

Оперативни ризици у Just-In-Time логистичким системима: Узроци, последице и ублажавање

Operational Risks in Just-In-Time Logistics Systems: Causes, Effects and Mitigation

Михајло Костић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ИНЖЕЊЕРСКИ МЕНАѢМЕНТ

Кратак садржај – Рад синтетизује кључне налазе мастер рада о оперативним ризицима у Just-In-Time (JIT) логистичким системима. Приказани су интерни, екстерни и системски извори ризика, њихове непосредне и посредне последице на перформансе ланца снабдевања, као и мере ублажавања: диверсификација добављача, хибридни JIT–JIS модели, дигиталне технологије (IoT, AI/аналитика, дигитални двојници), стандарди и планови континуитета пословања (ISO 31000/BCP). Дат је сажет упоредни приказ JIT-а према традиционалним системима и предложене су препоруке за изградњу “resilient JIT” приступа који балансира ефикасност и отпорност.

Кључне речи (три до пет): Just-In-Time, оперативни ризици, ланац снабдевања, ISO 31000, дигитална трансформација.

Abstract – The paper summarizes key insights from the master’s thesis on operational risks in Just-In-Time (JIT) logistics systems. It classifies internal, external and systemic risk drivers, analyzes their immediate and downstream impacts on supply chain performance, and proposes mitigation levers: supplier diversification, hybrid JIT–JIS policies, digital technologies (IoT, AI/analytics, digital twins), and standards/business continuity planning (ISO 31000/BCP). A concise comparison between JIT and traditional systems is provided, followed by recommendations towards a resilient JIT paradigm.

Keywords: (three to five): Just-In-Time, operational risk, supply chain resilience, ISO 31000, digital technologies.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био Др. Стеван Милисављевић, ред. проф.

1. УВОД

Just-In-Time (JIT) представља организацију производње и логистике засновану на “повлачењу” материјала, минималним залихама и кратким циклусима. Елиминација сигурносних залиха снижава укупне трошкове и убрзава протоке, али повећава осетљивост система на кашњења добављача, поремећаје у транспорту, отказе опреме и варијације потражње [2,6].

Учестали глобални прекиди последњих година (пандемије, блокаде коридора, енергетски и геополитички шокови) појачавају ризик од ланчаних ефеката и *bullwhip* појаве у JIT окружењима.

2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР И ИСТОРИЈАТ JIT СИСТЕМА

Премештај од фордизма (масовна производња заснована на “гурању” по плану са дугим циклусима, великим сигурносним залихама и високом стандардизацијом) ка тојотизму (производња заснована на “повлачењу” по стварној потражњи са малим серијама, минималним залихама, и принципима као што су Kanban, one-piece flow и jidoka, уз континуирано унапређење) означава постепено напуштање залиха као тампона у корист стабилног протока и видљивости тока материјала. Тај заокрет се 1970-их консолидује у јапанској ауто-индустрији, 1980-их шири на Запад, 1990-их интегрише у Lean, после 2000-их напредује уз дигитализацију, а након 2020. еволуира у хибридне конфигурације JIT–JIS које спајају ефикасност тојотизма са робусношћу фордизма.

Упоредни приказ дат је у табели испод:

Табела 1. Упоредни приказ фордизма и тојотизма (JIT-а)

Карактеристика	Фордизам (масовна производња)	Тојотизам (JIT)
Фокус	Стандартизација, велике серије	Флексибилност, мале серије
Залихе	Високе сигурносне залихе	Минималне залихе
Систем	“Push” (производња гура робу)	“Pull” (потражња повлачи)
Трошкови	Нижи по јединици, али високи трошкови залиха	Нижи укупни трошкови, али ризик од прекида
Квалитет	Контрола након производње	Уграђен у процес (jidoka)

Као што је приказано у Табели 1, ЈТ смањује залихе али повећава захтеве за поузданошћу целог система. ЈТ почива на стабилној потражњи, поузданим добављачима, кратким циклусима, минималним залихама и високој видљивости токова. Кључ је “pull” логика: свака операција производи тек оно што наредна тражи. Квалитет је “уграђен” (jidoka), расипања се систематски уклањају (Lean), а континуирано унапређење (Kaizen) држи варијансу под контролом. Видљивост обезбеђују Kanban и интегрисани ERP/MES/WMS системи. У ЈТ-у елиминација сигурносних залиха смањује “тампон”, па мали поремећај (кашњење, отказ, грешка) брзо ескалира на ниво целог ланца. Савремени приступи комбинују идентификацију, процену и третман ризика дуж мреже снабдевања, уз нагласак на операционализацију преко стандарда и података у реалном времену.

3. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЈТ И УПОРЕДНИ ПРИКАЗ СА ТРАДИЦИОНАЛНИМ СИСТЕМИМА

Традиционални систем се ослања на “гурање” производње по плану и велике серије, док ЈТ систем користи “повлачење” по стварној тражњи и мале серије ради краћих циклуса и брже реакције.

Традиционални систем одржава сигурносне залихе као тампон против варијансе и неизвесности, уз дуже и варијабилније време испоруке. ЈТ систем минимизује залихе и скраћује времена испоруке, али тиме преноси захтев за стабилношћу на процес, добављаче и транспорт.

У традиционалном систему планирање превасходно води MRP уз грубље сигнале тражње, док се ЈТ систем ослања на Kanban сигнале и интегрисана ERP/MES/WMS решења, што обезбеђује високу видљивост тока, честе испоруке и тесну синхронизацију са добављачима.

Традиционални систем одржава шири портфел добављача са мање интеракције и рејим испорукама. ЈТ систем се ослања на мањи број поузданих партнера, честе и мање испоруке и стабилне токове.

Традиционални систем је робуснији на поремећаје захваљујући баферима, али скупљи и спорији [2]. ЈТ систем доноси ниже трошкове и већу флексибилност у стабилним условима, али је осетљивији на поремећаје и захтева стабилност процеса.

Приказ основних разлика између ова два система дат је у наредној табели 2. У условима високе неизвесности и слабих сигнала тражње, традиционални систем нуди већу робусност по цену трошкова и брзине [2,11]. У стабилним условима са поузданим добављачима и добром видљивошћу, ЈТ систем постиже ниже трошкове и краће циклусе.

4. ОПЕРАТИВНИ РИЗИЦИ У ЈТ (ИНТЕРНИ, ЕКСТЕРНИ, СИСТЕМСКИ).

У ЈТ-у одсуство сигурносних залиха значи да и мало одступање може моментално зауставити ток и изазвати домино-ефекат кроз процес [2,6].

Табела 2. Упоредни приказ основних карактеристика ЈТ и традиционалног система

Димензија	ЈТ приступ	Традиционални приступ
Логика планирања	“Pull” (потражња повлачи производњу)	“Push” (планирани налози гурају производњу)
Залихе	Минималне, готово нулте сигурносне залихе	Веће сигурносне залихе као “тампон”
Серије	Мале серије, чести setup-и	Веће серије, ређи setup-и
Рокови испоруке	Кратак, стабилан и предвидив	Дужи и променљив
Добављачи	Мали број поузданих партнера, блиска сарадња	Шира база добављача, мања интеграција

Елиминација “тампона” снижава трошкове и убрзава протоке, али повећава осетљивост на кашњења, отказе и варијације потражње, па локални сигнал брже ескалира до нивоа ланца (*bullwhip*). У контексту учесталих глобалних поремећаја, последице оваквог система постају израженије.

Интерни ризици обухватају људске грешке, недовољну стандардизацију, отказе ИТ система и отказе опреме, па су стандардни рад, jidoka и превентивно одржавање прва линија одбране. У ЈТ окружењу и најмање одступање постаје видљиво јер нема резервних капацитета ни залиха које би апсорбовале грешку, што захтева дисциплину процеса и културу континуираног унапређења (Kaizen).

Екстерни ризици укључују кашњења и отказе добављача, транспортне и царинске застоје, екстремне временске неприлике и регулативне промене, а у ЈТ-у су појачани јер нема бафера који би их апсорбовали. Варијабилност у логистичким коридорима и на граничним прелазима директно се преноси на време испоруке. У пракси је потребно рано откривање спољних поремећаја и брза корекција плана како би се спречила ескалација.

Системски ризици произилазе из међузависности чворова мреже и глобалних поремећаја, док сајбер инциденти могу парализати дигиталну инфраструктуру од које ЈТ зависи. Пандемије, блокаде коридора и геополитичке кризе генеришу поремећаје који се брзо преливају кроз цео ланац снабдевања, а напади на ERP/MES/WMS системе могу изазвати застој чак и без физичког отказа.

У пракси се границе између интерних, екстерних и системских ризика често бришу, па поремећаји брзо “преливају” нивое и захтевају холистичан приступ управљању. Зато се препоручује интегрисан оквир управљања ризиком који спаја видљивост у реалном времену, хибридне ЈТ–ЈС политике (селективни бафери за критичне артикле), више извора и алтернативне руте, уз стандарде и планове континуитета пословања.

5. ПОСЛЕДИЦЕ ПОРЕМЕЋАЈА У ЈТ СИСТЕМИМА

Поремећаји у ЈТ-у производе ефекте који превазилазе оперативни ниво и преносе се на финансије, односе са

купцима и добављачима, репутацију и дугорочну конкурентност. Последице се групишу на непосредне, посредне, финансијске и стратешке, што наглашава мултипликативан карактер удара на пословање.

Непосредне последице укључују застоје линија, пропуштене рокове, ванредне експедитне пошиљке и раст оперативних трошкова услед преусмеравања ресурса и прековремених сати. Оне настају јер у ЈТ-у нема сигурносних залиха које би амортизовале мали поремећај, па се варијација времена испоруке директно прелива на сервисне нивое.

Посредне последице обухватају пад квалитета услуге и продуктивности, учестала репланирања и нарушавање поверења у ланцу. Када нестабилност потраје, купци се окрећу стабилнијим добављачима, па оперативни проблем прераста у дугорочни губитак тржишног удела.

Финансијске последице настају кроз директне губитке прихода, пенале за кашњења и скок трошкова услед ванредних решења (хитне испоруке, алтернативне руте, скупљи добављачи). Елиминација залиха, која у стабилности доноси уштеде, током поремећаја постаје извор великих расхода.

Стратешке последице огледају се у одлагању инвестиција и иновација, потреби за редизајном мреже и ревизијом портфеља добављача, као и у трајној ерозији конкурентске позиције. Ова димензија чини да управљање последицама не буде само оперативни задатак, већ и питање дугорочног позиционирања.

Сумирано, поремећаји у ЈТ-у делују као “множител” који технички проблем убрзо претвара у финансијски и стратешки изазов, због чега је систематска процена последица предуслов за избор ефикасних мера ублажавања у наредном кораку.

6. СТРАТЕГИЈЕ ЗА УБЛАЖАВАЊЕ РИЗИКА У ЈТ СИСТЕМИМА

Стратегије се деле на проактивне и реактивне мере.

Проактивне мере предвиђају и спречавају поремећаје пре него што ескалирају, док реактивне минимизују штету и брзо враћају стабилност. Најбољи резултат даје њихова комбинована примена.

Диверсификација и управљање добављачима су прва линија отпорности. Више извора за критичне компоненте, алтернативне руте и коридори, те договорени ритмови испорука снижавају зависност од једног чворишта. Ове мере директно умањују вероватноћу тоталног застоја [2,5,8].

Хибридни ЈТ–ЈС модели обезбеђују селективне стратешке залихе тамо где је ризик највећи. “Паметне залихе” се одређују аналитиком тако да штите континуитет без прекомерног везивања капитала. Резервни капацитети и backup линије додају флексибилност без враћања на велике тампоне.

Дигиталне технологије подижу видљивост и брзину реакције. Интегрисани ERP/MES/WMS системи, IoT праћење у реалном времену, аналитика и AI омогућавају рано откривање одступања и предикцију ризика. Digital twin и симулације тестирају “шта-ако” сценарије без ризика по живе операције, док сајбер безбедност штити критичну дигиталну инфраструктуру.

Људи и култура су неопходан носач свих мера. Стандардни рад, уграђени квалитет и континуирано унапређење (Kaizen) држе варијансу под контролом и чине ЈТ одрживим без великих бафера. Обука и дисциплина процеса скраћују време опоравка.

Стандарди и BCP дају структуру и заједнички језик. ISO 31000 поставља управљање ризиком, ISO 22301 континуитет пословања, ISO 28000 безбедност ланца, а ISO 27001 заштиту података и ИТ система. Овај оквир повезује прагове толеранције на ризик са оперативним протоколима опоравка.

Сумирано, “resilient ЈТ” комбинује ЈТ ефикасност са селективним баферима, диверсификованим изворима, алтернативним рутама и дигиталном видљивошћу. Тај приступ не елиминише ризике, али их чини видљивим, управљивим и предвидивим.

7. УЛОГА НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА У СМАЊЕЊУ РИЗИКА

Нове технологије спајају ЈТ ефикасност са проактивним управљањем ризицима. Видљивост у реалном времену и предиктивни модели скраћују реакционо време и спречавају ескалацију поремећаја. Интеграција алата ствара основу за “resilient ЈТ”.

IoT и праћење у реалном времену. Сензори и RFID обезбеђују континуално праћење материјала, опреме и транспорта. Интеграција са ERP/MES/WMS системима даје рани сигнал одступања и омогућава брзу корекцију тока.

Вештачка интелигенција и аналитика. Big data и AI модели предвиђају варијације потражње, отказе и логистичке застоје. Организације прелазе са реактивних на проактивне одлуке.

Blockchain и транспарентност ланца снабдевања. Децентрализовани записи повећавају транспарентност и интегритет података у ланцу. Брже се откривају лажни, погрешни или закаснили сигнали.

Digital twin и симулације. “Дигитални близанци” омогућавају “шта-ако” сценарије без прекида операција. Индустријска пракса показује примену у производњи и логистичким мрежама уз предиктивну аналитику.

Аутоматизација и роботика. Аутоматизовани токови смањују варијансу циклуса и зависност од ручних активности. Брже и стабилније операције умањују вероватноћу застоја.

Cybersecurity и дигитални ланци. Дубока дигитализација доноси сајбер ризике који могу парализати ЈТ протоке. Заштита ERP/MES/WMS и IoT система постаје критичан слој отпорности.

Интеграција технологија. Комбиновање IoT, аналитике, blockchain-а и digital twin-а омогућава предвиђање, симулацију и превенцију поремећаја. Таква оркестрација трансформише ЈТ у систем који је истовремено ефикасан и отпоран.

8. АНАЛИЗА ПОРЕМЕЋАЈА У ЈТ СИСТЕМИМА

Анализа поремећаја повезује типологију узрока са њиховим ефектима и избором мера. Структура обухвата типологију, утицај на перформансе, упоредне

примере, лекције и закључне напомене, уз матрице у прилозима за систематизацију. Циљ је да се “тип поремећаја × ефекти × мере” претвори у оперативни алат за доношење одлука.

Типологија издваја природне догађаје, тржишне и економске поремећаје и здравствено-друштвене кризе. Сви поремећаји нарушавају принцип правовремене испоруке, али се разликују по динамици и трајању утицаја. Ова класификација служи као полазиште за избор циљаних противмера.

Механизми преноса укључују *bullwhip* ефекат и високу међузависност мреже. У ЈИТ-у мали сигнал тражње или локални застој постаје крупна осцилација због изостанка тампона и брзог повезивања чворова. Резултат су преоптерећени капацитети, кашњења и раст трошкова дуж ланца.

Утицај поремећаја мери се на капацитет, квалитет, рокове и сервисне нивое. Варијансе времена испоруке директно утичу на ОТИФ и продуктивност када нема сигурносних залиха. Аналитички приказ у поглављу обухвата везу између узрока, метрика учинка и последица.

Природне катастрофе убрзано прекидају производњу и логистику, као у случају земљотреса и цунамија у Јапану 2011. године [5,8]. Пандемија указује на дуготрајну, глобалну димензију са поремећајем транспорта и трговине.

Лекције и стратешке импликације указују да ЈИТ остаје ефикасан у периодима стабилности, али тражи проактивне механизме отпорности у неизвесности. Комбинација видљивости у реалном времену, хибридних политика и алтернативних извора и рута смањује осетљивост система на поремећаје.

9. ЗАКЉУЧАК

Закључак синтетизује налазе да традиционални ЈИТ, у условима честих поремећаја, показује крхкост, али да се та рањивост умањује кроз комбинацију диверсификације, селективних залиха, дигитализације и организационе отпорности [2,5,8]. Та синтеза обликује “resilient ЈИТ” као нови правац развоја који балансира ефикасност и отпорност.

Практична вредност налаза је у померању фокуса са чисте минимизације трошкова ка обезбеђивању континуитета пословања. Менаџерске препоруке усмеравају на редизајн мреже снабдевања, јачање односа са кључним добављачима и увођење јасних прагова услуге и толеранција на ризик.

Теоријски допринос је у третирању ЈИТ-а као динамичног оквира који еволуира под утицајем неизвесности. Ова перспектива спаја логику “pull” ефикасности са дисциплином управљања ризицима у реалном времену.

Кључне препоруке за праксу укључују хибридне ЈИТ–ЈИС политике за критичне артикле, више извора и алтернативне руте, као и дигиталну видљивост кроз ERP/MES/WMS, IoT, аналитику/AI и digital twin. Стандарди ISO 31000/22301/28000 и 27001 обезбеђују структуру за процену, опоравак и заштиту дигиталних ланаца.

Последњи закључак је да поремећаји нису само претња него и извор учења. Из њих произлазе смернице за

унапређење процеса и иновације модела, што јача дугорочну конкурентност система.

За оперативну примену, матрице ризика и табеле “тип поремећаја × ефекти × мере” служе као брзи алати за одлуке у различитим сценаријима. Оне повезују класификацију поремећаја са мерљивим исходима и предложеним противмерама.

Сумирано, препоручени правац је изградња “resilient ЈИТ”, што би задржало ефикасност ЈИТ-а, али уз селективне бафере, флексибилне изворе, алтернативне логистичке коридоре и дубоку дигиталну видљивост, засновану на стандардима и плановима континуитета. Тај приступ не елиминише ризике, али их чини предвидљивим, управљивим и значајно мање деструктивним по перформансе.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Beker, I. (2017). Menadžment rizikom. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
- [2] Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson Education.
- [3] Ohno, T. (1988). Toyota production system: Beyond large-scale production. Productivity Press.
- [4] Ivanović, S., & Milić, M. (2015). Menadžment rizikom. Univerzitet u Nišu – Ekonomski fakultet.
- [5] Sheffi, Y. (2015). The power of resilience: How the best companies manage the unexpected. MIT Press.
- [6] Chopra, S., & Meindl, P. (2019). Supply chain management: Strategy, planning, and operation (7th ed.). Pearson.
- [7] World Economic Forum. (2020). The future of the last-mile ecosystem. WEF Report
- [8] Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). Global supply chain and operations management: A decision-oriented introduction to the creation of value. Springer.
- [9] Gereffi, G. (2018). Global value chains and development: Redefining the contours of 21st century capitalism. Cambridge University Press.
- [10] Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. International Journal of Production Economics, 103(2), 451–488.
- [11] Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations management: Sustainability and supply chain management (13th ed.). Pearson.
- [12] Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. (2017). Enterprise risk management: Integrating with strategy and performance. COSO.

Кратка биографија:



Михајло Костић рођен је у Пироту 1998. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области - финансијски менаџмент одбранио је 2021.год. **Контакт:** mihajlo.kostic1998@gmail.com