opisano planiranje proizvodnje. V drugem poglavju so predstavljeni principi in filozofija proizvodnje ravno ob pravem času. V tretjem poglavju sledi opis kanban sistema za planiranje proizvodnje. Predstavljeno je delovanje sistema, njegove prednosti in slabosti ter možni izzivi pri implementaciji. Naprednejši različici kanban sistema sta predstavljeni v četrtem (e-kanban) in petem (pametni kanban) poglavju. Šesto poglavje je empirični del magistrskega dela. Sestavlja ga analiza izbranega podjetja ter razvoj odločitvenega modela za uvedbo e-kanbana v podjetje.

1 PLANIRANJE PROIZVODNJE

Planiranje proizvodnje in nadzor (angl. *manufacturing planning and control*, v nadaljevanju MPC) je sistem, ki planira in nadzoruje celotno proizvodnjo, vključno z upravljanjem materialov, razporejanjem strojev in ljudi, ter koordinira dobavitelje in kupce. Zaradi sprememb v okolju, strategije, potreb kupcev, raznih težav, ki se pojavljajo, in novih priložnosti v oskrbovalni verigi, je potrebno stalno prilagajanje in posodabljanje MPC sistema. Sistem ne sklepa odločitev samodejno, ampak služi kot podpora (v obliki informacij), da se lahko managerji pravilno odločajo. Podporne aktivnosti, ki jih nudi MPC sistem, lahko razdelimo v tri časovne horizonte (Vollmann, Berry & Whybark, 1997):

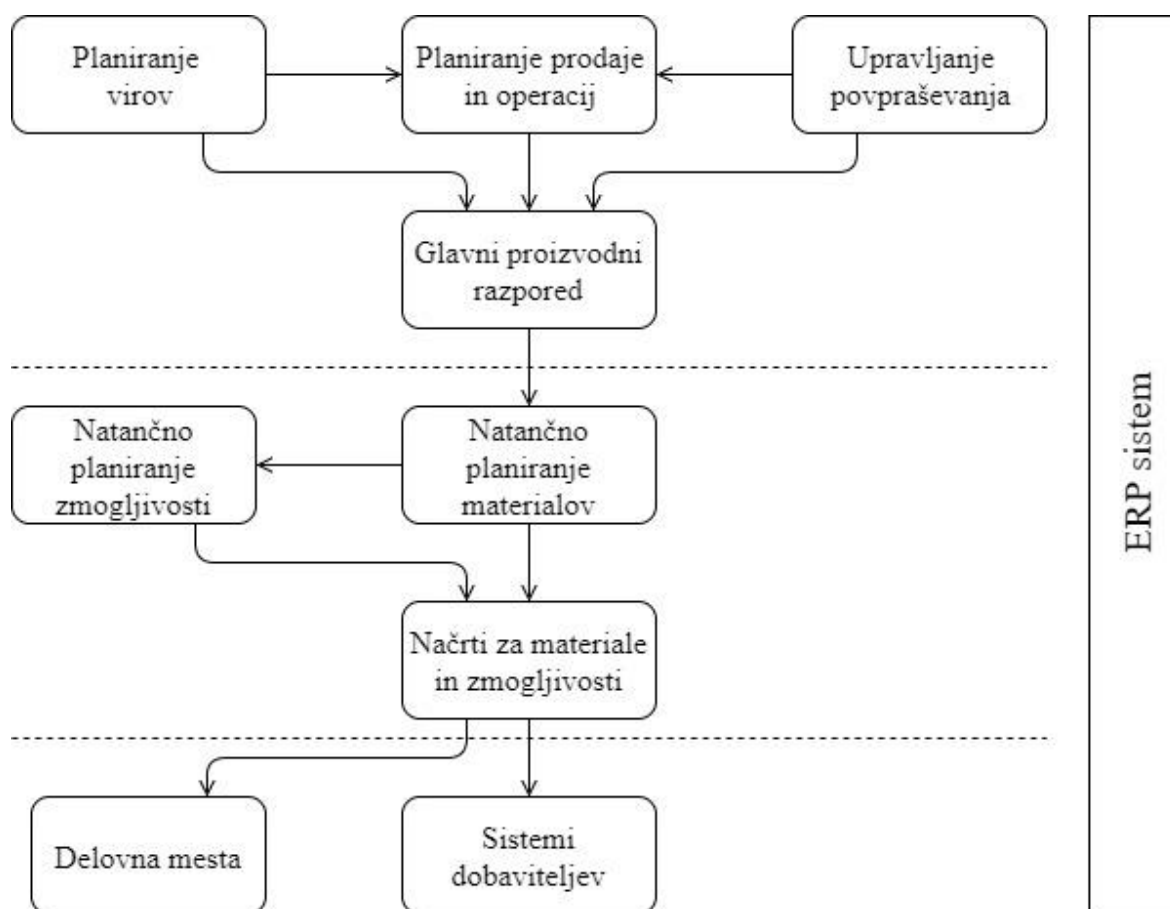
- Dolgoročno gledano sistem priskrbi informacije, s katerimi se je mogoče odločati o primerni kapaciteti (opreme, dobaviteljev, itn.), ki je potrebna za zadovoljevanje

povpraševanja kupcev. Poleg tega je dolgoročno planiranje potrebno za zagotavljanje ustreznega kadra (veščin), tehnologije in geografske lokacije, da bo podjetje lahko ustreglo kupcem. Dolgoročno planiranje oskrbovalne verige vključuje tudi oceno ključnih dobaviteljev.

- Planiranje v srednje dolgem obdobju se osredotoča na usklajevanje med ponudbo in povpraševanjem. Čeprav to drži tudi za planiranje na dolgi rok, pa se planiranje na srednje dolgem obdobju bolj osredotoča na to, da je priskrbljena točna količina materiala (prava količina v pravem času na pravi lokaciji) in omogočena kapaciteta, ki bo zadovoljila povpraševanje. Pomembno je planiranje tako zalog materiala kot končnih izdelkov ter količine, ki je v procesu izdelave (angl. *work in process*). Srednjeročno planiranje vključuje tudi podajanje informacij kupcem glede časa dobave ter komunikacijo z dobavitelji glede naslednjih dobav materiala. Planiranje kapacitet lahko vključuje določanje zaposlenosti, ugotavljanje možnosti opravljanja delovnih nadur in ostalih podpornih aktivnosti. V tem obdobju so najpogostejše predstavljeni različni cilji (npr. prodaje).
- Planiranje v kratkem obdobju se ukvarja predvsem z natančnim razporejanjem virov (čas, ljudje, oprema, objekti) tako, da proizvodnja dosega načrte. V primeru sprememb kupčevih zahtev ali raznih težav se mora MPC sistem odzvati tako, da priskrbi informacije managerjem, kupcem in dobaviteljem, poleg tega pa mora delovati kot podpora pri reševanju problemov.

Vollmann et al. (1997) so aktivnosti MPC sistema razdelili v tri segmente, ki so prikazani na Sliki 1. Aktivnosti, ki se nahajajo v zgornji tretjini, se navezujejo na bolj splošne dejavnosti vodenja podjetja. Proizvodno planiranje in nadzor definirata aktivnosti na splošni ravni. Upravljanje povpraševanja (angl. *demand management*) zajema napovedovanje povpraševanja, vstopanje naročil, obetavnost naročil, zagotavljanje povpraševanja znotraj podjetja in zagotavljanje nadomestnih delov. Bistvo upravljanja povpraševanja je koordiniranje vseh poslovnih aktivnosti, ki vplivajo na povpraševanje proizvodnih kapacitet. Prodajno in operativno planiranje (angl. *sales and operations planning*) usklajuje prodajne oz. tržne plane z razpoložljivimi proizvodnimi viri. Rezultat je načrt, ki povezuje proizvodno vlogo s strategijo podjetja. V progresivnih podjetjih je obseg pozornosti s strani managementa pri tej aktivnosti večja, saj je potrebno stalno usklajevanje. Glavni proizvodni razpored (angl. *master production schedule*, v nadaljevanju MPS) je razčlenjena verzija prodajnega in operativnega načrtovanja in navaja, kateri končni izdelek bo narejen v prihodnosti. MPS mora podpirati prodajni in operativni načrt. Aktivnost planiranja virov (angl. *resource planning*) opredeljuje zmogljivost proizvodnje za izdelavo produktov tako sedaj (npr. delovne ure, razpoložljivost strojev) kot v prihodnosti (npr. novi objekti). Planiranje virov je osnovna aktivnost za usklajevanje proizvodnih načrtov s kapaciteto proizvodnje.

Slika 1: Proizvodno planiranje



Vir: T. Vollmann, W. Berry & C. Whybark, *Manufacturing Planning and Control Systems*, 1997.

Aktivnosti v srednji tretjini so osredotočene na natančno načrtovanje potreb po materialih in kapacitetah. Podatki iz MPS-ja neposredno prehajajo v natančno planiranje materialov (angl. *detailed material planning*). Podjetja z omejenim asortimanom izdelkov lahko določijo stopnjo proizvodnje za doseganje načrtov. Po drugi strani pa lahko podjetja s širokim asortimanom izdelkov, ki so sestavljeni iz velikega števila polizdelkov, uporabljajo sistem planiranja potreb po materialu (angl. *material requirements planning*, v nadaljevanju MRP) kot pomoč pri izračunavanju potreb po materialih. MRP glede na časovna obdobja izračuna potrebe po posameznih komponentah (surovci, polizdelki) tako, da vključi vse končne izdelke, ki so v glavnem proizvodnem rasporedu. Ta načrt o potrebah po materialih se uporabi v natančnem planiranju kapacitet pri izračunu delovnih ur za izdelavo vseh komponent (Vollmann et al., 1997).

Spodnja tretjina predstavlja izvedbeni del MPC sistema. Tudi ta del aktivnosti je odvisen od proizvodnih produktov in uporabljenih produkcijskih procesov. Podjetja s širokim asortimanom izdelkov pogosto združijo podobno opremo v en delovni center. Organizacija proizvodne hale temelji na določevanju prioritet za izdelavo produktov. Podjetja z ožjim asortimanom izdelkov pa združujejo različno opremo v delovne centre, ki se imenujejo

delovne celice, v katerih se izdelujejo podobni izdelki. Sistemi dobaviteljev nosijo informacije glede le-teh, v nekaterih primerih pa lahko tudi sami proizvajajo nabavne naloge in jih pošiljajo dobaviteljem. Kadar so dobavitelji tudi partnerji podjetja, lahko informacije sistema dobaviteljev obsegajo tudi načrte za prihodnost, ki so v pomoč dobaviteljem pri razumevanju nadaljnjih potreb podjetja. V podjetjih, ki uporabljajo MRP sistem je spodnja tretjina zadolžena tudi za izvedbo natančnih planov glede porab materiala in kapacitet do te mere, da so predvidene vsake nepravilnosti v sistemu ter točni začetni in končni časi določenih proizvodnih serij (Vollmann et al., 1997).

Glede na vrsto povpraševanja se razlikujejo načini upravljanja z zalogami. Ko je povpraševanje pridobljeno iz načrtov za izdelavo nekega produkta (npr. surovci, polizdelki, itn.), potem govorimo o odvisnem povpraševanju. Kosi, ki so sestavni deli avtomobila, so primer odvisnega povpraševanja, saj je njihova količina odvisna od količine avtomobilov, ki jih želimo izdelati. Ker avtomobil ni komponenta kakšnega drugega proizvoda, je povpraševanje po avtomobilih primer neodvisnega povpraševanja. Neodvisno povpraševanje je dokaj stabilno, medtem ko je odvisno povpraševanje precej neenakomerno – v določenem času so potrebne velike količine, v drugih časovnih intervalih pa manjše. Tak primer je podjetje, ki proizvaja opremo za travnike in vrtove, ima več izdelkov – potisne kosilnice, nahrbtnne kosilnice in manjše traktorje. Predpostavimo, da vsakega od izdelkov proizvajajo periodično. V prvem mesecu proizvajajo potisne kosilnice, v drugem mesecu nahrbtnne kosilnice, v tretjem mesecu pa manjše traktorje. Nekatere komponente (npr. vijaki in maticе) se uporabljajo v vseh treh izdelkih in je njihova poraba velika, zato je smiselno, da so vedno na zalogi. Nekatere komponente so uporabljene samo v enem proizvodu, kar pomeni, da povpraševanje po njih obstaja samo, ko se izdeluje ta proizvod, recimo enkrat na 8–9 tednov. V ostalih obdobjih potreb po teh komponentah ni, zato je tako povpraševanje neenakomerno. Neenakomerno povpraševanje lahko nastane tudi zaradi kupčevih pravil naročanja. Zaradi takih tendenc mora biti tok materiala pri neodvisnem povpraševanju neprestan, pri odvisnem povpraševanju pa mora biti material na zalogi tik pred njegovo uporabo (Stevenson, 2005).

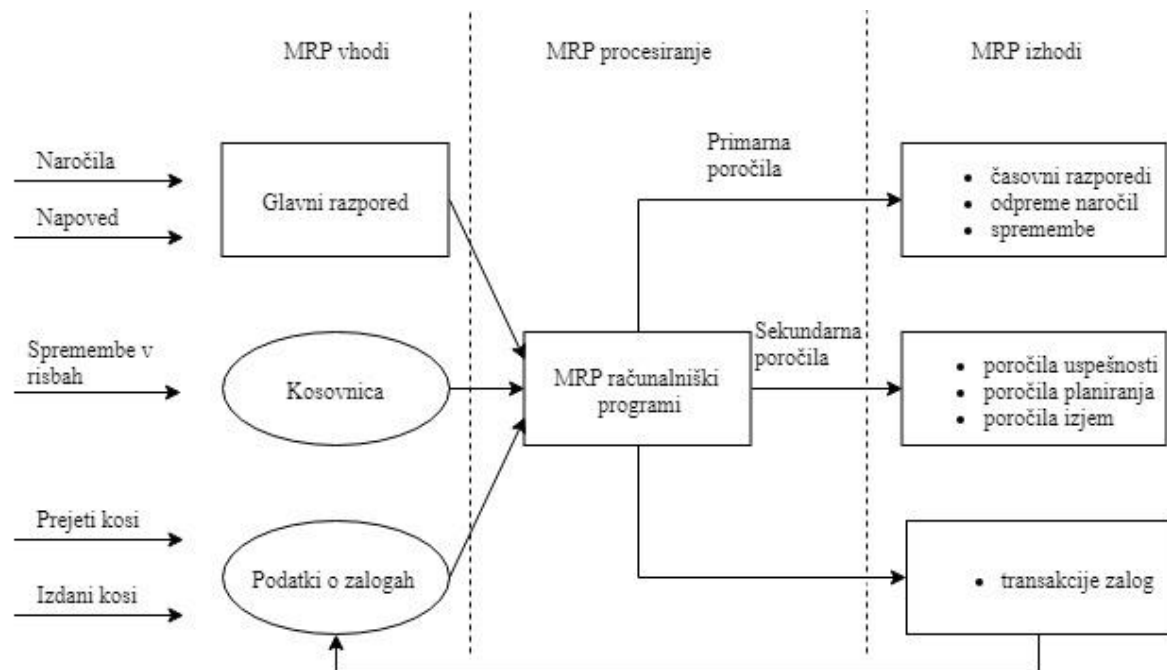
MRP je sistem planiranje proizvodnje, ki potrebe po končnih izdelkih iz glavnega razporeda prevede v potrebe po polizdelkih, komponentah in surovcih in upošteva časovni spekter, kdaj jih potrebujemo. MRP deluje vzvratno od datuma, ko mora biti izdelan končni proizvod in si pomaga z informacijami (npr. dobavni časi), da lahko določi kaj, kdaj in koliko naročiti. Naročilo končnega proizvoda ustvari povpraševanje po komponentah nižjih nivojev, ki so razdrobljeni na intervale (npr. tedne), da je lahko naročanje, izdelovanje in sestavljanje delov opravljeno pravočasno in s čim nižjim stanjem zalog (Stevenson, 2005).

V preteklosti sta se pojavljali dve glavni težavi pri procesih naročanja in časovnega načrtovanja sestavljenih produktov. Prva težava pri časovnem načrtovanju je bila sledenje velikemu številu proizvodov in komponent ter spopadanje s težavami, ki so nastale zaradi sprememb pri naročilih. Druga velika težava je bila razlikovanje med neposrednim in posrednim povpraševanjem. Tehnike za upravljanje zalog izdelkov z neodvisnim

povpraševanjem so bile prepogosto uporabljene pri upravljanju zalog sestavnih kosov, kar se je odražalo v prevelikih zalogah. Pred uporabo MRP-ja so se podjetja soočala z velikimi problemi na področju planiranja zalog (Stevenson, 2005).

Stevenson (2005) navaja splošen pregled, kjer so prikazani vhodni in izhodni podatki MRP-ja. To je prikazano na Sliki 2.

Slika 2: Pregled MRP



Vir: J.W. Stevenson, *Operations Management*, 2005, str. 577.

2 PROIZVODNJA RAVNO OB PRAVEM ČASU – JIT

2.1 Definicija in cilji

Proizvodnja ravno ob pravem času se je prvič pojavila sredi dvajsetega stoletja na Japonskem. Ker se je razvila v tovarni Toyota, se ponekod pojavlja tudi pod imenom angl. *Toyota Production System* (v nadaljevanju TPS) (Waters, 2006).

V literaturi obstajajo različne definicije JIT proizvodnje. Lubben (1988) pravi, da je JIT pristop razvoja in delovanja proizvodnih sistemov in jo hkrati opredeli kot filozofijo, ki z optimizacijo resursov stremi k enostavnosti in učinkovitosti. Podjetja dosegajo konkurenčno prednost z uporabo naslednjih JIT principov:

- integracija in optimizacija: odstranitev nepotrebnih funkcij, kot so inšpekcija, zaloga itn.;

- neprestano izboljševanje: razvoj notranjih sistemov, ki vzpodbujajo konstantno izboljševanje procesov in postopkov;
- razumevanje kupcev: zadovoljevanje potreb kupcev in zmanjševanje kupčevih stroškov pri nabavi in uporabi izdelka.

Hirano (2009) opredeljuje JIT kot tržno usmerjen proizvodni sistem, ki temelji na zadovoljevanju potreb kupcev. JIT se navezuje na proizvodni tok – material je dostavljen na proizvodno linijo ravno v tistem času, ko je potreben in ravno v takšni količini, kot je potreben. Poudarek je na besedi »ravno«, saj je le tako mogoče zmanjšati zaloge, čase in presežno proizvodnjo. Waters (2006) pravi, da JIT organizira vse aktivnosti v podjetju tako, da se zgodijo ravno ob pravem času in navaja naslednje JIT poglede na različne segmente podjetja:

- **Zaloga:** Podjetja držijo zalogo, da pokrivajo razlike med ponudbo in povpraševanjem. JIT filozofija pravi, da zaloga prikriva probleme. Managerji morajo odkriti razloge, zaradi katerih prihaja do razlik med ponudbo in povpraševanjem, in jih odpraviti.
- **Kakovost:** JIT dojema vse napake kot stroške. Miselnost JIT pravi, da je najbolje odkriti izvor napak, ga odstraniti in zagotoviti brezhibno proizvodnjo.
- **Dobavitelji:** JIT spodbuja tesno in dolgoročno partnerstvo.
- **Velikost serij:** Da podjetja zmanjšajo stroške menjave orodij na enoto proizvoda, pogosto proizvajajo (pre)velike serije. V primeru nizkega povpraševanja tako početje pripelje do visokih zalog. JIT poizkuša zmanjšati velikosti serij in se na ta način približati povpraševanju.
- **Dobavni roki:** Če želijo podjetja nuditi kratke dobavne roke, se to navadno odraža na povišani zalogi, ki zadosti nepričakovanemu povpraševanju. JIT stremi k manjšim in pogostejšim dobavam s kratkimi dobavnimi roki.
- **Zanesljivost:** JIT sloni na kontinuirani proizvodnji, zato morajo biti vse operacije zanesljive. Če se neko orodje pokvari, morajo pristojni ugotoviti razloge, zaradi katerih se je to zgodilo in zagotoviti, da se to ne bo več ponovilo.

Cilji JIT sistema so usmerjeni na optimizirano delovanje proizvodnje. Langford (2007) pravi, da je cilj sistema JIT zmanjšanje zalog, Lubben (1988) pa navaja bolj podrobno opredeljene cilje:

- Razvoj izdelka, ki omogoča optimalno razmerje med kvaliteto in stroški: Izdelek moramo proizvesti v proizvodnem okolju, obenem pa mora izdelek zadostiti tehničnim, kakovostnim in ekonomskim zahtevam.
- Proizvodnja izdelka s čim nižjo porabo resursov: Do čim nižje porabe resursov podjetje pride z natančnim načrtovanjem. Japonci naj bi bistveno več časa načrtovali kot izdelovali.
- Visoka odzivnost na potrebe kupca: Odzivnost do kupca pomeni več kot le sprejemanje novih naročil. Primarna naloga podjetja je redna dobava kakovostnih izdelkov, vendar

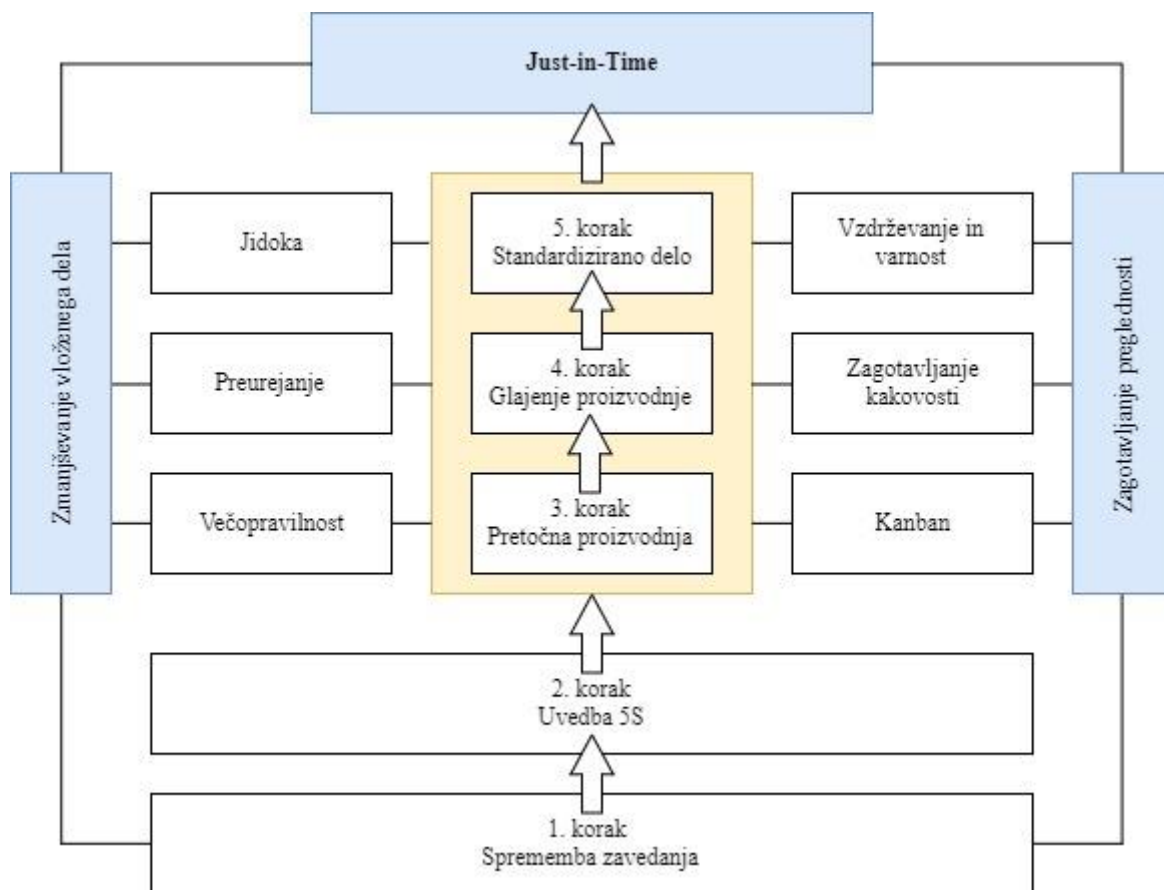
poleg tega tudi proizvodnja v manjših serijah, zmanjševanje stroškov proizvodnje, sodelovanje z inženirji na prihodnjih izdelkih, sodelovanje na različnih projektih itn.

- Razvoj zaupanja v vrednih in odprtih partnerskih razmerij: JIT stremi k dolgoročnemu sodelovanju med dobavitelji in kupci, za to pa je potreben pošten, iskren in odprt odnos.
- Obveza kontinuiranemu izboljševanju celotnega proizvodnega sistema: JIT filozofija sloni na tem, da se problemi izpostavljajo in nemudoma rešujejo. Težava nastane, ko so managerji preobremenjeni in zapostavijo dnevno reševanje znanih problemov.

2.2 Koraki uvedbe JIT sistema

Hirano (2009) pravi, da mora podjetje upoštevati vse elemente JIT proizvodnje, če jo želi uspešno implementirati. Elementi so prikazani v petih korakih na Sliki 3.

Slika 3: Koraki implementacije JIT sistema



Vir: H. Hirano, *JIT Implementation Manual: The complete Guide to Just-in-Time Manufacturing*, 2009, str.14.

Prvi korak pri uvedbi JIT je sprememba zavedanja, ki se mora začeti v vrhu podjetja. Ko vodilni v podjetju postanejo dovzetni za spremembe, se začnejo zavedati pomanjkljivosti obstoječega sistema. To zavedanje se začne prenašati na srednji management in nato na

proizvodne delavce, dokler se postopoma vsi zaposleni v podjetju ne zavedajo nujnosti sprememb. Glavna misel, ki mora obstajati v vseh zaposlenih je, da se mora podjetje vedno spreminjati in napredovati, če želi obstajati v prihodnosti. Obstajajo različni načini, s katerimi podjetja poizkušajo vzpodbuditi verižno reakcijo zavedanja sprememb, kot so seminarji in učne skupine, na katerih potekajo izobraževanja o prednostih JIT sistema. **Drugi korak** predstavlja uvedba 5S orodja, ki skrbi za urejenost in čistost delavnega okolja. 5S je sestavljen iz petih principov, ki jih predstavlja pet japonskih besed: jap. *seiri* (ločevati), jap. *seiton* (urejati), jap. *seiso* (čistiti), jap. *seiketsu* (standardizirati) in jap. *shitsuke* (izvajati v praksi). Prva dva principa sta najpomembnejša, zato mora podjetje najprej ugotoviti, kaj je pomembno v tovarni in koliko. Najenostavnejši način za dosego tega je, da so stvari vidne. S tem namenom sta se razvili dve strategiji: strategija rdeče kartice za ločevanje in strategija kanban za urejanje. Strategija rdeče kartice deluje tako, da podjetje določi ekipo, ki nekajkrat letno preverja celotno podjetje in opozarja na površnost. Strategija kanban bo podrobno predstavljena v nadaljevanju magistrskega dela. **Tretji korak** je izboljšanje pretočnosti proizvodnje tako, da minimizira odpadni material. Za to obstaja sedem zahtev: neprekinjen tok proizvodnje (oblikovanje proizvodnje v linijo ali U-celico), kombinacije specifičnih in splošnih strojev, enoizdelčni tok materiala (to pomeni, da ena enota materiala potuje v naslednji proces takoj, ko je obdelana in ne čaka na celotno serijo), cikli (usklajevanje procesov glede na potrebe kupcev), večopravilnost (delavec opravlja delo na več procesih vzdolž proizvodnje linije), delavci z znanji na različnih področjih (da lahko delajo na različnih procesih) in stoječe delo (oz. menjava med stoječim in sedečim delom). **Četrty korak** predstavlja glajenje proizvodnje, kar pomeni, da podjetje začne uveljavljati JIT spremembe čim bližje kupcu. To je pri zalogi končnih izdelkov, nato poteka JIT optimizacija po verigi navzgor vse do nabave materiala. **Peti korak** je standardizacija najboljših praks, ki izvajajo delo hitro, varno in stroškovno učinkovito (Hirano, 2009).

Langford (2007) pravi, da bi moral vodja logistike odgovoriti na naslednja vprašanja, v kolikor razmišlja o implementaciji JIT:

- Ali ima proizvodno podjetje možnosti hitrega, odzivnega in učinkovitega transporta?
- Ali so prevozniki zanesljivi?
- Ali prevozniki planirajo pogoste dobave?
- Ali obstaja visoka verjetnost, da bo delo potekalo nemoteno (npr. majhna verjetnost stavk ali drugih zastojev proizvodnje)?
- Ali obstaja učinkovita komunikacija z dobavitelji?

Preden se manager obveže JIT konceptu, mora na vsa vprašanja odgovoriti pritrdilno, poleg tega pa mora tudi opraviti temeljito primerjavo obstoječega sistema s sistemom JIT glede vodenja zalog in ostalih operacij (Langford, 2007).

2.3 Prednosti in pomanjkljivosti

JIT ne deluje dobro v vseh pogojih. Najbolje se izkaže v velikih proizvodnih obratih, kjer se sestavljajo podobni izdelki v kontinuiranih procesih. Vsaka sprememba v procesu ali menjava izdelka, ki se proizvaja, pomeni zamudo in strošek. JIT se poizkuša izogniti takšnim motnjam v procesih, kjer se resursi porabljajo neučinkovito. JIT torej stremi k masovni proizvodnji standardnih produktov v stabilnem okolju, kjer so kontinuirani procesi. To pogosto pomeni dobro uravnoteženo proizvodno linijo, kamor je material pripeljan tik pred uporabo. Dobavitelji v praksi dobavljajo najmanjše možne proizvodne serije, običajno nekajkrat dnevno, kar pomeni, da morajo dobavitelji ponujati kratke dobavne roke in nizke dobavne stroške. Dobavitelji morajo biti fleksibilni, učinkoviti in locirani v bližini podjetja. Ker podjetje, ki uporablja JIT koncepte, ne drži varnostne zaloge, se vsaka težava nemudoma razkrije. Zato morajo biti dobavitelji zanesljivi glede rokov dobav in kakovosti izdelkov. Vsaka težava mora biti hitro odpravljena, za kar je potrebna fleksibilna delovna sila, ki je zavezana k uspehu podjetja (Waters, 2006).

Lubben (1988) pravi, da JIT sistemi delujejo stroškovno učinkovito v različnih segmentih proizvodnje, zato loči med tremi skupinami. JIT pozitivno vpliva na stroškovno učinkovitost:

- Materialov: Podjetja neposredno privarčujejo pri stroških nabave, prevzema, vhodni kontroli in zmanjšanem skladiščnem prostoru. V nadaljevanju lahko JIT sistem omogoči prihranke na račun zmanjšanja števila dobaviteljev, razvoja dolgoročnih pogodb, nižjih cen s strani dobaviteljev, odstranitve zalog itn.
- Proizvodnje: Proizvodna funkcija vključuje inženiring (oblikovanje in razvoj izdelkov), proizvodnjo in aktivnosti nadzora kakovosti. V JIT sistemu so navedene funkcije v tesni povezavi, zato ima izdelek v njegovem življenjskem ciklu več možnosti za profitabilnost. Nekateri prihranki so posredni npr. manj možnosti, da podjetje izgubi kupca na račun dobre kakovosti.
- Prodaje: do prihranka na strani prodaje pride na račun stabilnega glavnega razporeda proizvodnje in zmanjšanja prekrivanja funkcij (kontrola izdelkov in testiranja) med dobaviteljem in kupcem.

JIT ponuja način zmanjšanja zalog (podjetje Hay je zmanjšalo količino zalog za 90 %). V splošnem JIT nudi naslednje koristi (Waters, 2006):

- znižanje zalog skozi celoten proces proizvodnje,
- posredne koristi na račun zmanjšane zaloge, kot sta manjša poraba prostora in nižji režijski stroški,
- nižji stroški nabave na račun rutinskih postopkov,
- hitrejši in bolj usklajen tok materiala, ki omogoča krajše dobavne roke,
- boljša produktivnost, uporabnost in zmogljivost resursov,

- poenostavljeno planiranje proizvodnje z manj administracije,
- višja kakovost izdelkov ob manjši količini izmeta in odpadkov,
- boljši odnosi z dobavitelji,
- poudarek na sprotnem odpravljanju težav.

Če se managerji zavežejo k JIT filozofiji, lahko prinese veliko koristi, vendar obstajajo tudi nekatere prepreke, ki jih morajo podjetja premostiti. Uporabniki JIT sistemov navajajo naslednje težave (Waters, 2006):

- visoko tveganje ob uvajanju novih sistemov in operacij,
- visoka začetna investicija in stroški implementacije,
- čas, ki preteče od uvedbe do pomembnih rezultatov je dolg,
- težave pri dobaviteljih pri uvedbi JIT zahtev in metod,
- potreba po stabilni proizvodnji v času, ko je povpraševanje zelo variabilno ali sezonsko,
- zmanjšana fleksibilnost pri specifičnih željah kupcev,
- težave in stroški pri skrajševanju časov menjave orodja,
- pomanjkanje zaveze, sodelovanja in zaupanja v organizaciji,
- težave pri povezovanju JIT konceptov v druge segmente podjetja npr. računovodstvo,
- povečan stres na delovnem mestu in nezmožnost delavcev za sprejemanje novododeljenih odgovornosti.

V kolikor je JIT pravilno implemenitran, je njegov doprinos podjetju velik, neprestano izboljševanje in optimiziranje procesov pa ima ključno vlogo.

3 KANBAN

3.1 Pojmovanje in koncept

V literaturi ima beseda kanban več pomenov. Lahko se uporablja v smislu kanban sistema za planiranje proizvodnje, po drugi strani pa veliko avtorjev uporablja besedo kanban za kartico, ki prenaša kanban signal. Ponekod je mogoče zaslediti tudi uporabo besede kanban v smislu kanban zabojnika.

Kanban se je razvil v sklopu TPS (Junior & Filho, 2010), kot orodje za vodenje toka proizvodnje in materiala ter je del sistema JIT, le-ta pa je del širšega pojma vitke proizvodnje (angl. *lean manufacturing*). Drugi del vitke proizvodnje predstavlja koncept *jidoka* (jap.). *Jidoka* je koncept, ki stremi k avtomatizaciji proizvodnje zato, da zaposleni lahko izvajajo več opravil, pri katerih dodajajo vrednost. Kanban deluje po vlečnem principu, kar pomeni, da proces začne proizvajati izdelke šele, ko jih naslednji proces povleče naprej (Cimorelli, 2013). Kanban je orodje, ki nadzoruje logistične procese predvsem z vidika proizvodnje. S kanbanom si podjetja želijo dosegati prednosti, ki jih ponuja JIT filozofija (Al-Baik & Miller, 2015).

Junior in Filho (2010) navajata štiri glavne karakteristike kanban sistema:

- uporaba vizualnih komunikacijskih signalov (navadno sta signala dva: proizvodni in transportni),
- proizvodnja po principu vlečenja,
- decentraliziran nadzor materialnega toka (izvajajo ga delavci na vsakem koraku proizvodnega procesa),
- omejena nedokončana zaloge (angl. *work in progress*, v nadaljevanju WIP).

Rahman, Sharif in Esa (2013) pravijo, da je glavni cilj kanbana dvig produktivnosti ob zmanjšanju odpadkov, medtem ko Naik, Kumar in Goud (2013) opredeljujejo cilj kanbana kot ustvarjanje vizualnih indikatorjev, na podlagi katerih se delavci odločajo koliko izdelkov proizvajati in kdaj.

Kanban podaja način vlečenja materiala (lahko so surovci, sestavni deli, komponente ali polizdelki) v proizvodni proces in skozenj. Kanban nudi odgovore na naslednja vprašanja (Cimorelli, 2013):

- kaj je treba povleči v proizvodni sistem,
- kdaj je to potrebno,
- koliko in
- kam je potrebno material povleči.

Kanban najbolje deluje, če je povpraševanje stabilno in predvidljivo, lahko pa se tudi prilagaja drugačnim okoliščinam. Različni faktorji vplivajo na to, ali je uporaba kanbana smiselna, kot na primer stroški, letne proizvedene količine, dobavni roki in velikost proizvodne serije. Poleg tega mora podjetje za uspešno dolgoročno delovanje kanban sistema vpeljati tudi druge JIT koncepte (Cimorelli, 2013). Kanban sistem avtorizira proizvodnjo določenega obdelovanca šele, ko se pojavi dejansko povpraševanje po tem obdelovancu (Rahman et al., 2013).

3.2 Prednosti in slabosti

Večina podjetij implementira kanban sistem zato, ker znižuje stroške, ki nastanejo zaradi presežne proizvodnje. Poleg tega kanban razvija fleksibilne delovne postaje, zmanjšuje odpad, krajša čakalne čase in splošno znižuje stroške logistike. Z uspešno uvedbo kanbana se znižajo tudi stroški držanja zaloge in režijski stroški (Rahman et al., 2013). S kanban sistemom se podjetja izognejo situacijam pomanjkanja materiala in hkrati zmanjšajo stroške delovne sile (Svirčević, Simić & Ilin, 2013). Ker tovrsten sistem deluje na vizualnem principu, je enostaven za razumevanje in zanesljiv (Kouri et al., 2008).

Cimorelli (2013) navaja naslednje prednosti kanban sistema za planiranje proizvodnje:

- enostavnost: nadzor procesov je enostaven in viden,
- odzivnost: vlečni principi se hitro odzovejo na zahteve kupcev,
- zmanjšana zaloga in minimizacija odpadkov: kanban omejuje presežno proizvodnjo,
- izboljšana produktivnost: kanban nadzoruje in usklajuje vse procese izdelave,
- prenos odgovornosti: premikanje kartic (signala) opravljajo delavci, ki na ta način sami sprejemajo odločitve glede vodenja zalog,
- izboljšana komunikacija: kanban točno opredeljuje, kdo opravlja določene naloge,
- pospeševanje vsakodnevnih izboljšav: kanban spodbuja kontinuirane izboljšave.

Svirčević et al. (2013) na podlagi študije implementacije kanbana v podjetju Lames, d. o. o., ugotavljajo, da kanban optimizira zaloge v podjetju. Podjetje Lamas, d.o.o., po implementaciji kanbana deluje brez odvečnih zalog, poleg tega ne prihaja do zaustavitve proizvodnje zaradi pomanjkanja materiala. Pred kanbanom so delavci v skladišču porabili veliko časa za spremljanje zalog na policah, saj so na liste zapisovali šifre in količine materiala, ki bi morale biti naročene in so za to potrebovali veliko časa.

Junior in Filho (2010) povzemata dela številnih avtorjev in omenjata morebitne pomanjkljivosti kanban sistema. Kanban ni dober v primerih, kjer se pojavlja nestabilno povpraševanje in kjer so časi procesov proizvodnje neenakomerni. Pri implementaciji kanbana lahko tudi pride do težav, če so proizvodne operacije nestandardizirane in nastavitveni časi strojev dolgi. Prav tako lahko nastanejo težave, če dobavitelji zamujajo z dobavami. Kanban sistem se ne izkaže dobro v podjetjih, kjer ni zanesljivih proizvodnih procesov. Podjetja, ki imajo širok asortima proizvodov, prav tako niso primerna za kanban planiranje proizvodnje (Jarupathirun, Ciganek, Chotiwankeawmanee & Kerdpitak, 2009). Druge slabosti kanban sistema so (Kouri et al., 2008):

- neproduktivno delo na račun rokovanja s karticami;
- v primerih povečanja proizvodnje ali zmanjšanja lot količine se poveča gibanje kartic;
- kartice se lahko izgubijo ali niso dostavljene na pravilno lokacijo;
- kartice niso premaknjene v istem trenutku, kot je material potrebovan, zato vedno prihaja do časovnih zamud;
- vsakršna sprememba v proizvodnji (npr. lokacij proizvodnih linij, vmesnih skladišč itn.) pomeni zamenjavo vseh kartic.

S tem, ko so zaloge čim manjše, je tudi možnost zaustavitve proizvodnje v primeru raznih težav večja. Po drugi strani je to hkrati prednost, saj se podjetja tega zavedajo in ne dopuščajo napak ter preventivno razmišljajo o morebitnih težavah. V kolikor podjetje drži višje zaloge, pomanjkljivosti sistema pridejo na dan kasneje. S tem je motivacija za optimiziranje procesov manjša.

3.3 Izzivi pri implementaciji

Rahman et al. (2013) opozarjajo na nekatere faktorje, ki morajo biti upoštevani in zagotovljeni, da je implementacija kanban sistema uspešna:

- **Zaloga:** Brez dobrega managementa zalog podjetje ne more zasledovati strategije nizkih stroškov. Heizer in Render (2005) razdelita zalogo v štiri kategorije: zaloga surovcev, WIP zaloga, zaloga končnih izdelkov in zaloga zaradi vzdrževanja in popravil. Z zalogo so povezani stroški (stroški držanja zaloge, prostor itn.), zato je optimizacija zalog pomembna naloga podjetja.
- **Sodelovanje z dobavitelji:** Ker je glavni cilj kanbana minimiziranje zalog, je potrebna velika podpora s strani dobaviteljev, ki morajo biti odzivni in učinkoviti pri dobavljanju surovcev. Obveza dobaviteljev igra ključno vlogo pri zagotavljanju proizvodnje brez zastojev. V JIT filozofiji so dobavitelji dojeti kot partnerji. Pri izboru dobaviteljev morajo podjetja upoštevati več kriterijev, ki naj bi jih dobavitelji dosegali. Dobavitelji morajo zagotavljati kakovostne izdelke in si morajo želei tesnega sodelovanja ter medsebojne pomoči. Poleg tega morajo imeti dobavitelji dobro tehnično podkovan kader, ponujati morajo dobre cene in biti geografsko (lokacijsko) dobro postavljeni (Waters, 2003).
- **Nadzor kakovosti:** JIT je eden izmed elementov celostnega obvladovanja kakovosti (angl. *total quality management*). Najbolj optimalno delovanje JIT je doseženo, ko vsi dobavljeni izdelki dosegajo določene standarde. V naslednji proces v proizvodni verigi potujejo samo dobri izdelki. Za to obstajajo številni razlogi: visoka kakovost izdelkov daje konkurenčno prednost podjetju pred ostalimi podjetji in dolgoročno znižuje stroške, kupci se navadijo na izdelke dobre kakovosti in jih ne zadovoljijo več slabši izdelki. Tradicionalna podjetja zaznavajo visoko kakovost kot strošek in menijo, da je minimalna zahtevana kakovost s strani kupcev dovolj dobra. Organizacije, ki se poslužujejo kanban sistema pa so prepričane, da visoka kakovost dejansko znižuje stroške in neprestano iščejo možnosti za izboljševanje kakovosti proizvedenih izdelkov.
- **Sodelovanje zaposlenih in vodilnih kadrov:** Vodilni kadri morajo konstantno osveščati zaposlene glede filozofije JIT. Vsi zaposleni morajo biti vpeti v optimiziranje procesov in tudi biti deležni pohval/nagrad ob uspešnih izboljšavah procesov.

3.4 Kanban signal – vizualne kartice

Kanban je v bistvu sistem naročanja po principu točke ponovnega naročila. Porabnik (lahko je v podjetju ali izven njega) materiala signalizira dobavitelju, ko je dodaten material potreben. Signal se imenuje kanban in je lahko različnih oblik, najpogosteje pa je to kartica. Kartica (oz. signal) vsebuje ustrezne informacije v obliki teksta, navadno so to (Cimorelli, 2013):

- podatki o dobavitelju: naziv in šifra dobavitelja, lokacija dobavitelja;
- podatki o izdelku: ID številka, opis, količina;
- podatki o porabniku: lokacija, kanban številka.

Kartica vsebuje zaporedno številko kanbana in celotno število kanbanov, saj je na ta način lažje ugotoviti, če katera izmed kartic manjka in je hkrati enostavno voditi FIFO koncept (angl. *first in-first out*). Za enostavno povezavo med kanbanom in izdelkom, kateremu je kanban dodeljen, je smiselno, da je na kartici tudi slika izdelka. Barva kartic se lahko razlikuje glede na pripadnost izdelka npr. črna kanban kartica za ves material, ki služi za izdelavo končnega izdelka A, rumena kartica za material, ki se uporablja v končnem izdelku B, bela kartica za material, ki se v uporablja v različnih končnih izdelkih (Svirčević et al., 2013). Poleg omenjenih podatkov lahko kartica zajema tudi druge podatke, odvisno od posameznih potreb podjetja.

Kanban kartica se prenaša po podjetju vertikalno in horizontalno, lahko pa se prenaša tudi med različnimi podjetji (med podjetjem in dobaviteljem). Obstajajo tri vrste kartic, ki se uporabljajo za različne namene, zato so tudi informacije, ki jih prenašajo, različne (Cimorelli, 2013):

- Transportni kanban: Avtorizira delovno postajo, da lahko pridobi izdelke iz prejšnjega proizvodnega procesa. Podatki, ki jih kartica prenaša, so: ident izdelka, opis izdelka, količina prenosa, lokacija, iz katere so izdelki prenešeni, in lokacija, do katere so izdelki prenešeni.
- Proizvodni kanban: Avtorizira prejšnjo delovno postajo, ki je zadolžena za proizvodnjo, da začne proizvajati izdelek. Ključni podatki, ki jih kartica prenaša, so: ident potrebnega izdelka, opis potrebnega izdelka, potrebna količina, lokacija odlaganja proizvedenega izdelka, lokacija in opis procesa proizvodnje.
- Dobaviteljev kanban: Avtorizira dobavitelja (zunaj podjetja) za dostavo izdelkov na delovno postajo. Ključni podatki na kaban kartici, so: ident izdelka, opis izdelka, naziv dobavitelja, dobavna količina in lokacija dostave izdelkov.

Slika 4: Primer transportne kanban kartice

T Ident postavke: xxxx Naziv postavke: xxxxxxxxxxxx Količina v embalažni enoti: xxxx Številka kanbana: xxx od xxx	Z delovnega mesta: xxxxx Z odlagalnega mesta: xxx
	Na delovno mesto: xxxxx Na odlagalno mesto: xxx

Vir: T. Ljubič, *Operativni management proizvodnje*, 2006, str. 311.

Slika 5: Primer proizvodne kanban kartice

P Delovno mesto: xxxx Ident izdelka: xxxx Naziv izdelka: xxxxxxxxxxxx Količina v embalažni enoti: xxxx Odložiti na odlagalno mesto: xxx	Material in sestavni deli: Ident postavke: xxxx Naziv: xxxxxxxxxxxx Z odlagalnega mesta: xxx Ident postavke: xxxx Naziv: xxxxxxxxxxxx Z odlagalnega mesta: xxx
---	--

Vir: T. Ljubič, *Operativni management proizvodnje*, 2006, str. 311.

Slika 4 prikazuje primer transportne kanban kartice, Slika 5 pa primer proizvodne kanban kartice.

Turner, Ingold, Lane, Madachy in Anderson (2012) pravijo, da je kartica dodeljena vsakemu zabojniku (embalažni enoti). Ko so vse kartice oddane, se proizvodnja ustavi in ponovno začne obratovati šele, ko se katera izmed kartic sprosti.

Točka naročila, ko je kanban signal poslan, mora biti primerna, da zadosti potrebam v času dobavnega roka dostave materiala. Ko kanban signal poteka med dvema zaporednima operacijama na proizvodni liniji, bo točka naročila zelo nizko postavljena, ko pa signal poteka med podjetjem in zunanjim dobaviteljem, kjer je dobavni rok daljši, mora biti signal

poslan dovolj zgodaj (če je signal poslan prepozno, podjetju zmanjka zalog in pride do zaustavitve proizvodnje). Zato je pomembno, da je točka naročila postavljena dovolj visoko, da omogoča zadovoljitev pričakovanega povpraševanja v času, ki preteče od naročila do dostave izdelka, poleg tega pa mora obstajati varnostna zalog, ki prepreči zaustavitev proizvodne linije v primeru raznih variacij v povpraševanju. Dobavitelji morajo sodelovati pri planiranju proizvodnje, saj se tako lahko hitro odzovejo na spremembe dobavnih rokov, velikosti proizvodnih serij, napovedi povpraševanja, transporta in podobnih procesov. Podjetja morajo vključiti dobavitelje tudi pri razvoju kanban signala, saj bodo skupaj našli najbolj optimalne rešitve (npr. kje pobrati material in kje ga dostaviti) (Cimorelli, 2013).

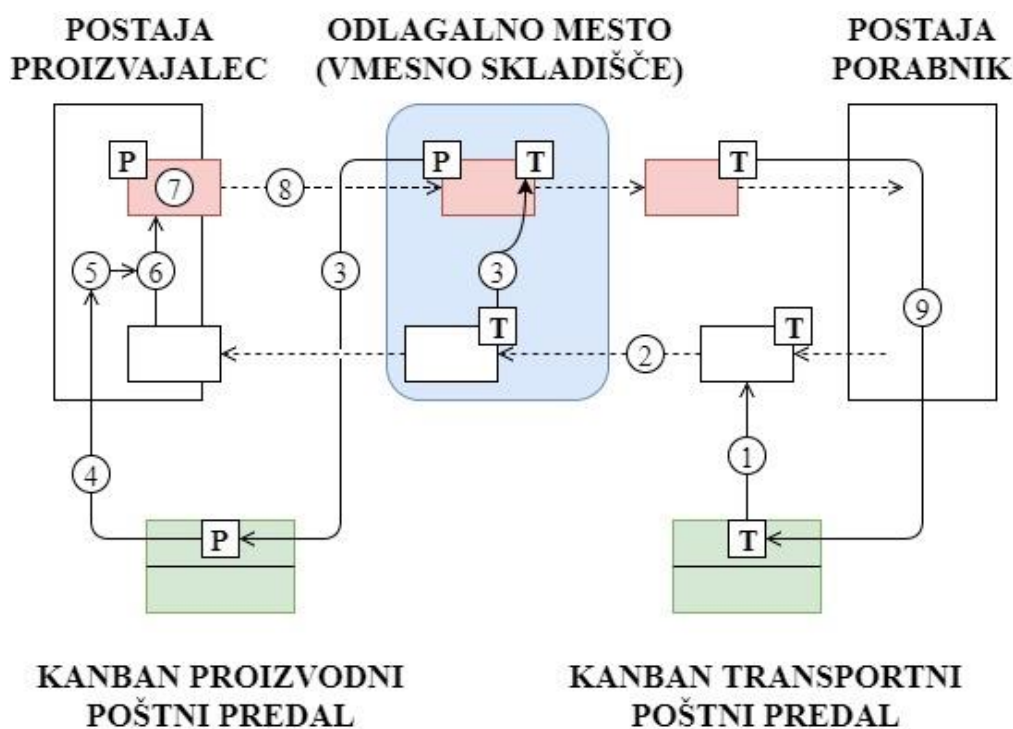
3.4.1 Sistem z eno kartico

Sistem z eno kartico uporablja samo proizvodno kanban kartico, ki služi kot delovni nalog za delovno postajo izdelovalca in hkrati kot sprožilec proizvodnje predhodne delovne postaje. Tak sistem je primeren na avtomatiziranih delovnih postajah (brez stalne prisotnosti delavca), kjer obdelovanci ne potrebujejo posebnega transportnega sredstva (Ljubič, 2006).

3.4.2 Sistem z dvema karticama

Sistem z dvema karticama uporablja proizvodni kanban in transportni kanban. Na Sliki 6 je prikazan potek regulacijskega kroga, ki se začne na postaji porabnika v trenutku, ko nastopi dejanska potreba po obdelovancu (Ljubič, 2006).

Slika 6: Delovanje sistema z dvema kanbanoma



Vir: T. Ljubič, *Operativni management proizvodnje*, 2006, str. 311.

1. Delavec iz transportnega poštnega nabiralnika vzame ustrezen transportni kanban in ga preda delavcu, ki je zadolžen za transport.
2. Za transport zadolženi delavec pripelje prazen zaboj za obdelovance na vmesno skladišče (na točno predvideno mesto).
3. Z mesta (v vmesnem skladišču), ki je navedeno na transportnem kanbanu, vzame poln zaboj obdelovancev in jih prepelje na postajo porabnika. Nato na tem zaboju zamenja pritrjeni proizvodni kanban s transportnim kanbanom. Transportni delavec nese prosti proizvodni kanban, ki je odstranjen z zaboja, v proizvodni poštni predal proizvajalčeve postaje.
4. Proizvodni kanban, ki ga vzame delavec postaje proizvajalca iz poštnega nabiralnika, služi kot delovni nalog.
5. Na postaji proizvajalca se izdelajo obdelovanci, ki so navedeni v proizvodnem kanbanu v zahtevani količini.
6. Ko so obdelovanci izdelani, jih položi v prazen zaboj, ki prispe iz vmesnega skladišča.
7. Napolnjenemu zaboju delavec dodeli ustrezen proizvodni kanban.
8. Transportni delavec prepelje zaboj na predvideno mesto v vmesnem skladišču.
9. Regulacijski krog se zaključi na postaji porabnika. To se zgodi takrat, ko je iz zaboja odvzet transportni kanban (dodeljen v tretjem koraku) in odložen v poštni predal transportnega kanbana.

Procesi elektronskega in pametnega kanbana so podobni. Nekatere aktivnosti (npr. fizično premikanje kartic) so zaradi elektronskega delovanja odstranjene, zato so taki sistemi bolj učinkoviti.

3.5 Izračun števila zabojnikov

V literaturi je mogoče najti veliko različnih načinov izračuna števila kanbanov. Enačba (1) prikazuje najpogostejše naveden izračun števila kanban zabojnikov (Ljubič, 2006):

$$m = \frac{R \times t_{ob} \times (1 + w)}{a}, \quad (1)$$

kjer je:

- m = število kanbanov,
- R = povprečna dnevna potreba po obdelovancu,
- t_{ob} = čas izdelovanja na postaji oz. dobavni rok (v dnevih),
- w = varnostni faktor (običajno med 0,1 in 0,2),
- a = zmogljivost embalažne enote.

Enota merjenja povprečne potrebe (R) in dobavnega roka se lahko spreminjata (npr. ure), pri tem pa je treba paziti, da sta enaka.

Končni rezultat se zaokroži na celo število. Če se ga zaokroži navzgor se bo to odražalo na večji nedokončani (WIP) zalogi in torej večji varnosti, v nasprotnem primeru pa bo potrebno izboljšati proces in s tem skrajšati čas obdelave (če gre za kanban dobavitelja, se je potrebno dogovoriti za krajši dobavni rok) (Ljubič, 2006).

3.6 Vitko okolje

Cimorelli (2013) pravi, da je pomembno razumeti, da kanban deluje znotraj JIT okvirja. To pomeni, da podjetje ne more doseči JIT okolja brez kanbana. Po drugi strani to tudi pomeni, da vpeljava kanbana ni mogoča, dokler podjetje ne zasleduje ciljev JIT oz. vitkega okolja.

Vitka proizvodnja (proizvodnja, ki deluje znotraj vitkega okolja) je koncept, ki zagovarja vodenje proizvodnih procesov brez odpadkov. Odpad predstavlja vsak odmik od minimalno potrebnih resursov, ki so nujni za proizvodnjo (Rahman et al., 2013).

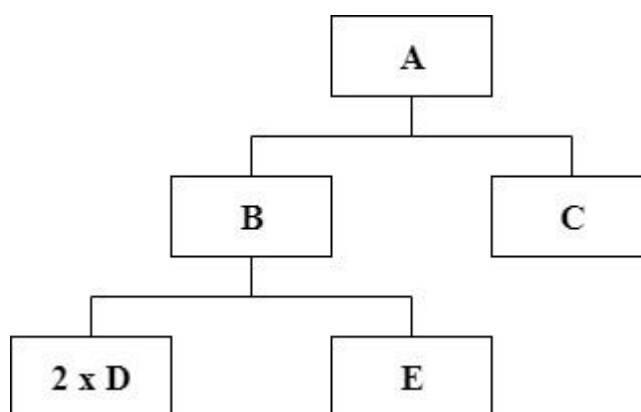
3.6.1 Takt

Takt je količnik med dnevnim razpoložljivim delovnim časom montažne linije in povprečnim dnevnim povpraševanjem kupca. Takt je torej čas, v katerem mora vsaka delovna postaja narediti izdelek, da bo zadovoljeno povprečno dnevno povpraševanje. Če traja takt 30 sekund, mora biti vsaka delovna postaja sposobna opraviti svojo nalogo v manj kot 30 sekundah. V kolikor delovna postaja potrebuje za izvedbo naloge daljši čas kot znaša takt, je smiselno bodisi odstraniti nepotrebne aktivnosti (in na ta način skrajšati cikel izdelave) bodisi premakniti nekaj dela na drugo delovno postajo, kjer je cikel izdelave krajši od takta. Delovne postaje, pri katerih je cikel veliko krajši od takta, predstavljajo priložnost za zmanjšanje stroškov montažne linije. Če je mogoče združiti dva ali več montažnih procesov (pod pogojem, da je vsota ciklov še vedno manjša od takta), lahko montažna linija obratuje z manjšim številom delavcev. Ko je linija uravnotežena, je smiselna vpeljava kanban sistema za vlečenje produktov s hitrostjo, ki zadovolji potrebe kupcev (Cimorelli, 2013).

3.6.2 Sprememba stanja zalog materiala

V MRP okoljih se stanje zaloge posameznih komponent spreminja po vsakem koraku izdelave končnega izdelka, medtem ko se pri kanbanu stanje zalog vseh posameznih komponent spremeni šele, ko je končni izdelek prodan ali prenešen na zalogo končnih izdelkov – to imenujemo *backflushing* (Cimorelli, 2013; Naik et al., 2013).

Slika 7: Kosovnica izdelka A



Vir: S. Cimorelli, *Kanban for the Supply Chain*, 2013, str. 11.

Slika 7 prikazuje enostaven primer kosovnice za končni izdelek A. Denimo, da obstaja naročilo za 50 kosov polizdelka B. Za izdelavo je potrebnih 100 kosov komponente D in 50 kosov komponente E. V MRP okoljih je za prenos zaloge potrebno zmanjšati količino razpoložljive zaloge tako komponente D kot komponente E. Ko je naročilo narejeno je 50 kosov polizdelka B danega na zalogo, ponovno pa se izvede prenos zaloge, v tem primeru se količina izdelkov B poveča za 50 kosov. Ko podjetje dobi naročilo za izdelek A, se ta proces ponovi, izdelka B in C bosta potrebna za izdelavo, torej se bo njihova razpoložljiva zaloga zmanjšala, izdelek A pa bo prodan ali prestavljen na zalogo končnih izdelkov. Kanban deluje po principu ročno-vizualnega vodenja zalog, zato ne potrebuje posodobitev glede stanja zalog v realnem času. Proces, ki so potrebni za prenos zaloge, so lahko časovno potratni, zato jih podjetja, ki uporabljajo kanban, želijo odstraniti in ta čas izkoristiti bolje. *Backflush* proces se izvede, ko je naročilo izdelka A končano. Takrat se v skladu s kosovnico izvede prenos zaloge uporabljenih komponent. V tem primeru bi se stanje zalog komponent B, C, D in E zmanjšalo za porabljeno količino (Cimorelli, 2013).

3.6.3 Vpliv vitke proizvodnje na kanban

Glavni cilj vitke proizvodnje je neprestano odpravljanje odpadkov. Odpadki so vse aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti končnemu izdelku ali procesom v podjetju. Cimorelli (2013) navaja naslednje odpadke, ki so povezani s kanbanom:

- **Presežna proizvodnja in zaloga.** Proizvajanje ravno tolikšne količine, kot je potrebna, je ključni princip kanban/JIT filozofije. Vsak presežek proizvodnje potrebuje prostor in upravljanje z njim, ter povzroči zamude proizvodnje izdelkov, ki jih kupec dejansko potrebuje. MRP sistemi proizvajajo glede na napoved povpraševanja, zato se lahko generira zaloga, ki jo podjetje nikoli ne proda. Vsa zaloga, ki ni potrebna takoj, je odpad.
- **Čakanje.** Vse aktivnosti, ki jih izvajajo delavci in ne dodajajo vrednosti izdelku ali procesu so smatrani kot odpad (npr. čakanje materiala in čakanje na prejšnjo aktivnost, da se konča). Zato je pomembno, da je kanbanov vlečni signal planiran tako, da zagotovi

material iz prejšnje delovne postaje ravno ob pravem času. Ker je v realni proizvodnji težko zagotoviti, da material prispe ravno v pravem času, je bolje, da material prispe nekoliko prej. Pri tem je potrebna previdnost, saj, če material redno prihaja na delovno mesto prej, kot je dejansko potrebovan, se to lahko odraža na nepotrebnih zalogi.

- **Transport.** Ker transport ne dodaja vrednosti izdelku ali procesu se ga smatra kot odpad. Transport je v proizvodnji neizogiben, lahko pa ga podjetja minimizirajo. Idealno je, če podjetje minimizira transport do te točke, da vizualni signal poteka med notranjim (v podjetju) porabnikom in dobaviteljem in omogoči delovanje na principu enega samega kanbana v enoizdelčnem toku materiala. Enoizdelčni tok materiala proizvaja po en izdelek v kontinuiranem proizvodnem procesu s stopnjo, ki jo definirajo potrebe kupcev (takt), in s čim manj čakanja. Transport je mogoče zmanjšati tudi na ta način, da se material (dobavljen s strani dobaviteljev ali proizveden v podjetju) hrani v bližini delovne postaje, kjer bo uporabljen.
- **Odvečno premikanje.** Primeri odvečnega premikanja delavcev so: iskanje materiala, zlaganje materiala, pobiranje in prelaganje različnih stvari, nošenje, iskanje želenih informacij ipd. Za izognitev tovrstnim aktivnostim, ki ne dodajajo vrednosti, si podjetja lahko pomagajo z različnimi napravami. Poleg tega bi podjetja morala odkriti in standardizirati najboljše prakse.
- **Napake.** Večina napak se zgodi zaradi nepravilnih ali slabo definiranih postopkov in standardov, prevelikih varianc med stroji in koraki med dejanskimi operacijami, poškodovanih ali neenakomernih dimenzij materialov, izrabljenih strojev in človeških napak. Uporaba nepravilnih (defektnih) produktov v proizvodnji posredno poveča tudi ostale odpadke, saj povzroči, da presežna proizvodnja zamenja izdelke slabe kvalitete in tako podjetja ustvarjajo neuporabno zalogo. To lahko tudi privede v izdelavo dodatne varnostne zaloge, s katero bi podjetja zamenjala morebitne nekakovostne izdelke. Poleg tega se podjetja soočajo s podvojenim čakanjem, transportom in premikanjem, ki so potrebni za izdelavo novih, kakovostnih izdelkov. Cilj vitke proizvodnje je izdelava produktov z nič odstotno stopnjo defektov.

Podjetja težko popolnoma odstranijo aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti, lahko pa jih minimizirajo z vpeljavo principov vitke proizvodnje. S predanostjo in kontinuiranimi izboljšavami (jap. *kaizen*) vsakega delavca lahko podjetja dosežejo optimizacijo operacij na vseh ravneh (Cimorelli, 2013).

4 ELEKTRONSKI KANBAN

4.1 Cilji in razvoj

Razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije ponuja priložnost za razvoj bolj avtomatiziranega in naprednega kanban sistema (Kouri et al., 2008). Podjetje Toyota je predstavilo nadgradnjo kanban sistema: e-kanban. Predpona »e« ponazarja elektronsko komunikacijo, saj je celoten sistem upravljan s strani računalnikov v realnem času (Naik et

al., 2013). E-kanban sistem uporablja informacijsko tehnologijo (v nadaljevanju IT) kot sprožilec gibanja materiala po oskrbovalni verigi (Jarupathirun et al., 2009). Z uporabo računalnikov se količina podatkov bistveno poveča (Guo, Teng, Li, Wan & Jiang, 2013). E-kanban je variacija kanbana z nekaj spremembami, zato vse značilnosti, ki veljajo za kanban, veljajo tudi za e-kanban (Guo et al., 2013; Junior & Filho, 2010). Mayilsamy in Kumar (2014) sta mnenja, da je prav to največja prednost e-kanbana pred tradicionalnim kanbanom, saj mu je zelo podoben, le signali potujejo veliko hitreje.

Globalna konkurenca, povečan asortiman izdelkov in velike razdalje med dobavitelji v oskrbovalni verigi so razlogi za povečano kompleksnost kanban aplikacij, kar se odraža v večjem številu napak, kot so zamude, izgubljene kartice in napačne dobave. Poleg tega tradicionalni kanban ne omogoča sledenja in monitoringa fizičnih kartic. Zaradi velikega napredka informacijskih tehnologij in naštetih pomanjkljivosti tradicionalnega kanbana je želja po izboljšani verziji kanbana logična. E-kanban sistem ponuja rešitev, pri kateri so človeške napake minimizirane, omogočeno pa je tudi sledenje in monitoring (Wan & Chen, 2008). MacKerron et al. (2014) pravijo, da podjetja implementirajo e-kanban z namenom izboljšanja managementa oskrbovalne verige, dviga produktivnosti, višje fleksibilnosti, zmanjšanja stroškov dela in skrajšanja dobavnih časov.

E-kanban stremi k bolj uspešni in učinkoviti komunikaciji. Cilji, ki ji e-kanban zasleduje, so (Marikova, 2008):

- skrajšanje časa cikla in dobavnega časa,
- zmanjšanje zaloge,
- sistem FIFO,
- izboljšanje zanesljivosti dobav,
- povečanje fleksibilnosti pri morebitnih zahtevah kupcev,
- iskanje ozkih grl v procesih proizvodnje,
- izboljšanje zanesljivosti planiranja.

Zhang, Wang, Wu in Li (2015) pravijo, da so glavni cilji e-kanbana:

- vzpostavitev platforme, kjer so zbrane informacije iz proizvodnih celic;
- povezava s sistemom za načrtovanje sredstev podjetja (angl. *Enterprise Resource Planning*, v nadaljevanju ERP);
- podatki iz proizvodnje linije so v realnem času, kar lahko izboljša skladiščni management;
- na podlagi interakcije med človekom in strojem (angl. *human-machine interaction*) lahko pripravi različne statistične podatke;
- nadzorovanje vseh proizvodnih procesov.

Kouri et al. (2008) predstavijo načrt sistema, v katerem so zapisana temeljna načela e-kanbana. Prvo načelo pravi, da mora e-kanban slediti značilnostim tradicionalnega kanbana, saj so bila razvita na podlagi mnogoletnih izkušenj. Drugo načelo definira, da mora e-kanban spodbujati kontinuirano izboljševanje procesov. Tradicionalni kanban deluje tako, da niža zaloge, dokler se težave ne razkrijejo. Ko se te težave odpravijo, se znižajo zaloge zato, da se razkrivajo nove. E-kanban mora z zajemanjem pravih podatkov pomagati pri neprestanemu izboljševanju. Tretje načelo pravi, da mora biti sistem prijazen uporabniku. JIT spodbuja opolnomočenje zaposlenih, zato mora biti sistem iz njihove perspektive enostaven. Četrto, sistem je lahko uporabljen za reševanje težav, do katerih prihaja pri kanbanu na osnovi kartic. Petič, e-kanban bo pomagal premostiti težave glede kakovosti in materialnega toka v proizvodnji, vendar je prvotna naloga sistema odstranjevanje težav in ne olajšanje proizvodnje, ko težave nastopijo.

Ker implementacija e-kanbana ne predstavlja velike investicije, je razmislek o vpeljavi tega sistema lahko smiselni tudi za manjša in srednje velika podjetja (MacKerron et al., 2014).

4.2 Delovanje

Večina e-kanbanov uporablja radiofrekvenčne identifikacijske čipe (v nadaljevanju RFID) ali črtne kode, ki so nameščeni na zabojnikih. Za interno uporabo podjetja so boljše rešitve RFID čipi, medtem ko so črtne kode bolj pogoste v primerih souporabe zabojnikov z dobaviteljem, saj se prenašajo (Kouri et al., 2008). V večini literature je RFID tehnologija povezana z delovanjem pametnega kanbana, medtem ko je pri e-kanbanu bolj pogosta povezava s črtnimi kodami. Namesto tabel so nameščeni zasloni, ki prikazujejo stanje zalog v vsakem trenutku. Pri e-kanbanu signal ne potuje več s karticami, temveč elektronsko (kartice so odstranjene).

Na zabojnik so nameščene črtne kode. Vsakič, ko je črna koda skenirana, se spreminja status zabojnika, ki je prikazan na računalniških zaslonih. Možni statusi zabojnika so: »prazno«, »v procesiranju«, »v tranzitu« in »polno«. Ko je lot količina odvzeta iz zabojnika, se s skeniranjem črtne kode na tem zabojniku spremeni status iz »polno« v »prazno«. Ko se to zgodi, se samodejno ustvari naročilo, ki je poslano dobavitelju. Dobavitelj lahko prejme naročilo na različne načine. Lahko se naročilo prikaže na vnaprej pripravljeni spletni strani ali pa se samodejno ustvari elektronska pošta, ki je poslana dobavitelju. Od trenutka, ko je signal poslan dobavitelju, se na zabojniku prikaže status »v procesiranju«. V tem času dobavitelj pripravlja nov material, ki ga mora v določenem času dostaviti (MacKerron et al., 2014).

Pri tradicionalnem kanbanu je treba število kartic preračunati in nadzirati. Wang (2012) v simulaciji pokaže, da lahko e-kanban z uporabo določenih algoritmov dinamično spreminja število kanbanov in na ta način zmanjša zamude in optimizira proizvodno linijo.

Elektronsko poslovanje omogoča tudi samodejno ustvarjanje dokumentov. Ko je črna koda na praznem zabojniku skenirana, se ustvari naročilo, ki je samodejno poslano dobavitelju. Podobno, ko je skeniran poln zabojnik končnih izdelkov, se ustvari prevzemnica. Tovrstno delovanje bistveno izboljša procese, ki postajajo vse bolj avtomatizirani.

4.3 Prednosti in slabosti

Hitro spreminjajoča okolja zahtevajo fleksibilno naročanje materialov. Tradicionalni kanban ima pomanjkljivosti, ki se jih lahko odpravi z elektronskim poslovanjem. V splošnem so prednosti e-kanbana pred tradicionalnim kanbanom naslednje (Kouri et al., 2008):

- odstrani težavo izgubljanja fizičnih kartic,
- informacija o potrebi po določenem materialu je dostavljena pravočasno,
- čas upravljanja kartic je minimiziran,
- hitro in učinkovito optimiziranje kanban kartic,
- minimizira obdobja pomanjkanja materiala,
- poveča transparentnost oskrbovalne verige,
- nudi informacije za ocenjevanje dobaviteljev.

Naik et al. (2013) trdijo, da je ključna razlika med tradicionalnim in e-kanbanom to, da je e-kanban bolj učinkovit. Poleg tega je v primeru e-kanbana bistveno povečana transparentnost sistema in to omogoča upravljanje širšega asortimaja materialov brez izgubljanja kartic. V primeru spreminjajočega povpraševanja se e-kanban odzove bolj fleksibilno. MacKerron et al. (2014) dodajajo, da je proces naročanja materiala poenostavljen, zmanjšana pa so tudi administracijska dela. Nadaljnja prednost e-kanbana je, da je povezljiv z ERP sistemom podjetja (Mayilsamy & Kumar, 2014; Houti, Abbadi & Abouabdellah, 2017). Z e-kanbanom je zmanjšana možnost človeških napak (Phumchusri & Panyavai, 2015).

Svirčević et al. (2013) na primeru podjetja Lames, d. o. o., ugotavljajo, da so prednosti e-kanbana pred tradicionalnim kanbanom naslednje:

- odstranitev kartic odstrani tudi možnost njihove izgube, saj izgube kartic močno škodujejo dopolnitvi polic z materialom;
- v primeru sprememb kosovnic ali zmogljivosti proizvodnje programska oprema samodejno spremeni število kanban zabojnikov brez potrebe po tiskanju kartic;
- izboljšano vodenje zalog na račun monitoringa nivoja zalog v sistemu;
- transportnemu delavcu ni potrebno iti do proizvodne celice po proste kanban kartice, kar se izrazi v 15 % prihranku delovnih ur delavca;
- proizvodnim delavcem ni več potrebno pobirati prostih kanban kartic;
- tradicionalnega kanban sistema ni mogoče implementirati v primerih, ko je pretok materiala premajhen za uporabo dveh zabojnikov.

Jarupathirun et al. (2009) so v študiji primera analizirali razlike pred in po uvedbi e-kanbana. Izkaže se, da je implementacija e-kanbana s skrajšanjem in odstranitvijo nekaterih procesov upravljanja tradicionalnega kanbana (npr. premikanje kartic) skrajšala celotni čas, ki je potreben od prejema blaga do dostave blaga na ustrezno proizvodno celico za približno 25 %. Poleg tega je študija pokazala, da je e-kanban povzročil prihranek prostora in skladiščnih stroškov ter zmanjšanje števila zabojnikov.

Razvoj e-kanbana temelji na odstranjevanju oz. minimiziranju pomanjkljivosti tradicionalnega kanban sistema. Iz tega razloga v literaturi ni posebej opredeljenih slabosti e-kanbana. Marikova (2008) vseeno pravi, da ima e-kanban tudi nekatere slabosti:

- manjša vizualizacija proizvodnje,
- nezmožnost postavljanja prioritet,
- zmanjšana fleksibilnost proizvodnje.

Houti et al. (2017) odgovarjajo na zgoraj navedene slabosti e-kanbana in se z njimi ne strinjajo. Po njihovem mnenju je vizualizacija možna tudi pri e-kanbanu z razliko, da so podatki predstavljeni v elektronski obliki (npr. zasloni). Prioritete so postavljene glede na posebne razmere v različnih oddelkih (npr. prodaje) in se lahko obravnavajo tudi pri e-kanbanu preko ERP sistema. Izboljšanje fleksibilnosti je enostavnejše z uporabo e-kanbana, saj ima tradicionalni kanban v primeru širokega asortimaja izdelkov omejitve.

5 PAMETNI KANBAN

Poglavje je razdeljeno na več podpoglavij. V podpoglavjih 5.1 in 5.2 so opisani koncepti, ki so pomembni za razvoj pametnega kanbana. Pametni kanban je kanban sistem, v katerem so uporabljene sodobne tehnologije, kot so RFID, senzorji, kamere, oblaki idr. z namenom bolj učinkovitega in avtomatiziranega delovanja. V poglavju 5.3 so opisani načini uporabe novodobnih tehnologij v pametnem kanban sistemu.

5.1 Industrija 4.0

Z aplikacijo avtomatizacije in informacijskih sistemov s sistemi, kot sta npr. ERP in angl. *manufacturing execution system* (v nadaljevanju MES), so podjetja znatno dvignila raven produktivnosti. Kljub temu se trenutna industrijska proizvodnja sooča s številnimi izzivi, saj si končni kupci želijo izdelkov, ki so zelo specifični in v majhnih proizvodnih serijah. Današnja proizvodnja za take zahteve ni najbolj primerna. Novodobni proizvodni obrati morajo dosegati tako visoko fleksibilnost in učinkovitost kot tudi nizko porabo energije in nizke stroške. S številnimi naprednimi shemami so že nastali poizkusi, ki bi zmanjšali slabosti današnjih proizvodnih linij npr. FMS (angl. *flexible manufacturing system*) in AMS (angl. *agile manufacturing system*). Med temi najbolj izstopa MAS (angl. *multi-agent*

system), v katerem so proizvodni resursi opredeljeni kot inteligentna sredstva, ki se med seboj dogovarjajo z namenom, da ustvarijo dinamično rekonfiguracijo in povečajo fleksibilnost. Zaradi slabe globalne koordinacije pa tovrstne sheme ne delujejo učinkovito v primerih kompleksnih proizvodnih sistemov (Anderson, 2013).

Pojem Industrija 4.0 je predlagala in nato sprejela nemška vlada v sklopu *High-Tech Strategy 2020 Action Plan* plana o strategiji na visokotehnološkem področju do leta 2020. Industrija 4.0 opisuje produkcijski sistem na osnovi kibernetiko-fizičnih sistemov (angl. *cyber-physical system*, v nadaljevanju CPS), ki vključuje proizvodnjo, proces skladiščenja, logistiko in celo družbene zahteve z namenom vzpostavitve globalne mreže v podjetju. Pametne tovarne (ang. *smart factory*) so pomembna značilnost Industrije 4.0, ki predpisuje vertikalno integracijo in omrežni proizvodni sistem za pametno proizvodnjo. Za implementacijo pametnih tovarn so potrebni pametni stroji in analiza masovnih podatkov (angl. *big data*). Pametni stroji se lahko dinamično rekonfigurirajo in dosežejo visoko stopnjo fleksibilnosti, preko analize masovnih podatkov pa lahko pridemo do globalnih povratnih informacij, s pomočjo katerih izboljšamo učinkovitost. Na ta račun bi lahko pametne tovarne proizvajale bolj specifične izdelke v manjših proizvodnih serijah učinkovito in profitabilno (Wang, Wan, Zhang, Li & Zhang, 2016).

Industrija 4.0 ponuja več različnih priložnosti (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013):

- **Izpolnjevanje individualnih zahtev kupcev.** Omogoča izvedbo specifičnih zahtev v procesih načrtovanja, konfiguracije, naročanja, planiranja in proizvodnje. Poleg tega omogoča opravljanje sprememb v zaključnih fazah proizvodnje ter proizvodnjo majhnih proizvodnih serij z dobičkom.
- **Fleksibilnost.** *Ad hoc* omrežje (neposredna povezava računalnikov brez vmesnih dostopnih točk) na osnovi CPS-jev omogoča dinamično konfiguracijo različnih vidikov v procesih podjetij, kot so na primer kvaliteta, čas, tveganje, stabilnost, cena in ekološka prijaznost. To olajša neprestano zmanjševanje porabljenega materiala in dolžino dobavnih verig, kar se pozitivno odraža na bolj odzivnih tehničnih procesih ter na enostavnejši možnosti njihovih sprememb.
- **Optimizirano odločanje.** Na globalnem trgu je sprejemanje pravih odločitev v kratkem času velikega pomena. Industrija 4.0 omogoča preverjanje pravilnosti sprejetih odločitev že v zgodnjih procesih načrtovanja in bolj fleksibilno upravljanje s težavami ter globalno optimiziranje proizvodnje.
- **Produktivnost in učinkovitost resursov.** Tudi za koncept Industrije 4.0 velja strateški cilj, da z uporabo danih resursov proizvedemo maksimalno količino izdelkov (produktivnost) oz. z minimalnimi resursi proizvedemo želeno količino izdelkov (učinkovitost). Tehnologija CPS omogoča optimizacijo vsakega tehnološkega procesa posebej vzdolž celotne verige vrednosti. Nadaljnja prednost je neprestana optimizacija sistemov na področjih zmanjševanja resursov in porabe energije, brez potrebe po zaustavitvi le teh.

- **Priložnosti za pridobitev vrednosti preko novih storitev.** Industrija 4.0 ponuja nove poti za doseganje vrednosti in nove zaposlitve. Ena od možnosti za pridobivanje vrednosti je uporaba pametnih algoritmov za velike količine različnih podatkov (masovni podatki), ki so zajeti iz pametnih objektov. Poleg tega, zlasti za majhna in srednje velika podjetja ter za zagonska podjetja, predstavlja razvoj storitev za medpodjetniško elektronsko poslovanje (angl. *business-to-business*) veliko priložnost za pridobivanje vrednosti.
- **Odgovor na demografske razlike na delovnem mestu.** Interaktivno sodelovanje med ljudmi in tehnološkimi sistemi ustvarja za podjetja nove načine, ki omogočajo uporabo demografskih razlik v njihovo korist.
- **Razmerje med delom in privatnim življenjem.** Fleksibilnejši organizacijski modeli podjetij, ki uporabljajo CPS-je, bodo dovoljevali boljše usklajevanje med delom in privatnim življenjem ter med osebno in profesionalno rastjo posameznika. Npr. sistemi pametne pomoči bodo delo lahko organizirali tako, da bodo usklajevali zahteve podjetja z osebnimi potrebami zaposlenih.

Podjetje PwC po raziskavi izvedeni v 26 državah po svetu navaja naslednje nove potencialne vire prihodkov, ki bi bili omogočeni z industrijo 4.0 (Geissbauer, Vedso & Schrauf, 2016):

- digitaliziranje proizvodov in storitev v obstoječem portfelju;
- novi digitalni produkti, storitve in rešitve;
- ponujanje masovnih podatkov in analitik kot storitev;
- masovna proizvodnja izdelkov, ki so prilagojeni željam kupcev;
- s pomočjo napredne analitike pridobiti vpogled želja porabnikov in na ta način zadeti novo tržno nišo;
- povečanje tržnega deleža glavnih produktov.

Prav ta raziskava navaja tudi možne vire za znižanje stroškov in povečanje učinkovitosti v podjetju (ibid):

- kontrola kakovosti na licu mesta s pomočjo analize masovnih podatkov;
- koncepti modularne in fleksibilne proizvodnje ter proizvodnje glede na zahteve kupca;
- vpogled v procese in variance proizvodov v realnem času ter njihova optimizacija s pomočjo analize podatkov;
- napovedno vzdrževanje ključnih dobrin z uporabo algoritmov;
- vertikalna integracija senzorjev v sistem MES in planiranje proizvodnje v realnem času z namenom izboljšanja izkoriščenosti delovnih elementov, kar se odraža na skrajšanju pretočnega časa izdelka skozi proizvodni cikel;
- horizontalna integracija in sledenje blagu za boljše obvladovanje zalog;
- nadomestitev fizičnega dela z digitalizacijo in avtomatizacijo procesov ter izkoriščanje človekovih kompetenc za doseganje hitrejših operacij;
- povečanje obsega zaradi večjega tržnega deleža glavnih produktov.

Pomemben pojem, ki se pojavlja v kontekstu 4. industrijske revolucije, je internet stvari.

5.2 Internet stvari

5.2.1 Definicija

Pojem »internet stvari« (angl. *internet of things*) je prvi uporabil soustanovitelj in izvršni direktor podjetja Auto-ID center Kevin Ashton, na predstavitvi leta 2009, kjer je predstavil implementacijo tehnologije RFID v oskrbni verigi podjetja Procter & Gamble. Besedna zveza »internet stvari« se je v naslednjih letih začela pojavljati vse pogosteje (Ashton, 2009).

Internet stvari povezuje različne naprave v omrežje, kar omogoča zbiranje informacij in upravljanje teh naprav preko programske opreme z namenom izboljšanja učinkovitosti, ustvarjanja novih storitev ali doseganja zdravstvenih, varnostnih in/ali okoljskih koristi (Jankowski, Covello, Bellini, Ritchie & Costa, 2014).

Idejni koncept interneta stvari je obstoj »stvari« in »objektov«, kot so npr. čipi RFID, senzorji, prenosni telefoni, ki se med seboj sporazumevajo in sodelujejo z namenom doseganja skupnih ciljev (Atzori, Iera & Morabito, 2010). Povezava med pametnimi objekti se imenuje M2M (angl. *machine-to-machine*).

Junija leta 2016 je število uporabnikov svetovnega spleta naraslo na 3,5 milijarde. Za primerjavo, septembra 2010 je to število znašalo slabi 2 milijardi. Medtem ko število uporabnikov spleta še vedno narašča, je na vidiku nova internetna tehnologija, ki bo omogočila komuniciranje in usklajevanje med pametnimi objekti. Nova tehnologija bo vplivala na razvoj novih aplikacij, interakcij ter načinov dela in življenja. Internetna infrastruktura bo doživela korenite spremembe, saj bo ustvarila okolje, ki bo temeljilo na povezanih pametnih objektih. Obstoj interneta stvari bo mogoč z vgradnjo elektronskih naprav v vsakodnevne predmete, ki bodo na ta način postali »pametni« in se bodo lahko integrirali v kibernetско-fizično infrastrukturo. Povezava fizičnega in virtualnega okolja bo z možnostjo novih storitev in aplikacij odprla nove priložnosti na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij. Pod pojmom internet stvari razumemo več stvari (Miorandi, Sicari, De Pellegrini & Chlamtac, 2012):

- globalno omrežje, ki povezuje pametne objekte;
- podporne tehnologije (RFID, senzorji/aktuatorji, M2M komunikacija, itn.);
- skupek aplikacij in storitev, ki dajejo novi tehnologiji vzvod za odpiranje novih podjetniških in tržnih priložnosti.

Za boljše razumevanje interneta stvari najprej opredelimo izraz stvari oz. objekti. Različni avtorji navajajo različne definicije tega izraza.

»Stvari« so prisotne v informacijskih in socialnih procesih ter sodelujejo in komunicirajo med seboj in z okoljem. Z izmenjavo podatkov in informacij, ki jih zaznajo v okolju, se lahko odzovejo in vplivajo na fizični svet z ali brez direktnega človeškega vpliva (Gubbi, Buyya, Marusic & Palaniswami, 2013).

Miorandi et al. (2012) opredelijo stvari oz. objekte še bolj podrobno:

- stvari imajo fizične lastnosti (npr. dimenzije, obliko, itn.);
- posedujejo vsaj minimalne komunikacijske funkcije, kot npr. sposobnost, da so opažene/odkrite, ali sprejemanje sporočil in njihovo odgovarjanje;
- vsebujejo enolični identifikator;
- so povezani vsaj z enim imenom in enim naslovom, kjer je ime opis objekta na način, ki je berljiv človeku, naslov pa je niz znakov in se lahko uporablja za komunikacijo z objektom ter je računalniško berljiv;
- posedujejo osnovne računalniške zmožnosti, ki so lahko preproste (npr. določitev prejetega sporočila določeni sledi – kot pri pasivnih RFID-jih) ali bolj napredne (kompleksno upravljanje s podatki);
- lahko vsebujejo sredstva, ki omogočajo bodisi zaznavanje fizikalnih lastnosti (npr. elektromagnetno sevanje, svetloba, temperatura) bodisi sprožanje akcij s fizičnimi posledicami (aktuatorji).

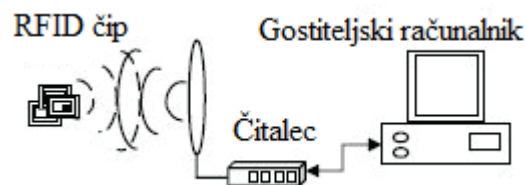
5.2.2 RFID – radiofrekvenčna identifikacija

Izum tehnologije radio frekvenčne identifikacije je eden bistvenih dosežkov, ki so se zgodili na področju komunikacij v zadnjem času, saj je omogočil iznajdbo mikročipov, ki so sposobni brezžične izmenjave podatkov. Mikročip deluje kot »elektronska« črna koda in omogoči avtomatsko zaznavanje predmeta, na katerega so pritrjeni. Glede na delovanje ločimo RFID čipe na pasivne in aktivne. Pasivnih RFID čipov ne napaja baterija, ampak uporabljajo moč sprejemnikovega signala za sporočanje identifikacije (ID-ja) sprejemniku. Ta značilnost pasivnih RFID-jev je pripomogla k njihovi široki uporabi, zlasti v maloprodaji in managementu oskrbnih verig. Pasivne oznake se danes uporabljajo tudi v različnih bančnih karticah ter karticah za plačevanje cestnin. Aktivni RFID sprejemniki imajo lasten vir napajanja. Glavna uporaba teh oznak je pri spremljanju tovora v kontejnerjih (Gubbi et al., 2013).

RFID tehnologija bo v prihodnosti zamenjala črtne kode in omogočila spremljanje dobrin v realnem času. Uporaba te tehnologije je široka, najbolj pa se izraža v sledenju (ang. *trucking*) objektov. V zelo poenostavljenem pogledu je RFID tehnologija podobna tehnologiji črtnih kod. Glavna razlika je v tem, da pri RFID tehnologiji ni potrebno, da spremljani objekt dejansko vidimo. Prav tako kot pri uporabi črtnih kod so potrebne komponente: oznaka (ang. *tag*), ki je pritrjena na določen predmet in vsebuje podatke o predmetu, čitalec (ang. *reader*),

ki komunicira z oznako, ter gostiteljski računalnik (ang. *host computer*), v katerem so shranjeni podatki. Shema komponent je prikazana na Sliki 8. Tipičen RFID sistem deluje na naslednji način: objekt je opremljen z oznako, ki vsebuje digitalen spominski čip, ki mu pripada unikatna elektronska koda. Čitalec (antena sestavljena iz oddajno-sprejemne enote in dekodirnika) odda signal, ki aktivira oznako in z njo izmenjuje informacije (zapisuje in/ali sprejema). Ko RFID oznaka potuje skozi elektromagnetno območje zazna čitalčev signal. Čitalec dekodira podatke, ki so kodirani na integriranem vezju oznake in podatke pošlje naprej do gostiteljskega računalnika. Programska oprema na računalniku spracosira podatke in filtrira nepomembne informacije ter predstavi manjšo količino podatkov, ki je bolj uporabna. RFID tehnologijo lahko razdelimo glede na vrsto napajanja na pasivno, aktivno in polpasivno. Glede na uporabljene frekvence pa na nizkofrekvenčno, visokofrekvenčno, ultra visokofrekvenčno in mikrovalovno RFID tehnologijo (Sun, 2012).

Slika 8: RFID čip, čitalec in gostiteljski računalnik



Vir: C. Sun, Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things 2012, str. 107.

Kombinacija pametnih telefonov z vgrajenim RFID čitalcem in RFID oznak, ki bo vpeta v mobilna omrežja ali internet, bo omogočila množično uporabo RFID tehnologije. Uporabnik bo lahko med sprehodom po maloprodajalni sprejemal podatke o izdelkih, ki bodo imeli pritrjeno RFID oznako (Jain & Vijaygopalan, 2010).

5.2.3 WSN omrežja

Senzorska omrežja lahko uporabljajo različne vrste senzorjev: seizmične, magnetne, toplotne, vizualne, infrardeče, akustične ali radarske. Njihova uporaba omogoča opazovanje in merjenje naslednjih pojavov: temperaturo, vlažnost zraka, gibanje, svetlobo, pritisk, hrup, sestavo prsti, prisotnost oz. odsotnost določenih objektov, mehansko obremenitev objektov ter fizične lastnosti objektov (hitrost, smer gibanja, velikost) (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam & Cayirci, 2001).

Tehnološki napredek na področjih integriranih vezij z nizko porabo energije in brezžičnih komunikacij je omogočil razvoj majhnih naprav, ki se uporabljajo za zaznavanje raznih lastnosti od daleč. Naprave uporabljajo zelo malo električne energije, so učinkovite in cenovno dostopne. Te dobre lastnosti so pripomogle k obstoju in množični uporabi omrežij senzorjev, ki zbirajo, procesirajo in analizirajo zbrane informacije iz različnih okolici. Podatki se pretakajo po senzorskih vozliščih, od koder so poslani v sistem, v katerem so

analizirani. Komponente, ki nadzorujejo/spremljajo brezžična senzorska omrežja so (Gubbi et al., 2013):

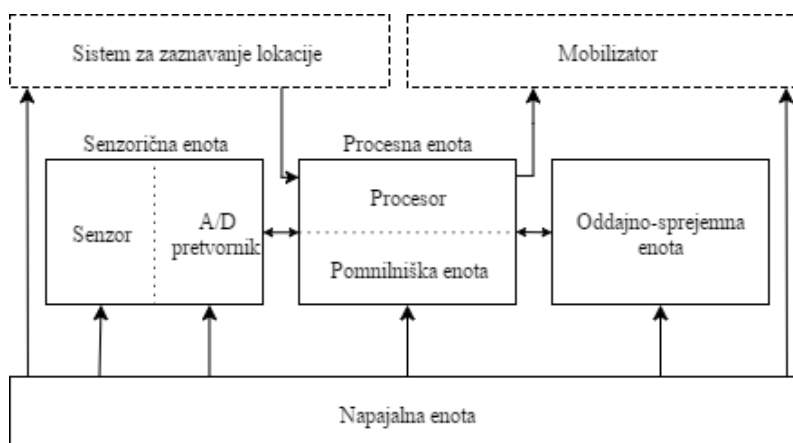
- Angl. *Wireless sensor network* (v nadaljevnju WSN) strojna oprema; vozlišče običajno sestavljajo senzorični vmesnik, element za procesiranje, oddajno-sprejemna enota in napajalnik energije. Skoraj vedno vsebujejo tudi analogno-digitalne pretvornike za povezavo med različnimi senzorji, novejša senzorična vozlišča pa lahko z uporabo enofrekvenčnega obsega komunicirajo in so na ta način bolj vsestranska.
- WSN komunikacijski paket; za večino aplikacij se pričakuje namestitev vozlišč po *ad-hoc* principu. Za prenos podatkov z enega vozlišča (angl. *single hop*) ali množice vozlišč (angl. *multi hop*) na glavno postajo, kjer se podatki procesirajo, morajo vozlišča med seboj komunicirati. Glavna postaja mora biti sposobna sporazumevanja z okolico preko interneta in je na ta način vhod do WSN podomrežja in spletnega omrežja.
- WSN vmesna programska oprema (angl. *middleware*); mehanizem, ki omogoča združitev kibernetične infrastrukture z v storitve usmerjeno arhitekturo ter omrežjem senzorjev z namenom dostopanja do raznovrstnih senzoričnih resursov.
- Varnost podatkov; za čim daljše delovanje omrežja in zagotavljanje zanesljivih podatkov iz senzorjev je potrebna učinkovita varnostna metoda. Odpovedi vozlišč so precej pogosta težava v brezžičnih senzorskih omrežjih, zato mora težavo samostojno odpraviti sistem.

Tradicionalni senzorji so lahko nameščeni na dva načina. Lahko so nameščeni daleč stran od pojava, ki ga beležijo/opazujejo. Pri tem so potrebni senzorji velikih dimenzij, ki lahko razlikujejo želen opazovan pojav od hrupa okolice. Drugi način je namestitev senzorjev, ki so sposobni zgolj zbiranja podatkov. Pozicija in komunikacijska tipologija morata biti dobro in pazljivo snovana. Senzorji v določenem časovnem intervalu posredujejo podatke centralnim vozliščem, kjer so podatki zbrani na kup in procesirani. Po drugi strani so senzorska omrežja sestavljena iz velikega števila senzorskih vozlišč, ki so gosto nameščena v samem okolju pojava ali v njegovi neposredni bližini. Snovanje pozicije senzorskih vozlišč ni potrebno, prav tako pa ni potrebno, da je pozicija predhodno določena. Na ta način je omogočeno tudi opazovanje/merjenje težko dostopnih območij in nevarnih območij. To hkrati pomeni, da človek nima dostopa do senzorskih vozlišč, torej morajo biti vozlišča sposobna samoorganiziranja. Naslednja dobra lastnost senzorskih omrežij je sodelovanje med senzorskimi vozlišči, ki so opremljena s procesorji. Na ta način podatki niso nemudoma poslani vozliščem, ki so zadolženi za zbiranje podatkov, ampak so le ti najprej lokalno procesirani, šele nato so ključne informacije posredovane naprej. Opisane zmogljivosti brezžičnih senzorskih omrežij omogočajo širok razpon uporabe, kot na primer v zdravstvu, vojski ali v varnostnih namenih. Z uporabo WSN-jev lahko zdravnik spremlja pacientove življenjske znake tudi od daleč, kar je dobro tako za pacienta kot za zdravnika, ki bi tako vedel več o pacientu in mu na ta način lahko bolj učinkovito pomagal. Senzorska omrežja so lahko uporabljena tudi v namene odkrivanja kemičnih strupov v ozračju ali vodi tako, da podajo informacije o vrsti, koncentraciji in lokaciji onesnaževalcev. Bistvo zgornjih dveh primerov je v tem, da nam bodo taka omrežja ponudila veliko koristnih informacij o okolju

in se bo zato njihova uporaba v prihodnosti močno zakoreninila v naš vsakdan (Akyildiz et al., 2001).

Senzorsko vozlišče je sestavljeno iz štirih ključnih elementov, ki so prikazani na Sliki 9: senzorske enote, procesne enote, oddajno-sprejemne enote (omogočijo povezljivost vozlišča z omrežjem) in napajalne enote. Glede na aplikacijo so lahko poleg glavnih štirih komponent dodane tudi nekatere druge: sistem za določitev lokacije (v kolikor je potrebno natančno poznavanje lokacije), napajalni generator in sistem za mobilnost (za premik senzorskega vozlišča). Senzorska enota je sestavljena iz senzorja in analogno-digitalnega pretvornika, s pomočjo katerega je analogni signal, ki opisuje opazovani pojav pretvorjen v digitalni signal (ta je naprej poslan v procesno enoto). Zaradi pogostih zahtev uporabe čim manjših senzorskih vozlišč se morajo vse komponente skupaj združiti v manj kot kubičnem centimetru prostornine. Poleg velikosti morajo senzorska vozlišča dosegati tudi druge zahteve: zelo majhna poraba energije, delovanje kljub veliki gostoti vozlišč, proizvodni stroški morajo biti nizki, delovati morajo samostojno ter morajo biti sposobni prilagajanja okolju (ibid).

Slika 9: Komponente senzoričnega vozlišča



Vir: I.F. Akyildiz et al., Wireless sensor networks: a survey, 2001, str. 399.

Brezžična senzorska omrežja so ena najhitreje razvijajočih se tehnologij na področju mikroelektronike. Njihova uporaba in tržne priložnosti se povečujejo iz dneva v dan. Glavni cilj teh omrežij je opazovanje in (včasih) nadzor okolja. Tak sistem deluje skozi različno dolge cikle samostojno. Senzorsko omrežje je sestavljeno iz velikega števila vozlišč, ki so lahko nameščena na tleh, v zraku, na vozilih, v stavbah itn. Vozlišča so sestavljena iz senzorskih, procesnih in komunikacijskih elementov, centralno vozlišče pa je zadolženo za zbiranje informacij. Podpora je omogočena preko odprtokodnega (politika razvoja programja, pri kateri je dostopna izvorna koda in se jo lahko spreminja in razširja) operacijskega sistema, ki je programirana za specifično uporabo brezžičnih senzorskih omrežij. Operacijski sistem je snovan na tak način, da omogoča hitre inovacije in implementacije s poudarkom na čim krajši programski kodi, saj je velikost pomnilnika omejena. Glavni izziv na področju WSN-jev je razvoj vozlišč z nizko porabo energije, ki so

sposobna procesiranja in samoorganiziranja povezljivosti in protokolov. Nadaljnji izziv je povečanje življenjske dobe baterije (napajanja), ki je mogoč na več načinov (Jain & Vijaygopalan, 2010):

- zmanjšanje števila ciklov meritev;
- lokalno procesiranje z namenom zmanjšanja količine pretočnih informacij;
- prenos podatkov iz večjega števila vozlišč (angl. *multi-hop*) z namenom zmanjšanja zahtev po prenosih podatkov na dolge razdalje.

5.2.4 Računalništvo v megli

Računalništvo v megli (angl. *fog computing*) je model, ki opisuje učinkovitejšo analizo in obdelavo IoT podatkov. Pogosto se uporablja tudi izraz računalništvo na robu (angl. *edge computing*), njegove glavne značilnosti pa so (Cisco Systems, 2015):

- analiziranje podatkov na robu omrežja v bližini izvora podatkov (namesto pošiljanja ogromnih količin podatkov v oblak),
- odziv na IoT podatke v milisekundi,
- pošiljanje izbranih podatkov v oblak, kjer so lahko shranjeni dalj časa.

Vaquero in Rodero-Merino (2014) predlagata naslednjo definicijo računalništva v megli: računalništvo v megli je scenarij, v katerem med seboj in z omrežjem komunicira in sodeluje množica heterogenih (brezžičnih in včasih avtonomnih), vseprisotnih in decentraliziranih naprav z namenom shranjevanja in procesiranja podatkov brez dodatne zunanje pomoči. Naloge, ki jih naprave lahko opravljajo, so podpora osnovnih omrežnih funkcij ali nove storitve in aplikacije, ki delujejo v peskovnikih (nadzorovana okolja za razvoj in preizkus programja). Lahko bi dejali, da je računalništvo v megli razširitev računalništva v oblaku.

Z ozirom na količino, raznolikost in hitrost IoT podatkov je potreben model, katerega glavne zahteve so (Cisco Systems, 2015):

- Minimiziranje odzivnega časa (tj. čas, ki preteče od vhoda (sprejetja) podatkov do izhoda želene odločitve): Z analiziranjem podatkov v bližini naprav, ki te podatke zajemajo, je možno skrajšati odzivni čas, pa čeprav le za nekaj milisekund, in s tem preprečiti veliko težav.
- Ohranjanje omrežne pasovne širine: Potniško letalo proizvede 10 TB podatkov na vsake 30 min letenja. Pošiljanje podatkov iz tisočih robnih naprav do oblaka ni praktično tudi zato, ker veliko analiz ne potrebuje procesiranja in shranjevanja v oblaku.
- Varnost podatkov: Tako med potovanjem podatkov kot tudi v mirovanju.
- Zanesljivo delovanje: IoT podatki se vedno bolj uporablja v primerih, ko se odloča o varnosti državljanov.

- Zbiranje in zaščita podatkov na velikem geografskem območju v različnih naravnih okoliščinah: Naprave so lahko nameščene na cestiščih, železniških tirih in prevoznih sredstvih, zato morajo biti ojačane (v primerih, ko so naprave nameščene v kontroliranih okoljih, to ni potrebno).
- Premik podatkov v najboljšo možno procesno enoto: Katera je najboljša procesna enota, je odvisno od tega v kolikšnem času je potrebna odločitev, ki je sprejeta na podlagi IoT podatkov. Ko je potrebna hitra odločitev, se bo procesiranje odvijalo bliže napravam, ki zajamejo podatke. Nasprotno se za analizo masovnih podatkov, pri čemer so potrebni arhivski podatki, procesiranje in shranjevanje podatkov odvija v oblaku.

Tradicionalna arhitektura računalništva v oblaku ne dosega vseh zgoraj omenjenih zahtev. Trenutni pristop pošiljanja vseh podatkov v oblak podaljšuje odzivni čas, poleg tega pa pošiljanje podatkov iz tisočih naprav hitro preseže zmogljivosti pasovne širine. Industrijske uredbe in varnostne zahteve ne dovoljujejo shranjevanja določenih podatkov v oddaljenih krajih. Zaradi naštetih težav je najboljši kraj za obdelavo večine podatkov interneta stvari v bližini naprav, ki podatke zajemajo. Tovrstna rešitev je poimenovana računalništvo v megli. Megleno vozlišče je lahko vsaka naprava, ki je sposobna procesiranja, shranjevanja podatkov in je lahko povezana z internetom, to so npr. ruterji, stikala, vgrajeni strežniki, nadzorne kamere itn. V meglenih vozliščih se dogajajo različne aktivnosti: sprejemanje podatkov iz IoT naprav, izvajanje aplikacij s krajšim odzivnim časom, prehodno shranjevanje podatkov (pogosto 1–2 uri) in pošiljanje predhodno obdelanih podatkov v oblak. Glavne koristi računalništva na robu so (Cisco Systems, 2015):

- povečanje odzivnosti podjetja: razvijalci lahko hitro priredijo aplikacije na način, da bodo končnemu uporabniku nudile največjo pomoč;
- večja varnost: z uporabo enakih postopkov, kot se jih v podjetju uporablja pri ostalih IT rešitvah;
- boljši vpogled in zaščita podatkov: lokalna obdelava občutljivih podatkov je boljša rešitev kot pošiljanje podatkov v oblak, saj sta omogočena boljši monitoring in kontrola podatkov;
- manjši operativni stroški: potreba po manj zmogljivi pasovni širini zaradi lokalne obdelave in na ta račun manjšem pošiljanju podatkov.

5.2.5 Računalništvo v oblaku

Besedo oblak danes hitro povezujemo z informacijsko tehnologijo, čeprav še ne dolgo nazaj temu ni bilo tako. Kljub temu da je oblak (angl. *cloud*) množično uporabljen pojem, lahko v različnih virih naletimo na različne definicije storitve računalništva v oblaku (angl. *cloud computing*).

Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang in Ghalsasi (2011) pravijo, da je računalništvo v oblaku model storitve informacijske tehnologije, kjer so storitve računalništva (tako strojne kot

programske) uporabniku ponujene po potrebi preko spletnega omrežja po principu samopostrežbe, neodvisno od naprave in lokacije. Viri, ki omogočajo kakovost storitve (angl. *quality of service*) so skupni, dinamično nadgradljivi, hitro dostopni, virtualizirani in dostopni z minimalno interakcijo med ponudnikom in potrošnikom. Računalništvo v oblaku uporabniku predstavlja zgolj operativni strošek brez znatnih začetnih vložkov, saj oblak uporablja sistem merjenja in uporabniku nudi različne vnaprej pripravljene pakete koriščenja storitev.

Podjetja so v primeru pomanjkanja procesnih ali shrambenih kapacitet primorana vlagati v nadgradnjo novih internih serverjev, ki pa so zaradi nabave, velike površinske zasedenosti, montaže in vzdrževanja, dolgotrajen in drag proces. Kljub temu da nekatera podjetja lahko samo nekajkrat letno potrebujejo povečane kapacitete IT storitev, so primorana investirati velike vsote denarja. Tovrstni strežniki ne nudijo najboljše varnosti podatkov. Računalništvo v oblaku po drugi strani nudi takojšnje povečanje kapacitet storitev. Strojna in programska oprema sta nameščeni na več lokacijah po svetu (podatki so shranjeni na več lokacijah, zato je njihova varnost zelo dobra), uporabniki pa do njih dostopajo (virtualno) preko spleta. Uporabniki lahko na ta način dobijo storitev v najem za kratek čas, kar plačajo na podlagi paketov, ki jih ponudniki storitev računalništva v oblaku vnaprej pripravijo.

Marston et al. (2011) navajajo naslednje prednosti računalništva v oblaku:

- Znižuje stroške vstopa na trg malim podjetjem, ki se ukvarjajo z zahtevnim računanjem poslovne analitike. Potrebne procesne zmogljivosti za tako zahtevne izračune so bile dostopne zgolj večjim korporacijam. Tovrstni izračuni navadno potrebujejo veliko procesne moči (za kratek čas), kar omogoča računalništvo v oblaku na zelo dinamičen način. Računalništvo v oblaku predstavlja priložnost tudi za države tretjega sveta, ki ne sledijo IT napredku.
- Uporabniku nudi skoraj takojšen dostop do resursov strojne opreme brez začetne investicije, s čimer se podjetje lahko postavi na trg v zelo hitrem času. Oblak je prilagodljiva IT infrastruktura, ki si jo delijo različni, med seboj neodvisni, končni uporabniki. Fleksibilnost infrastrukture oblaka je tako visoka, da hipno razporeja in nudi dosegljivo moč tistemu uporabniku, ki jo v tistem trenutku najbolj potrebuje – še več, z naraščanjem števila uporabnikov postaja sistem bolj uravnotežen na račun ekonomije obsega.
- Računalništvo v oblaku omogoča več možnosti za inovacije, saj je zahtevno računanje dosegljivo tudi zagonskim podjetjem.
- Omogoča razvoj novih aplikacij in storitev.

5.3 Prihodnost kanban sistemov

Tradicionalni kanban, e-kanban in pametni kanban se razlikujejo po načinu signala, sam potek signalov pa ostaja v glavnem nespremenjen. Tradicionalni kanban uporablja vizualne

kartice, medtem ko e-kanban uporablja črtne kode. Pametni kanaban naredi še korak naprej in za prenos signala uporablja RFID čipe. Zhang, Jiang in Huang (2008) pravijo, da so delavci v proizvodni celici opremljeni z RFID čipi, prav tako tudi kanban zabojniki. Delavec lahko opravi določeno aktivnost samo, ko ga zabeleži RFID čitalec in to aktivnost avtorizira. Če želi nalogo opraviti delavec, ki ni zadolžen za to, ga RFID čitalec zavrne in aktivnost ne more biti opravljena. Prednost uporabe RFID tehnologije je v tem, da ni potrebno skenirati vsakega čipa posebej, ampak se zazna samodejno na določeni razdalji.

Thürer et al. (2016) pravijo, da sta prednosti pametnega kanabana hitrejši procesiranje zaradi delovanja v oblaku in to, da lahko signal potuje preko dolgih geografskih razdalj. Avtorji navajajo primer uporabe pametnega kanabana na primeru povratne logistike pobiranja odpadkov. V tem primeru pametni objekti, to so tako smetnjaki kot tovornjaki opremljeni z GPS-om, med seboj komunicirajo glede lokacije in tako se lahko pot spreminja glede na trenutne razmere v prometu.

Pametni kanban uporablja pametne zabojnike. Taki zabojniki samodejno tehtajo težo dobrin v njem in v kombinaciji s prej poznanimi težami posameznega kosa lahko izračunajo zalogo v realnem času. To omogoča stalen pregled zaloge v danem trenutku ne glede na to, da se zabojniki po proizvodnji premikajo (Bamberg et al., 2012). Na spletu je mogoče najti nekatere nadgradnje kanban zabojnikov. Ti zabojniki so opremljeni s kamerami in različnimi senzorji (npr. za vlago). Čeprav bi takšni zabojniki lahko predstavljali določene prednosti, jih do sedaj ni mogoče zaslediti v literaturi.

Kanban sistemi prihodnosti bodo po vsej verjetnosti vsebovali tehnologije RFID, WSN in procesiranje v oblaku.

6 UVAJANJE E-KANBAN SISTEMA V IZBRANEM PODJETJU

V empiričnem delu magistrskega dela bom poizkušal povezati teorijo z dejanskim stanjem izbranega podjetja ter v zaključku dela razviti odločitveni model za uvedbo elektronskega kanban sistema v poljubno podjetje. Izbrano podjetje je del velike korporacije ameriških lastnikov z imenom Illinois Tool Works (v nadaljevanju ITW).

ITW zaposluje več kot 60.000 ljudi in ima več kot 850 poslovnih enot po celem svetu, poslovne enote se združujejo v približno 85 divizij. Izbrano podjetje spada pod angl. *Appliance* divizijo in izdeluje enote za gospodinjske aparate. Podjetje proizvaja komponente, ki se vgrajujejo v pralne stroje, pomivalne stroje, hladilnike itn. Poslovna enota v Sloveniji zaposluje približno 330 ljudi (ITW, 2018).

6.1 JIT filozofija na primeru izbranega podjetja

Da sem lahko prišel do ugotovitve, kako podjetje razume in izpolnjuje JIT principe, sem opravil intervju z vodjem poslovne enote dr. Petrom Orbaničem, ki je odgovarjal na vprašanja v povezavi z implementacijo JIT v izbrano podjetje. Primerjava med ukrepi, ki so predstavljeni v obravnavani teoriji, in ukrepi, ki jih je izbrano podjetje implementiralo, so predstavljeni v Tabeli 1.

Tabela 1: JIT ukrepi na primeru izbranega podjetja

Korak		Teoretični ukrepi	Ukrepi v podjetju
1.	Sprememba zavedanja	Učne skupine, seminarji, itn.	ITW <i>connect</i> izobraževanja, razna izobraževanja na temo vitke proizvodnje.
2.	Uvedba 5S	Opozarjanje na urejenost in čistost podjetja, strategija rdeče kartice, itn.	5S uveden pred petimi leti, v preteklosti mesečni pregledi, trenutno premalo nadzora.
3.	Pretočna proizvodnja	Neprekinjen tok proizvodnje (linije ali celice), enoizdelčni tok materiala, večopravilnost, itn.	Ključni izdelki so avtomatizirani, (enoizdelčni tok materiala), delavci se gibljejo vzdolž celotne proizvodne linije.
4.	Glajenje proizvodnje	JIT spremembe čim bliže kupcu, torej zaloga končnih izdelkov.	Uporaba kanban sistema za planiranje proizvodnje v eni proizvodni celici – princip vlečenja in s tem glajenje proizvodnje.
5.	Standardizirano delo	Zapis in širjenje najboljših praks.	Širjenje dobrih praks znotraj celotne divizije na mesečnih sestankih, ki pa so redko zapisane.

Vodja poslovne enote pravi, da je prav sprememba zavedanja ključnega pomena. Management lažje sprejme spremembe, medtem ko jih proizvodni delavci težje. V podjetju imajo pogosta izobraževanja na korporacijskem nivoju, ki novo pridobljena znanja širijo med vodje oddelkov, ti pa so zadolženi za širjenje informacij naprej. Poleg tega podjetje nudi brezplačna izobraževanja na temo vitke proizvodnje preko ITW-jevega spletnega portala, ki je dosegljiv vsakomur. Z uvedbo kanban sistema je podjetje naredilo korak pri glajenju proizvodnje. Na ta način podjetje proizvaja tudi, ko ni dejanske potrebe na trgu in s tem pripravi omejeno zalogo, ki bo uravnovesila proizvodnjo v obdobju visokega povpraševanja. Orbanič se strinja, da je zapisovanje in širjenje dobrih praks zelo pomembno. Izbrano podjetje se povezuje z ostalimi podjetji iz divizije, kjer si enkrat mesečno preko konferenčnih klicev izmenjujejo dobre prakse iz proizvodnje. V prihodnosti je planirano podobno združevanje na temo kakovosti in drugih aktivnosti podjetja.

Ocenjujem, da je izbrano podjetje dokaj sistematično in učinkovito vpeljalo JIT koncepte. Vsekakor obstaja prostor za napredovanje predvsem z bolj doslednim nadzorom nad 5S principom in zapisom najboljših praks. Ker je kanban sistem uporabljen samo v eni proizvodni celici, bi bila smiselna razširitev tudi na ostale.

6.2 Analiza kanban sistema na primeru izbranega podjetja

Ločitev kaj je kanban, kaj je e-kanban in kaj pametni kanban v literaturi ni točno definirana. Težko je definirati, kateri procesi in tehnologije spadajo pod določeno različico kanbana. V sklopu magistrskega dela je mišljeno:

- tradicionalni kanban: uporaba kartic,
- e-kanban: uporaba črtnih kod, vsi signali potujejo elektronsko,
- pametni kanban: uporaba RFID oznak in IoT tehnologije.

V magistrskem delu bom podrobno analiziral proizvodno celico senzorja tlaka. Proizvodnih celic je v podjetju sicer več, vendar ne uporabljajo kanban sistema. Večina celic uporablja nekakšne različice MRP-ja za naročanje materiala, kjer je količina naročenega materiala pogosto kompromis med preteklo porabo in predvidenim povpraševanjem. Kanban je bil v proizvodno celico senzorja tlaka vpeljan leta 2008. Pred tem je planiranje proizvodnje potekalo po MRP sistemu.

Izbrano podjetje torej uporablja kanban sistem za planiranje proizvodnje senzorja tlaka. Senzor tlaka je sistem/enota, ki skrbi za regulacijo vode v pralnem stroju in je sestavljen iz več polizdelkov/materialov (nekateri polizdelki dobavljajo večinoma blizu locirana podjetja, nekatere polizdelke pa podjetje proizvaja samo). Podjetje proizvaja približno dvanajst različic senzorja, ki se razlikujejo glede na potrebe kupcev. Razlikujejo se v nekaterih komponentah, dimenzijah ali barvah. To je glavni proizvod podjetja, ki prinaša največ prihodkov, prav tako je prodajna količina tega izdelka največja, zato se optimizaciji te linije posveča največ pozornosti. V prihodnosti podjetje načrtuje uvedbo kanbana tudi na drugih proizvodnih linijah. Po prebiranju literature sem ugotovil, da podjetja prirejajo kanban sistem glede na njihove potrebe. Po analizi delovanja kanbana na izbranem podjetju sem ugotovil, da je tudi izbrano podjetje kanban prilagodilo oz. ga ni vpeljalo skozi celotno oskrbovalno verigo, ampak samo na vmesnem skladišču materiala v proizvodni celici senzorja tlaka.

Podjetje uporablja sistem z eno kartico (kartica je prikazana na Sliki 10) in dvema zaboju (dobavitelji pogosto držijo še en ali dva zaboja na zalogi, odvisno od dogovora). Kartica vsebuje podatke, ki so najbolj pomembni (kot so naziv, šifra, količina naročanja, dobavni rok, naziv dobavitelja, zaporedna številka kartice in datum tiskanja) in so navedeni tudi v teoretičnem delu magistrskega dela. Zaboja se premikata po oskrbovalni verigi. V nekem trenutku sta oba zaboja na vmesnem skladišču, v drugem pa

je en zabojnik na vmesnem skladišču, drugi pa bodisi pri dobavitelju bodisi v transportu. Vsaj en zabojnik je torej vedno na vmesnem skladišču.

Slika 10: Kanban kartica

Naziv MP	
OHIŠJE	
Šifra MP	
33545011	
Količina naročanja (MoQ) v KG	
36.000	
Oddelek	LT v dnevih
ST	1
Dobavitelj:	
11 - FAP-ODPOKLICI na trakove	
# Kartice	Datum tiskanja
2	6.6.2017 8:40:34

Proces kanban sistema na izbranem podjetju lahko povzamemo v šestih korakih. Celica senzorja tlaka je sestavljena iz proizvodnih linij, vmesnega skladišča, kanban nabiralnika in kanban table.

1. Oba zabojnika sta polna in se nahajata na vmesnem skladišču.
2. Ko delavcu na proizvodni liniji zmanjka polizdelkov, jih gre iskat v zabojnik na vmesnem skladišču (v zabojniku so v vrečkah pakirani polizdelki) pri tem pa mora biti pazljiv, da vedno vzame polizdelke iz istega zabojnika, dokler se ta ne izprazni. Na Sliki 11 je prikazano vmesno skladišče za določen polizdelek. V stanju na sliki sta oba zabojnika polna.

Slika 11: Vmesno skladišče



3. Ko je zadnja enota polizdelka (oz. zadnja vrečka s polizdelki) pobrana iz zabojnika, se kanban kartica prenese v za to namenjen nabiralnik, ki je prikazan na Sliki 12. Delavec naslednjič vzame polizdelke iz drugega zabojnika.

Slika 12: Kanban poštni nabiralnik



4. Logistični delavec pobere kartico iz nabiralnika in v pisarni ročno vnese potrebno količino v informacijski sistem ter generira naročilnico, ki jo pošlje dobavitelju.
5. Po izdelavi naročilnice logistični delavec odnese kanban kartico na tablo (na Sliki 13) na mesto, ki označuje predvideno dobavo polizdelka. Če se to zgodi na prvi dan v mesecu in dobavni rok traja dva dni, bo logistični delavec postavil kanban kartico na številko tri, ki označuje tretji dan tekočega meseca.

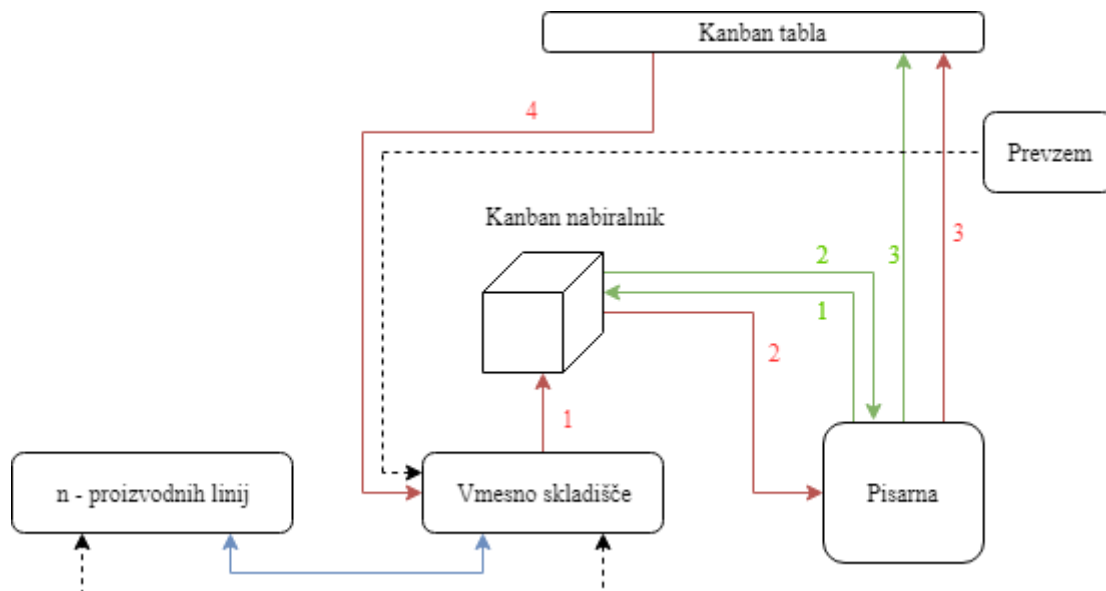
Slika 13: Kanban tabla



6. Ob dobavi novega zabojnika polizdelka se kartica prenese iz table na nov zabojnik, ki potuje na vmesno skladišče. Dobavni krog je tako sklenjen.

Na Sliki 14 je predstavljena skica dinamike toka materiala, gibanja kanban kartic ter gibanja logističnega in proizvodnega delavca v proizvodni celici senzorja tlaka. Gibanje kanban kartic je označeno z rdečo barvo. Če privzamemo, da je začetna lega kartice na vmesnem skladišču, se najprej (ob porabi pripadajočega materiala) premakne do kanban nabiralnika. Logistični delavec jo prenese v pisarno in po naročilu materiala odnese na kanban tablo. Ob prevzemu materiala jo skladiščni delavec pobere iz table in jo položi v pravi zabojnik, ki je odnesen na vmesno skladišče. Z zeleno barvo je označena pot logističnega delavca, ki gre iz pisarne do kanban nabiralnika po kartico in se vrne v pisarno, kjer opravi naročilo. Za tem kartico odnese do kanban table.

Slika 14: Skica proizvodne celice



Legenda:

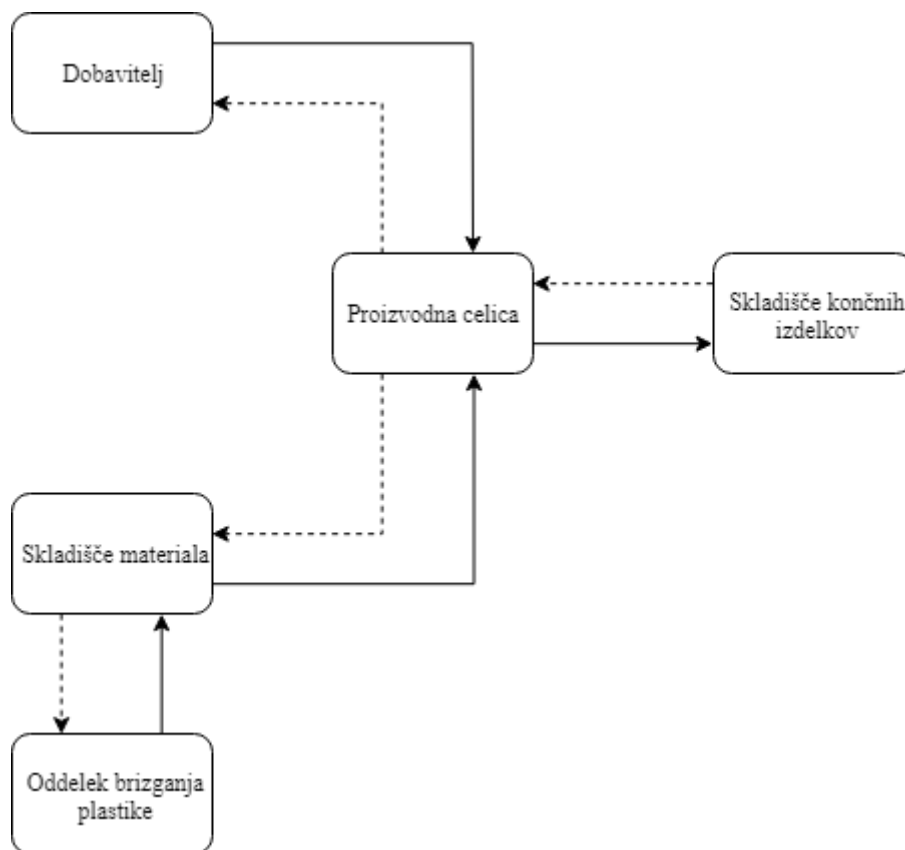
* Rdeča črta – gibanje kanban kartic, modra črta – gibanje proizvodnega delavca, zelena črta – gibanje logističnega delavca, črna prekinjena črta – tok materiala.

Zgoraj opisano delovanje je omejeno zgolj na celico senzorja tlaka. Širši pogled na pretok materiala do in iz celice senzorja tlaka ter smer signala, ki je sprožilec proizvodnje, je prikazan na Sliki 15. Tok materiala potuje iz leve proti desni, medtem ko signal pri vlečnem principu planiranja potuje v obratni smeri.

- Skladišče končnih izdelkov – proizvodna celica: Izmenovodja spremlja zalogo končnih izdelkov v ERP sistemu. Ko ta pade pod kritično zalogo, ki je vnaprej določena, planira proizvodnjo tega izdelka v najkrajšem možnem času (običajno v roku treh dni). Ko so izdelki proizvedeni, so preneseni v skladišče končnih izdelkov.

- **Proizvodna celica – dobavitelj:** Ko je zabojnik na vmesnem skladišču porabljen, se sprostí kanban kartica. Prosta kartica sproži signal za izdelavo naročilnice dodatnega materiala pri dobavitelju. V dogovorjenem dobavnem roku je material dostavljen in prenesen na vmesno skladišče proizvodne celice.
- **Proizvodna celica – skladišče materiala:** Ko je zabojnik na vmesnem skladišču porabljen, se sprostí kanban kartica. Prosta kartica sproži signal za izdelavo naročilnice dodatnega materiala, ki je vertikalno integriran v podjetju. Material se iz skladišča materiala prenese na vmesno skladišče proizvodne celice.
- **Skladišče materiala – oddelek brizganja plastike:** Izmenovodja v ERP sistemu spremlja zalogo materiala v skladišču. Ko ta pade pod kritično zalogo, ki je vnaprej določena, planira proizvodnjo tega izdelka v najkrajšem možnem času (običajno v roku treh dni). Ko je material nabrizgan, je prenesen v skladišče materiala.

Slika 15: Shema pretoka materiala in signalov v podjetju



Legenda:

* Polna črta – pretok materiala, prekinjena črta – smer signala.

Kanban kartica torej ne potuje med skladiščem končnih izdelkov in proizvodno celico. Logistični delavec spremlja zalogo končnih izdelkov in, ko ta zaloga pade pod kritično mejo, se sproži signal za začetek proizvodnje. Kljub temu da je kanban sistem popolno utečen v proizvodni celici, kanban kartica ne potuje med proizvodno celico in skladiščem materiala, vseeno pa služi kot sprožilec za naročilo. Kartica ne potuje niti med skladiščem končnih

izdelkov in proizvodnjo brizganja plastike niti ne služi kot sprožilec proizvodnje. Logistični delavec spremlja zalogo končnih izdelkov, in ko ta zaloga pade pod kritično mejo, se sproži signal za začetek proizvodnje. Kanban kartica prav tako ne potuje med podjetjem in dobaviteljem, v tem primeru služi kot sprožilec za naročilo materiala. Dobavitelj lahko dostavi količino, ki je naročena tudi že v zabojniku, ki je nato zgolj prenesen na vmesno skladišče. V nekaterih primerih dobavitelj samostojno zamenja poln zabojnik s praznim na vmesnem skladišču – to se imenuje VMI (angl. *vendor-managed inventory*).

6.3 Uvedba e-kanbana

Tradicionalni kanban in elektronski kanban sta si v principu zelo podobna, največja razlika je v tipu signala. Tradicionalni kanban uporablja fizične kartice, e-kanban pa uporablja elektronske signale. Na zabojnikih, vmesnih skladiščih in drugje, kjer je to potrebno, so nameščene črtne kode. Potreben je tudi čitalec črtnih kod. V izbranem podjetju jih že uporabljajo pri drugih procesih, npr. pri razknjiževanju končnih izdelkov iz sistema ob odpremi kupcem. Namesto kanban tabel so potrebni zasloni, ki prikazujejo trenutno stanje zabojnikov. Ker pri e-kanbanu kartice ni več, kanban nabiralnik ni več potreben. Da bi bil preskok iz tradicionalnega kanbana na e-kanban enostavnejši, bi bilo za podjetje smiselno to narediti v več korakih.

6.3.1 Razširitev kanbana na celotno oskrbovalno verigo v podjetju

V prvem koraku bi podjetje uvedlo kanban kartice po celotni oskrbovalni verigi znotraj podjetja. Sistem planiranja proizvodnje bi bil na ta način enoten in bi omogočil celotno uvedbo e-kanbana v poznejših fazah. Ker podjetje kanban že pozna, ima potrebno znanje za razširitev. Potrebno bi bilo določiti število zabojnikov in narediti kanban kartice. Za prvi korak podjetje potrebuje zgolj minimalno finančno investicijo za pripravo kartic, tabel in kanban poštnih nabiralnikov. Ena izmed večjih težav bi bila priučiti delavce na nov sistem dela.

Prednosti: enoten sistem proizvodnje podjetja.

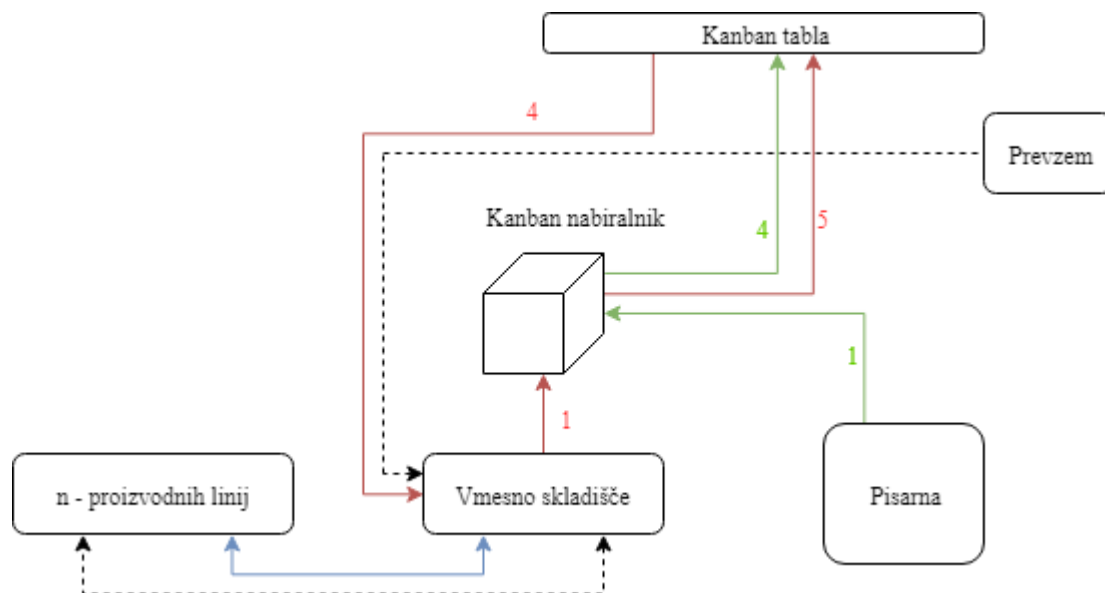
Možne težave pri implementaciji: velika razdalja med posameznimi postajami, priuči tev delavcev na nov sistem.

6.3.2 Avtomatsko naročanje materiala

V drugem koraku bi podjetje še vedno obdržalo kanban kartice, vendar bi podatkom na kartici dodalo še črtno kodo. Poleg tega bi podjetje spremenilo način naročanja materiala na način, kjer vnašanje naročil ne bi več potekalo ročno, ampak samodejno ob skeniranju črtne kode. Na ta način bi bili nekateri procesi odstranjeni in posledično bi se povečala učinkovitost. Na Sliki 16 je prikazana skica proizvodne celice po drugem koraku uvedbe e-kanbana. Z rdečo barvo prikazana pot kartice je skrajšana iz korakov 1, 2, 3, 4 na korake 1,

5, 4. Pot logističnega delavca prikazana v zeleni barvi je prav tako skrajšana iz korakov 1, 2, 3 na koraka 1 in 4.

Slika 16: Skica proizvodne celice po drugem koraku



Legenda:

* Rdeča črta – gibanje kanban kartic, modra črta – gibanje proizvodnega delavca, zelena črta – gibanje logističnega delavca, črna prekinjena črta – tok materiala.

Po prvem koraku bi logistični delavec iz nabiralnika pobral kanban kartice. Namesto da bi odšel v pisarno in ročno vnesel naročilo v sistem, bi to storil kar pri nabiralniku. S čitalcem črtnih kod bi poskeniral kartice v nabiralniku, pri tem pa bi se avtomatsko generiralo naročilo, ki bi bilo poslano ustreznim dobaviteljem. Nato bi, tako kot doslej, kanban kartice odnesel na tablo. Logistični delavec bi privarčeval pri ročnem vnašanju naročilnic in prehojeni poti. Pot pisarna-kanban nabiralnik-pisarna-kanban tabla bi bila zamenjana s potjo pisarna-kanban nabiralnik-kanban tabla.

Poleg časovnega prihranka na račun skrajšane poti in predvsem avtomatskega generiranja naročilnic ima prvi korak uvedbe e-kanbana tudi druge pozitivne posledice. Največja je proces učenja, ki bi predvsem zaposlenim v informacijski tehnologiji nudila izkušnje in olajšala razumevanje novih procesov (tovrstno samostojno generiranje naročilnic, prevzemnic in drugih dokumentov v podjetju še ni uporabljeno). V obdobju prvega koraka uvedbe e-kanbana bi imeli zaposleni priložnost postopnega učenja in prilagajanja na nove procese. Poleg tega je zmanjšana verjetnost človeške napake pri vnosu podatkov v naročilnice.

V tem trenutku bi podjetje še vedno uporabljalo tradicionalni kanban, proces naročanja materiala pa bi bil elektronski. S tem korakom bi podjetje postopoma prešlo iz analognega v elektronsko delovanje.

Prednosti: zmanjšanje časa in možnosti napak pri naročanju materiala, zmanjšana prehojena razdalja logističnega delavca.

Možne težave pri implementaciji: prilagoditev ERP sistema na tovrstno elektronsko poslovanje.

6.3.3 Popolno elektronsko delovanje

V tretjem in hkrati zadnjem koraku bi podjetje implementiralo e-kanban. Pretok materiala po implementaciji ostane enak, edina sprememba je v signalu. Kartice so v tem koraku odstranjene, nadomesti jih skeniranje črtnih kod na postajah. Namesto kanban tabel so postavljeni zasloni, ki prikazujejo stanje zalog in predvidene roke dobav materiala.

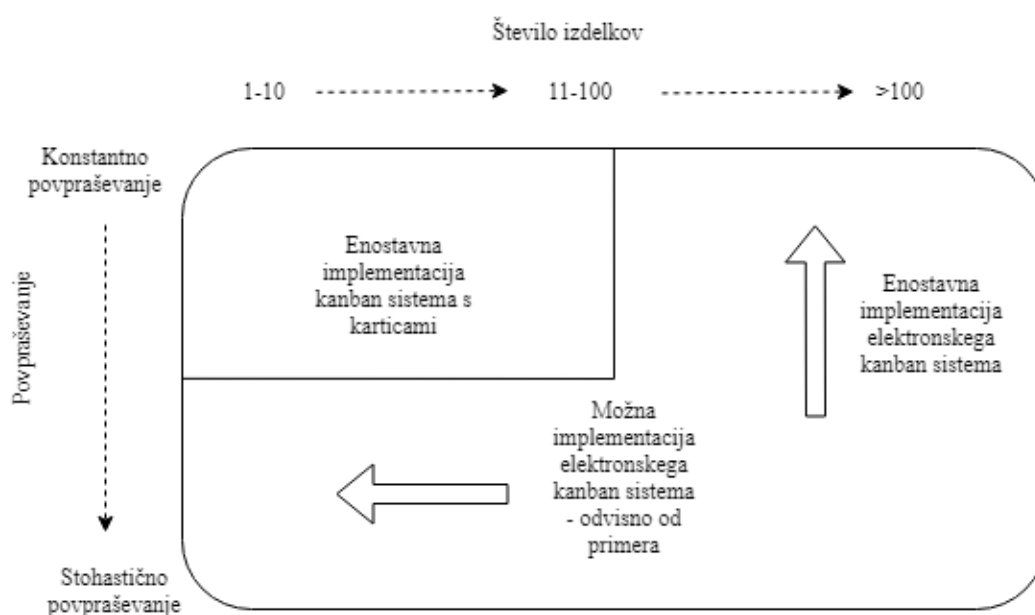
Prednosti: našteje v teoretičnem delu magistrskega dela.

Možne težave pri implementaciji: zmerna finančna investicija, privajanje delavcev na nov sistem planiranja proizvodnje.

6.4 Ocenitev smiselnosti implementacije e-kanbana

Na Sliki 17 je prikazano, v katerih pogojih se bolje izkaže kanban in v katerih e-kanban. Houti et al. (2017) pravijo, da je uvedba kanbana enostavna, če je povpraševanje konstantno in ima podjetje ožji asortima izdelkov. Po drugi strani bi podjetje enostavno uvedlo e-kanban, če ima podjetje širok asortima izdelkov in ravno tako konstantno povpraševanje. V primeru manjšega števila izdelkov in stohastičnega povpraševanja je možna implementacija elektronskega kanbana, vendar je to odvisno od primera do primera.

Slika 17: Območja uporabe kanban in e-kanban sistemov



Vir: M. Houti et al., *E-Kanban the new generation of traditional Kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise*, 2017, str. 1265.

Celica senzorja tlaka proizvaja približno dvanajst različic senzorja tlaka, v celotnem podjetju pa se proizvaja približno petsto izdelkov. Povpraševanje po izdelkih je dokaj konstantno in poznano. Glede na to se podjetje uvršča v zgornji desni del kvadranta, kar pomeni, da je implementacija e-kanbana s teh dveh vidikov smiselna odločitev. Zaradi velikega asortimaja izdelkov bi bila zmanjšana kompleksnost (naročanje materiala, izdelava dokumentov, razna administracijska dela itn.) na račun e-kanban sistema največja pridobitev implementacije.

Velika prednost e-kanbana bi bila prihranek prehojene poti, ki je potrebna za fizičen prenos kartic. Nadaljnja prednost je prihranek časa na račun samodejnega generiranja naročilnic. Podjetje bi bolj obvladovalo oskrbovalno verigo.

Pri trenutnem delovanju kanbana se podjetje sooča predvsem z dvema težavama:

- izgubljanje kartic;
- veliko delavcev pozabi premakniti kanban kartico, ko je to potrebno.

E-kanban bi prvo težavo povsem odstranil, medtem ko pri drugi ne bi imel večje vloge, saj bi delavci morali ravno tako sprožiti določen signal.

Največjo težavo predstavlja potrebna finančna investicija, ki pa je najbrž za izbrano podjetje obvladljiva. Izziv bi predstavljala tudi povezljivost e-kanban sistema s trenutnim ERP sistemom, vendar podjetje že uporablja čitalce črtnih kod v skladišču končnih izdelkov, zato prilagoditev uporabe za e-kanban ne bi smela predstavljati večjih težav.

V Tabeli 2 so prikazani glavni dejavniki, ki bi jih moralo podjetje vzeti v obzir pri odločanju ali je uvedba e-kanbana smiselna.

Tabela 2: Dejavniki pri odločanju o uvedbi e-kanban sistema v izbranem podjetju

Dejavnik	Vpliv na izbranem podjetju
Povpraševanje	konstantno
Število izdelkov	več kot 100
Pogostost izgubljanja kartic	mesečno
Razdalja med postajami	velika
Finančna investicija	obvladljiva
Povezljivost z ERP sistemom	obvladljiva

Večina argumentov govori v korist uvedbe e-kanbana. Povpraševanje je konstantno, kar je sicer v prid tako tradicionalnemu kot e-kanbanu in je predpogoj za učinkovito delovanje kanban sistemov. Asortima izdelkov je zelo širok, razdalja med posameznimi postajami pa je velika. Poleg tega se podjetje približno enkrat mesečno sooča s težavo izgubljanja kartic. Ker sta finančna investicija in povezljivost obvladljiva, ocenjujem, da je uvedba e-kanban sistema smiselna.

6.5 Razvoj odločitvenega modela za ocenitev smiselnosti uvedbe e-kanban sistema v poljubnem podjetju

V magistrskem delu bo obravnavan razvoj odločitvenega modela, ki bi pomagal pri sprejemanju odločitve ali je uvedba e-kanbana smiselna. Model bo splošen in zato uporaben za poljubno podjetje. Poznanih je več odločitvenih modelov. V magistrskem delu je uporabljen racionalni odločitveni model. Tovrsten model sem izbral, ker ima točno določene korake, ki si sledijo tako, da uporabniku pomagajo priti do racionalne odločitve. V prvem koraku je potrebno identificirati problem, v drugem koraku definirati kriterije odločanja in jih v tretjem koraku utežiti. V četrtem koraku sledi določitev alternativ, v petem koraku pa njihovo ovrednotenje. Na podlagi vrednotenja se v šestem koraku izbere najboljšo alternativo (Vu, 2014). Raziskovalni problem je ocenitev smiselnosti uvedbe e-kanbana v podjetje (prvi korak). Alternativi sta dve: prva je uvedba e-kanbana, druga pa uvedba tradicionalnega kanbana (četrty korak). Ostali koraki modela so predstavljeni v naslednjih podpoglavjih.

6.5.1 Identifikacija parametrov in utežitev

Na odločitev, če je uvedba e-kanbana smiselna, vplivajo številni faktorji. Teža vsakega faktorja se razlikuje, zato je potrebno nekatere izmed njih bolj upoštevati pri končni odločitvi nekatere pa manj:

- **Povpraševanje.** Tako tradicionalni kanban kot e-kanban najbolje delujeta v primeru konstantnega povpraševanja. E-kanban se lahko dobro izkaže tudi v nekaterih primerih stohastičnega povpraševanja, vendar odvisno od posameznega primera. Na podlagi tega je smiselno, da parameter povpraševanja govori v korist e-kanbana v primeru stohastičnega povpraševanja. Utežitev faktorja je 0,05. Kot opisano v poglavju 4.1 je e-kanban po večini principov podoben tradicionalnemu kanbanu (Guo et al., 2013; Junior & Filho, 2010). Oba delujeta bolje v primeru konstantnega povpraševanja, zato ta kriterij ne bi smel imeti vloge. Houti et al. (2017) pravijo, da se e-kanban lahko bolje izkaže pri stohastičnem povpraševanju (poglavje 6.4), zato je smiselno, da ima tudi kriterij povpraševanja manjšo vlogo v modelu.
- **Število izdelkov.** Število izdelkov oz. asortima izdelkov govori v korist e-kanbanu, v kolikor je asortima izdelkov širok in obratno. Ta parameter ima največjo težo v modelu, saj se prihranki na račun elektronskega poslovanja povečujejo z naraščanjem števila izdelkov. Utežitev faktorja znaša 0,3. Jarupathirun et al. (2009) pravijo, da podjetja s širokim asortimanom izdelkov niso primerna za kanban planiranje proizvodnje. Več kot je izdelkov, več časa je potrebno za aktivnosti rokovanja s karticami, ki podjetju ne dodajajo vrednosti. E-kanban take aktivnosti minimizira.

- **Pogostost izgubljanja kartic.** Pogostejša kot je težava izgubljanja kartic, bolj bo e-kanban smiselna odločitev, saj to težavo odpravi. Utežitev znaša 0,2. V poglavju 4.3 so opisane prednosti e-kanbana. Ena izmed bolj pomembnih prednosti e-kanbana je odstranitev možnosti izgube kartic, zato ima tudi ta faktor pomembno težo.
- **Razdalja med posameznimi postajami.** Večja razdalja med posameznimi postajami pomeni večjo primernost za uvedbo e-kanbana in obratno. Tudi ta parameter ima večjo vrednost v modelu. Utežitev je 0,2. Svirčević et al. (2013) pravijo, da je lahko prihranek delovnih ur transportnih delavcev do 15 % (če so razdalje dolge lahko še več) na račun privarčevane poti, ki je potrebna za prenašanje kartic.
- **Obvladovanje investicije.** Po stroškovni analizi, ki jo mora vsako podjetje narediti posebej, ker se zelo spreminja glede na posamezne potrebe in želje, se mora podjetje odločiti, ali ta investicija predstavlja manjši ali večji poseg v proračun. Manjši kot je ocenjen poseg, bolj bo parameter naklonjen e-kanbanu. Podjetje se mora torej vprašati, ali lahko obvladuje zahtevano investicijo. Utežitev faktorja je 0,15. Finančna plat investicije je vedno pomembna in nadzorovana s strani managementa. Ker MacKerron et al. (2014) pravijo, da e-kanban ne zahteva velike finančne investicije, ima kriterij manjšo težo od nekaterih.
- **Povezljivost z ERP sistemom.** Podjetje mora na podlagi izkušenj, tehnologije in znanj opredeliti, ali povezljivost z ERP sistemom predstavlja težavo ali ne. V kolikor oceni, da povezava oz. integracija e-kanbana v obstoječi ERP sistem ne predstavlja težav, bo to pomenilo prednost za uvedbo e-kanban sistema. Utežitev znaša 0,1. Prednost e-kanbana je tudi povezljivost z ERP sistemom podjetja. V kolikor je povezljivost enostavna govori v korist e-kanbanu. Ker lahko podjetje za to aktivnost najame zunanega izvajalca, ima kriterij manjšo utež.

V Tabeli 3 so navedeni vsi kriteriji in njihove uteži. Število izdelkov ima največji vpliv v odločitvenem modelu, sledita pa faktorja pogostosti izgubljanja kartic in razdalje med postajami. Obvladljivost investicije ima nekoliko manjšo utež, povezljivost z ERP pa še manjšo. Najmanjšo utež predstavlja stohastičnost povpraševanja.

Tabela 3: Kriteriji in pripadajoče uteži

	Stohastično povpraševanje	Število izdelkov	Pogostost izgubljanja kartic	Razdalja med postajami	Obvladovanje investicije	Povezlj. z ERP	Vsota
Teža parametra	0,05	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1	1

6.5.2 Ocenitev alternativ

Odgovorni v podjetju morajo s številko od 1 do 10 oceniti, kam se njihovo podjetje uvršča glede zgoraj opisanih kriterijev za posamezno alternativo. Višja kot je ocena, boljše bo kriterij vplival na alternativo. V Tabeli 4 je predstavljena ocenitev alternativ na primeru izbranega podjetja.

Tabela 4: Ocenitev alternativ

	Stohastično povpraševanje	Število izdelkov	Pogostost izgubljanja kartic	Razdalja med postajami	Obvladovanje investicije	Povezlj. z ERP
E-kanban	4	10	4	10	6	6
Tradicionalni kanban	1	4	1	4	9	10

E-kanban lahko ima določene prednosti v primeru stohastičnega povpraševanja. Izbrano podjetje se sooča s precej konstantnim povpraševanjem, vseeno pa so možna določena nihanja. Ker ta nihanja niso prevelika, je ocena 4 smiselna za ta kriterij. Izbrano podjetje ima zelo širok asortima izdelkov, iz tega sledi ocena 10. Težava pogostosti izgubljanja kartic se pojavi približno enkrat mesečno. E-kanban to težavo povsem odpravi, ampak ker se ne pojavlja pogosto, je ocenjena z vrednostjo 4. Na račun elektronskega poslovanja je kriterij razdalje med postajami zelo pomemben. Ta govori v prid e-kanbanu, če je razdalja velika, saj takrat podjetje največ pridobi, če uvede e-kanban. Ocena alternative za ta kriterij znaša 10. Ker je za uvedbo e-kanbana potrebna večja investicija kot za uvedbo tradicionalnega kanbana, govori ta kriterij v prid tradicionalnemu kanbanu. Ker bi izbrano podjetje lahko obvladovalo investicijo, ki je potrebna za uvedbo e-kanbana znaša ocena 6. Izbrano podjetje bi moralo precej časa posvetiti povezljivosti e-kanbana z ERP sistemom. Ker podjetje ima določena znanja, ki so pri tem potrebna, saj elektronsko poslovanje znotraj podjetja na nekaterih področjih že obstaja, je smiselna ocena 6.

Tradicionalni kanban ne ponuja rešitve pri stohastičnem povpraševanju, zato ima oceno 1. Večje kot je število izdelkov, bolj kriterij govori v prid e-kanbanu. Tradicionalni kanban lahko deluje tudi v primerih širokega asortimaja izdelkov, vendar postane preveč kompleksen zaradi rokovanja z mnogo karticami, zato ima oceno 4. Tudi pri pogostosti izgubljanja kartic tradicionalni kanban ne ponuja rešitev in je zato ocenjen z 1. Zaradi velike razdalje med postajami govori ta kriterij močno v prid e-kanbanu. Za uvedbo tradicionalnega kanbana je investicija manjša in zato bolj obvladljiva. Ker je manjša investicija (npr. za kartice, kanban nabiralnike,...) še vedno potrebna, je smiselna ocena 9. Povezljivost z ERP v primeru uvedbe tradicionalnega kanbana ni potrebna. Ker podjetje te aktivnosti ne izvaja, je smiselna ocena 10, kar pomeni, da popolnoma govori v prid tradicionalnemu kanbanu.

6.5.3 Izbor najboljše alternative

V naslednjem koraku je potrebno vsako oceno alternativ pomnožiti s težo parametra. Pomnožene vrednosti so prikazane v Tabeli 5.

Tabela 5: Izbor najboljše alternative

	Stohastično povpraševanje	Število izdelkov	Pogostost izgubljanja kartic	Razdalja med postajami	Obvladovanje investicije	Povezlj. z ERP	Vsota
Teža parametra	0,05	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1	1
E-kanban	0,2	3	1	2	0,9	0,6	7,7
Trad. kanban	0,05	1,2	0,2	0,6	1,35	1	4,4

Kot je razvidno iz modela, je za izbrano podjetje smiselnejša uvedba e-kanbana. Največjo naravnost k e-kanbanu predstavljata zlasti dva kriterija:

- število izdelkov,
- razdalja med postajami.

To sovпада tudi s teorijo, tako da je rezultat logičen in pričakovan. Izbranemu podjetju bi svetoval uvedbo e-kanbana po korakih, ki so predstavljeni v magistrskem delu. Z uvedbo e-kanbana si podjetje pripravi tudi izhodišče za nadaljnje izboljšave, saj je e-kanban lahko v naslednjih korakih nadgrajen v pametni kanban sistem. Podjetje bi torej z e-kanbanom lahko sledilo tehnološkemu napredku, ki je nujen za obstoj podjetij tudi v naslednjih letih.

SKLEP

Odločitveni modeli pomagajo pri sprejemanju raznih odločitev tako, da v obzir vzamejo različne kriterije in na njihovi podlagi določijo najboljšo racionalno alternativo. V magistrskem delu sem razvil model, ki lahko poljubnemu podjetju pomaga pri odločanju glede uvedbe elektronskega kanban sistema v proizvodnjo.

Kanban je sistem za vodenje proizvodnje in deluje na vlečnem principu. Šele ko naslednja postaja v proizvodnem procesu porabi določeno omejeno zalogo, se sproži signal za proizvodnjo v prejšnji proizvodni postaji. Izbrano podjetje uporablja kanban sistem za planiranje proizvodnje v celici senzorja tlaka. V prihodnosti bo podjetje tovrstno planiranje proizvodnje uvedlo tudi v ostale celice. Podjetju bi svetoval uvedbo kanban sistema v celotno proizvodnjo. Ko je kanban princip (delovanje, značilnosti ipd.) dobro poznan vsem (vpletenim) zaposlenim, je možna izboljšava sistema z uvedbo elektronskega kanbana. Ta nudi veliko prednosti pred tradicionalnim kanban sistemom: časi upravljanja s karticami so

minimizirani, odstranjena je težava izgubljanja kartic, oskrbovalna veriga postane bolj transparentna, omogočeno je lažje ocenjevanje dobaviteljev idr. Največja prednost uvedbe e-kanbana je omogočanje elektronskega poslovanja in s tem povezani prihranki na račun bolj učinkovitega delovanja. Koraki uvedbe elektronskega kanban sistema so podrobno opisani v magistrskem delu. Uvedba elektronskega kanban sistema je smiselna, ker bo planiranje proizvodnje bolj učinkovito, poleg tega pa nudi tudi podlago za morebitno kasnejšo nadgradnjo s tehnologijami interneta stvari. Uvedba e-kanbana v izbranem podjetju je najbolj smiselna zaradi širokega asortimaja izdelkov in velike razdalje med posameznimi proizvodnimi postajami. Pred uvedbo e-kanbana se mora vsako podjetje prepričati ali je finančna investicija za njih obvladljiva in ali je mogoča povezljivost z ERP sistemom.

V prvem delu magistrskega dela sem pregledal in opisal teorijo povezano s tradicionalnim, elektronskim in pametnim kanban sistemom. Poleg tega sem opisal tudi principe in filozofijo JIT proizvodnje. Drugi del magistrskega dela zajema analizo trenutnega stanja izbranega podjetja, predstavitev korakov uvedbe elektronskega kanbana in ocenitev smiselnosti te uvedbe ter razvoj odločitvenega modela, ki bo pomagal pri odločanju glede uvedbe elektronskega kanbana v poljubno podjetje. Pri tem velja opozoriti, da naj odločitveni model služi kot pomoč in ne kot edini razlog za tovrstno uvedbo. Zaradi specifičnosti vsakega posameznega primera je potrebno celovito razumevanje in tehtanje med pozitivnimi izidi in morebitnimi težavami pri uvedbi elektronskega kanban sistema v podjetje.

LITERATURA IN VIRI

1. Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2001). Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*, 38(4), 393–422.
2. Al-Baik, O., & Miller, J. (2015). The kanban approach, between agility and leaness: a systematic review. *Empirical Software Engineering*, 20(6), 1861–1897.
3. Anderson, C. (2013). *Izdelovalci: nova industrijska revolucija*. Ljubljana: Umco.
4. Ashton, K. (2009, 22. junij). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*. Najdeno 22. avgusta 2017 na spletnem naslovu <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>
5. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
6. Bamberg, B., Johann, A., & Waldow, P. (2012). Energy Efficiency in Logistics – SmartKanban as an Intelligent Intra-Logistics Architecture for Kanban Scenarios. *Information Technology*, 54(1), 34–40.
7. Cimorelli, S. (2013). *Kanban for the Supply Chain* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
8. Cisco Systems. (2015). *Fog computing and the Internet of Things: Extend the Cloud to Where the Things are* [white paper]. Najdeno 3. aprila 2017 na spletnem naslovu https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/docs/computing-overview.pdf
9. Geissbauer R., Vedso J., & Schrauf S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. *Global Industry 4.0 Survey*. Najdeno 18. avgusta 2017 na spletnem naslovu <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
10. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
11. Guo, J., Teng J., Li, S., Wan, D., & Jiang, X. (2013). Study on Eletronic Kanban Management System in Steel Structure Engineering of an International Expo Centre. *Advanced Materials Research*, 621, 375–380.
12. Heizer, J., & Render, B. (2005). *Flexible Version: Operation Management* (7th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
13. Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
14. Houti, M., Abbadi, L., & Abouabdellah, A. (2017). E-Kanban the new generation of traditional Kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (str. 1261–1270). Rabat: IEOM Society.
15. ITW. Najdeno 13. marca 2018 na spletnem naslovu <http://www.itwmetalflex.com/>
16. Jain, P.C., & Vijaygopalan K.P. (2010). RFID and Wireless Sensor Networks. *ASCNT conference* (str.1–11). Noida: CDAC.
17. Jankowski, S., Covello, J., Bellini, H., Ritchie, J., & Costa, D. (2014, 3. september). The Internet of Things: Making sense of the next mega-trend. Najdeno 5. marca 2017 na

spletnem naslovu <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf>

18. Jarupathirun, S., Ciganek, A., Chotiwankeawmanee, T., & Kerdpitak, C. (2009). Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study. *Internet and Management*, 17(SP1), 1–4.
19. Junior, M. L., & Filho, M. G. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13–21.
20. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 (Final report of the Industrie 4.0 Working Group). Najdeno 4. marca 2017 na spletnem naslovu http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf
21. Kouri, A., Salmimaa, J., & Vilpola, H. (2008). The Principles and Planinning Process of an Electronic Kanban System. *19th International Conference on Production Research* (str. 99–104). Valparaiso: The Institute for Operations Research and the Management Sciences.
22. Langford, J. (2007). *Logistics principles and applications* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
23. Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
24. Lubben, R. (1988). *Just-in-Time Manufacturing*. New York: McGraw-Hill.
25. MacKerron, G., Kumar, M., Kumar, V., & Esain, A. (2014). Supplier replenishment policy using e-Kanban: A framework for successful implementation, *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 25(2), 161–175.
26. Mayilsamy, T., & Kumar, P.E. (2014). Implementation of E-Kanban System Design in Inventory Management. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(9), 1–4.
27. Marikova, O. (2008). E-kanban and its Practical Use. *Conference STČ* (str. 1–10). Praga: Strojna fakulteta, Univerza v Pragi.
28. Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing – The business perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189
29. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516.
30. Naik, R., Kumar, V., & Goud, U. (2013). Electronic Kanban System. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(3), 148–153.
31. Phumchusri, N., & Panyavai, T. (2015). Electronic Kanban System for Rubber Seals Production. *Engineering Journal*, 19(1), 38–49.
32. Rahman, N., Sharif, S., & Esa, M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(1), 174–180.
33. Stevenson, J.W. (2005). *Operations Management* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.
34. Sun, C. (2012). Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Procedia*, 1(1), 106–111.

35. Svirčević, V., Simić, D., & Ilin, V. (2013). Advantages of e-Kanban System Compared to Classic Kanban Serving Production Line. *1st Logistics International Conference* (str. 161–165). Beograd: Faculty of Transport and Traffic Engineering, Department of Logistics.
36. Thürer, M., Pan, Y., Qu, T., Luo, H., Li, C., & Huang, G. (2016). Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27(6), 1–10.
37. Tuner, R., Ingold, D., Lane, J.A., Madachy, R., & Anderson, D. (2012). Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments. *Procedia Computer Science*, 8(1), 309–314.
38. Vaquero, L., & Roderio-Merino, L. (2014). Finding Way in the Fog: Towards a Comprehensive Definition of Fog Computing. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 44(5), 27–32.
39. Vollmann, T., Berry, W., & Whybark, C. (1997). *Manufacturing Planning and Control Systems*. New York: Irwin/McGraw-Hill.
40. Volkmann, C. (2011). Lean Manufacturing: Kanban and Pull Based Manufacturing. Najdeno 13. decembra 2017 na spletnem naslovu <https://ax-dynamics.com/resources/dynamics-ax-2012-lean-manufacturing-kanban-and-pull-based-manufacturing>
41. Vu, H. (2014, 24. oktober). An overview of decision-making models. Najdeno 10. maja 2018 na spletnem naslovu <https://toughnickel.com/business/An-overview-of-decision-making-models>
42. Wan, H., & Chen, F.F. (2008). A Web-based Kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring. *The international Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(9/10), 995–1005.
43. Wang, H. (2012). The Electronic Kanban System for Mixed-Model Assembly Based on Simulated Annealing Algorithm. *Advanced Materials Research*, 403–408(1), 4355–4359.
44. Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 1(1), 158–168.
45. Waters, D. (2003). *Inventory Control and Management* (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
46. Waters, D. (2006). *Operations strategy*. London: Thomson Learning.
47. Zhang, Y., Jiang, P., & Huang, G. (2008). RFID-based smart Kanbans for Just-In-Time manufacturing. *Int. J. Materials and Product Technology*, 33(1), 170–183.
48. Zhang, L., Wang, Z., Wu, B., & Li, J. (2015). The Study and Development of E-kanban Management in MES for Hardware Plastics Production Workshop. *International Conference on Intelligent Systems Research and Mechatronics Engineering* (str. 322–329). Zhengzhou: Guangdong Institute of Automation.

PRILOGI

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Intervju z vodjo poslovne enote	1
Priloga 2: Seznam pogosto uporabljenih kratic	2

PRILOGA 1: Intervju z vodjo poslovne enote

Intervjuvanec: dr. Peter Orbanić, vodja poslovne enote

Dolžina intervjuja: 45min

Pri implementaciji JIT principov ste imeli najbrž kar veliko izzivov. Ali je bila sprememba zavedanja zaposlenih eden izmed njih? Kako ste poizkušali rešiti ta problem?

Zagotovo, prav to je bil en največjih izzivov. Ena stvar je to razložiti managementu, povsem nekaj drugega pa je to razložiti zaposlenemu, ki v podjetju deluje 20 let. Imeli smo več izobraževanj na temo vitke proizvodnje. Prav tako poizkušamo spodbuditi vodje oddelkov, da svoje ekipe ustrezno obveščajo z informacijami in jih opolnomočijo. Podjetje ima tudi razna spletna izobraževanja na temo vitke proizvodnje, ki si jih lahko udeleži vsak zaposlen.

5S je sistem, ki opozarja na čistočo in urejenost v podjetju. Ali ta sistem uporabljate? Kako skrbite za vzdrževanje sistema?

Sistem 5S je bil uveden nekaj let nazaj in verjamem, da je to en izmed temeljev podjetja. V preteklosti smo imeli redne mesečne preglede na katerih smo opozarjali na urejenost delavnega mesta. V zadnjem obdobju smo to opustili in že so vidli slabši rezultati, to bomo popravili.

Kako ste posrkbeli za pretočnost proizvodnje?

Investirali smo v avtomatizirane proizvodne linije za ključne izdelke in s tem omogočili enoizdelčni tok materiala. Težava, ki jo imamo je, da se težko prilagajamo potrebam kupcev.

Glajenje proizvodnje je en ključnih načel proizvodnje ravno ob pravem času. Kako se spopadate s tem?

Z uvedbo kanban sistema za planiranje proizvodnje smo naredili velik korak naprej pa čeprav samo v okviru ene proizvodne linije (v prihodnosti si želimo to razširiti še na druge proizvodne linije, pravzaprav že delamo na tem). S tem se kratkoročno ne več preveč oziramo na napovedovanje povpraševanja in s tem lahko proizvodnjo planiramo veliko bolj konstantno. Ob izrazitih spremembah povpraševanja pa lahko naletimo na težave zaradi pomanjkanja fleksibilnosti. Recimo, da za neprekinjeno proizvodnjo neke avtomatizirane linije potrebujemo pet ljudi. V kolikor bi želeli narediti pol manj izdelkov bi še vedno potrebovali pet ljudi, samo prej bi bili proizvodi narejeni. Včasih bi bilo bolje, da bi namesto petih ljudi potrebovali zgolj tri in bi lahko dva prerazporedili na druga delovna mesta.

Zadni korak implementacije JIT je standardizacija dobrih praks? Ali si v podjetju zapisujete in delite najboljše prakse?

Znotraj devizije imamo veliko sestankov in konferenčnih klicev, kjer si izmenjujemo težave in dobre prakse glede proizvodnje. V prihodnosti bomo uvedli podobno sodelovanje tudi pri drugih oddelkih, najprej na oddelku kakovosti. Velik korak naprej smo postorili na področju varstva pri delu. Vsako nezgodo na delovnem mestu poročamo ustreznim zaposlenim na korporacijskem nivoju, ki razširijo informacije med ostala podjetja in poskrbijo, da se nezgode ne ponavljajo.

PRILOGA 2: Seznam pogosto uporabljenih kratic

angl. – angleško

ERP – angl. *Enterprise Resource Planning*, sistem za načrtovanje sredstev podjetja

IoT – angl. *Internet of Things*, internet stvari

IT – angl. *Information Technology*, informacijska tehnologija

jap. – japonsko

JIT – angl. *Just in Time*, proizvodnja ravno ob pravem času

MPC – angl. *Manufacturing Planning and Control*, planiranje proizvodnje in nadzor

MPS – angl. *Master Production Schedule*, glavni proizvodni raspored

MRP – angl. *Material Requirements Planning*, sistem planiranja potreb po materialu

RFID – angl. *Radio-frequency Identification*, radiofrekvenčna identifikacija

WIP – angl. *Work in progress*, nedokončana zaloga