



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Rok Strašek
Matjaž Novak
Tomaž Perme
Egon Žižmond
Damijan Koletnik
Alen Orbanič
Iztok Kavkler
Jernej Bodlaj

Management



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Znanstvene monografije
Fakultete za management Koper

Glavna urednica

izr. prof. dr. Anita Trnavčević

Uredniški odbor

prof. dr. Roberto Biloslavo

prof. dr. Štefan Bojnec

prof. dr. Slavko Dolinšek

doc. dr. Justina Erčulj

izr. prof. dr. Tonči A. Kuzmanič

prof. dr. Zvone Vodovnik

ISSN 1855-0878

Monografija je rezultat raziskovalnega projekta
Model za tehnično in ekonomsko optimizacijo logističnega sistema.

V projektu so sodelovali raziskovalci Fakultete za management
Univerze na Primorskem:

izr. prof. dr. Rok Strašek

izr. prof. dr. Matjaž Novak

doc. dr. Tomaž Perme

prof. dr. Egon Žižmond

mag. Damijan Koletnik

in raziskovalci Inštituta za matematiko, fiziko in mehaniko iz Ljubljane:

doc. dr. Alen Orbanič

doc. dr. Iztok Kavkler

Jernej Bodljaj

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Rok Strašek
Matjaž Novak
Tomaž Perme
Egon Žižmond
Damijan Koletnik
Alen Orbanič
Iztok Kavkler
Jernej Bodlaj
Uredil
Rok Strašek



*Tehnična in ekonomska optimizacija
logističnega sistema*

dr. Rok Strašek
dr. Matjaž Novak
dr. Tomaž Perme
dr. Egon Žižmond
mag. Damijan Koletnik
dr. Alen Orbanič
dr. Iztok Kavkler
Jernej Bodlaj

Uredil

dr. Rok Strašek

Recenzenta · dr. Ajda Fošner

dr. Primož Dolenc

Izdala in založila · Univerza na Primorskem

Fakulteta za management

Cankarjeva 5, 6104 Koper

Koper · 2012

Publikacija je prosto dostopna na

www.fm-kp.si/zalozba/ISBN/978-961-266-129-8.pdf

© 2012 Fakulteta za management

Monografija je izšla s finančno podporo

Javne agencije za knjigo Republike Slovenije

CIP – Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

005.51(0.034.2)

TEHNIČNA in ekonomska optimizacija logističnega sistema
[Elektronski vir] / Rok Strašek . . . [et al.] ; uredil Rok Strašek. –
El. knjiga. – Koper : Fakulteta za management, 2012. –
(Znanstvene monografije Fakultete za management,
ISSN 1855-0878)

Način dostopa (URL):

<http://www.fm-kp.si/zalozba/ISBN/978-961-266-129-8.pdf>

ISBN 978-961-266-129-8 (pdf)

1. Strašek, Rok

264707072

Kratek povzetek

Pričujoča monografija razkriva osrednje rezultate raziskav, ki so bile uresničene v sklopu aplikativnega raziskovalnega projekta z naslovom *Model za tehnično in ekonomsko optimizacijo logističnega sistema*.

Osrednji namen projekta je bil razvoj aplikativne rešitve s področja tehnične in ekonomske optimizacije logističnega sistema, pri čemer je razvoj rešitve temeljil na ustreznih teoretičnih izhodiščih. Ključni rezultat projekta je tako zasnova izvirnega aplikativnega modela za optimizacijo logističnega sistema. V okviru pilotnega testiranja so bila dodatno evidentirana številna izkustvena spoznanja, ki pomenijo bogat prispevek v zakladnico aplikativnih spoznanj na področju optimizacije logističnih procesov.

Upoštevajoč želje naročnika projekta, večje slovenske družbe, smo aplikativne raziskave v sklopu projekta usmerili na dve področji. Prvo področje je optimizacija skladiščno-logističnih procesov znotraj skladiščno-distribucijskega centra, drugo področje pa je optimizacija razvozov v sklopu oskrbne distribucije bencinskih servisov in drugih entitet za prodajo izdelkov.

Optimizacije skladiščno-logističnih procesov znotraj distribucijskega centra smo se lotili v dveh fazah. Prva faza je bila opis stanja in prevedba posnetka obstoječih procesov v simulacijsko orodje. V drugi fazi smo te vhodne podatke uporabili za uresničitev serije primerjalnih diskretnih simulacij dejanskega stanja in alternativnih predlogov optimalne organiziranosti logističnih procesov. V sklopu priprave posnetka stanja, izvoza tega stanja v simulacijsko orodje in uresničitve simulacij smo oblikovali naslednje ključne ugotovitve. Ugotavljamo neučinkovito izkoriščenost skladišnega informacijskega sistema, ki ga ima na voljo družba. Prav tako ugotavljamo, da zaposleni na operativnih delovnih mestih ne izkoriščajo potenciala informacijskega sistema in v mnogih primerih uporabljajo zgolj izkustvena spoznanja ob zanemarjanju informacijske podpore, ki jo ponuja razpoložljivi informacijski sistem. Posledično smo ugotovili značilno stopnjo neučinkovitega izkoriščanja razpoložljivega prostora. Uresničene analize in simulacije utemeljujejo, da je ekonomsko upravičeno spremeniti velikost lokacij in število etaž v regalih.

Tudi optimizacije razvozov v sklopu oskrbne distribucije bencinskih črpalk in drugih entitet za prodajo izdelkov smo se lotili v dveh fazah. V prvi fazi smo izdelali analitični posnetek stanja distribucijskih tokov od skladišnega centra do posameznih oskrbnih mest. Na osnovi teh vhodnih podatkov je bil izdelan izvirni model (lastno simulacijsko orodje), ki omogoča optimizacijo organiziranja razvozov. Uresničene analize simulacij in optimizacij razvozov so pokazale, da obstaja možnost izboljšanja učinkovitosti razporejanja oskrbe v povprečju za 10–20 %. Obstoječi načini organiziranja razvozov omogočajo izvajalcem razvozov napihanje njihovih stroškovnih cen – ocenjujemo, da postavljajo vsaj za 10 % višje stroškovne cene, kot je upravičeno. Omeniti je treba, da ima obstoječi sistem pomembno omejitvev (ozko grlo), to je izgubo informacijske sledljivosti transportnih enot za posamezno dobavnico.

Short abstract

This monograph reveals the main results of researches that were carried out in the context of an applied research project L7-0242, entitled "A model for technical and economic optimization of the logistics system".

The main purpose of the project was to develop an applicative solution in the field of technical and economic optimization of the logistics system, with the solutions development basing on the relevant theoretical perspectives. A key result of the project was to design the original applicative model for the logistics system optimization. The pilot tests have also included additional empirical findings that represent a large contribution to the applied knowledge of the optimization of logistics processes.

Taking into account the wishes of the client, the Slovenian company, the applied researches within the project focused on two areas. The first part represents optimization of storage - logistics processes within a warehouse - distribution centre, while the second part deals with routes optimization within the supply distribution to gas stations and other entities for product sales.

The optimization of the storage - logistics processes within the distribution center was performed in two phases. The first phase represented a status description and translation of the existing processes in the simulation tool. In the second phase the input data were used for a series of the comparative discrete simulations of the actual status and alternative proposals for the optimal organization of the logistics processes. As a part of the actual status determination, export of this status in the simulation tool and simulation of the processes themselves the following key findings were created. A poor utilization of the storage information system available in the company was found out. It was also determined that the operational staff does not use the potential of the information systems in full and in many cases only the empirical evidence is used with disregarding of the information support offered by the available information system. Consequently, a significant degree of inefficient utilization of the available space was determined. The implemented analyses and simulations show that it is economically justified to modify the size of sites and number of shelves in the shelf storages.

The optimization of the routes in the context of the distribution by the gas stations and other entities for products sales was also performed in two phases. In the first phase an analytical determination of the distribution flows from the storage centre to individual sales sites was made. Based on these inputs the original model was created (our own simulation tool) that allows optimization in the route organizing. The implemented simulation analyses and optimizations of the routes showed that on average there exists a possibility of improving the supply efficiency by 10-20%. The existing ways of the routes enable operators to unreasonably increase their cost price - we believe at least by 10% above a justified cost price. It is worth noting that the existing system have an important limitation (bottleneck), namely a loss of the informational traceability of the transport units for each delivery note.

Kazalo vsebine

1	Raziskovalni problem in povzetek rezultatov.....	9
2	Analizirani logistični sistem – skladiščno-distribucijski center	11
2.1	Osnovni opis skladiščno-distribucijskega centra (SDC)	12
2.1.1	Zgradba SDC	13
2.1.2	Oprema SDC	14
2.1.3	Človeški viri	15
2.1.4	Lokacije	15
2.2	Potek dela v skladišču.....	17
2.2.1	Naročanje, dostava, prevzem in uskladičenje blaga v SDC	18
2.2.2	Popolnjevanje	19
2.2.3	Naročila in izdaja blaga iz SDC	19
2.2.4	Tok od naročila do dostave	19
2.2.5	Odprema	23
2.2.6	Nabiranje blaga v odpremo (komisioniranje).....	26
2.3	Podatki za popis stanja	28
2.4	Pomembna vprašanja in odgovori o SDC.....	29
2.4.1	Naročila in nalog za izdajo	29
2.4.2	Potrditev naročila za izdajo	30
2.4.3	Prodaja končnim kupcem v SDC	30
2.4.4	Odprema	30
2.4.5	Preglednica relacij	30
2.4.6	Šifrant vozil	31
2.4.7	Dokumenti od naročila do prevzema	31
2.4.8	Lokacije	31
2.4.9	Uskladičenje in premeščanje	32
2.4.10	Splošni podatki o delovanju SDC	32
2.4.11	Kazalniki in poslovno poročanje.....	32
2.4.12	Avtomatsko naročanje.....	33
2.5	Analiza stanja na podlagi podatkov iz baze SVS	33
2.5.1	Število odprem, naročil in postavk na delovni dan	33
2.5.2	Izdajne lokacije postavk glede na dvorano in etažo	35
2.5.3	Razpršenost lokacij izdaje blaga	36
2.5.4	Cigarete	37
2.5.5	Gume	39
2.5.6	Skladiščne skupine	40
2.5.7	Relacije.....	40
2.5.8	Urniki.....	42
2.6	Ključne ugotovitve popisa stanja.....	43
2.6.1	Podatki o operativnem poslovanju SDC	44
2.6.2	SVS Skladko tudi v drugih skladiščih.....	44
2.6.3	Statistika operativnega poslovanja	44
2.6.4	Podatki o premiku blaga v skladišču.....	45
2.6.5	Širitev skladišča v SDC	45
2.6.6	Avtomatizacija in delna avtomatizacija skladišča.....	45
2.6.7	Podaljšanje dvoran A, B in C	46
2.7	Potencialni optimizacijski problemi	46
2.7.1	Optimizacija urnikov, relacij in količin blaga v naročilu (BS)	46
2.7.2	Organiziranje odprem (redne relacije, hitre relacije)	47

2.7.3	Razmestitev blaga na lokacije v skladišču (komisioniranje)	48
2.7.4	Identifikacija blaga za dolgoročno shranjevanje	48
3	Diskretne simulacije procesov logističnega sistema	49
3.1	Cilj, namen in potek diskretne simulacije	49
3.2	Zasnova simulacijskega modela	50
3.3	Formalni model.....	51
3.3.1	Prostorski vidik in značilnosti opreme	51
3.3.2	Način dela v skladišču.....	54
3.3.3	Človeški viri	58
3.3.4	Značilnosti blaga	58
3.4	Podatki za model in simulacijo.....	60
3.4.1	Podatki za izdelavo modela.....	60
3.4.2	Podatki za simulacijo	61
3.5	Gradnja simulacijskega modela.....	64
3.5.1	Gradniki modela.....	65
3.5.2	Simulacijski model.....	70
3.6	Preizkusi z modelom (simulacija)	75
3.6.1	Simulacija in rezultati osnovnega modela.....	75
3.6.2	Simulacija in rezultati preizkušanja z različnim številom viličarjev.....	80
3.6.3	Simulacija in rezultati preizkušanja z različno razporeditvijo blaga.....	88
3.7	Povzetek poskušanj z modelom in razlaga rezultatov simulacij	93
3.8	Sklepi in priporočila za management	96
4	Distribucija in optimizacija razvozov.....	98
4.1	Optimizacija distribucijskega procesa analiziranega podjetja	98
4.1.1	Zbiranje, urejanje in priprava podatkov	98
4.1.2	Cestno omrežje iz GIS.....	98
4.1.3	Lokacije skladišča in prejemnikov	100
4.1.4	Seznami dobrin za razvoz	102
4.1.5	Parametri flote vozil (kapaciteta, cena na kilometer, regija delovanja).....	102
4.2	Model za optimizacijo razvozov.....	103
4.2.1	Teoretična izhodišča.....	103
4.2.2	Testiranje in simulacije	112
4.2.3	Predstavitev aplikacije.....	114
4.2.4	Sklepi in priporočila za management	117
4.2.5	Navodila za nameščanje programske opreme	118
5	Optimizacija izrabe skladiščnega prostora.....	119
5.1	Analiza podatkovnega modela (podatkovne baze) v obstoječem informacijskem sistemu.....	119
5.2	Identifikacija možnosti za nadgradnjo podatkovnega modela.....	120
5.3	Identifikacija možnosti za optimizacijo izrabe skladiščnega prostora	121
5.4	Razvoj orodja za podporo optimizaciji izrabe skladiščnega prostora	122
5.5	Analiza skladiščenja artiklov, ki v konicah zasedajo več kot 30 lokacij.....	125
5.6	Analiza po skupinah artiklov	146
5.7	Povzetek in zaključek	148
5.8	Sklepi in priporočila za management	148
6	Zaključek.....	150
7	Literatura in viri.....	151

Seznam slik

Slika 2.1: SDC kot del preskrbovalne verige	12
Slika 2.2: Načrt SDC	13
Slika 2.3: Prezem blaga v SDC	18
Slika 2.4: Uskladiščenje palete na lokacijo	18
Slika 2.5: Osnovni procesi od naročila do dostave	19
Slika 2.6: Predviden potek priprave odpreme glede na informacijsko podporo (po dokumentaciji)	22
Slika 2.7: Potek dostave naročila (odpreme) glede na možnosti informacijske podpore	24
Slika 2.8: Potek od naročanja do dostave tekočih goriv s črpalke v SDC (1904) (posnetek resničnega stanja)	24
Slika 2.9: Resnični potek dela dispečerja v SDC (posnetek resničnega stanja)	25
Slika 2.10: Potek od naročanja do dostave v SDC (dejansko stanje)	25
Slika 2.11: Osnovni cikel nabiranja blaga v odpremo (komisioniranje) brez potrjevanja(zgoraj) in s potrjevanjem (spodaj) blaga za jemanje oziroma prelaganje enote blaga	27
Slika 3.1: Shema zasnove digitalnega modela analiziranega logističnega sistema	50
Slika 3.2: Tloris SDC	51
Slika 3.3: Regal je osnovni gradnik regalnega skladišča	52
Slika 3.4: Hodnik z regali je osnovni gradnik regalnega skladišča	53
Slika 3.5: Prostorski prikaz regala	53
Slika 3.6: Delo viličarjev, opremljenih s terminalom	57
Slika 3.7: Preglednice podatkov, ki so udeležene na informacijski poti izdaje blaga iz skladišča	63
Slika 3.8: Gradnja simulacijskega modela je preslikava formalnega modela v digitalni model	65
Slika 3.9: Sestava modela regala s tremi stolpci	65
Slika 3.10: <i>Sestavni deli regalnega viličarja ETV</i>	66
Slika 3.11: Grafična podoba gradnika komisionirnega viličarja	66
Slika 3.12: Digitalni oziroma simulacijski model SDC	70
Slika 3.13: Regali, hodniki in transportne poti	71
Slika 3.14: Začetek hodnikov z regali, transportne poti, prevzemno mesto za palete za uskladiščenje, kontrola in linije za pripravljeno odpremo	71
Slika 3.15: Mesta za polnjenje akumulatorjev viličarjev (tudi izhodiščna mesta za viličarje), sprejemno in prevzemno mesto ter proga za odlaganje palet za uskladiščenje	72
Slika 3.16: Regali s paletami (blagom) na lokacijah	72
Slika 3.17: Digitalni oziroma simulacijski model SDC pred začetkom simulacije (v začetnem stanju)	73
Slika 3.18: Začetno stanje na mestu za viličarje in mestih za sprejem in prevzem	73
Slika 3.19: Regalni viličarji čakajo v vrsti za nalaganje palete za uskladiščenje	74
Slika 3.20: Komisionirni viličar z zaključeno paleto na vožnji na mesto kontrole	74
Slika 3.21: Viličarji na mestih za komisioniranje in uskladiščenje	74
Slika 3.22: Pripravljeno blago na paletah čaka na nakladanje na vozila in odpremo	75
Slika 3.23: Začetek simulacije (Date), trajanje simulacije (End) in trenutni čas oziroma konec simulacije (Time) ter planirane izmene (Shift-1 in Shift-2)	77
Slika 3.24: Gostota toka blaga oziroma voženj viličarjev	78
Slika 3.25: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivosti dveh izmen na dan	78
Slika 3.26: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpreme rampe	79
Slika 3.27: Spremljanje stanja na odpremi rampi glede na določeno relacijo	79

Slika 3.28: Gostota toka oziroma voženj viličarjev	81
Slika 3.29: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivost dveh izmen na dan	81
Slika 3.30: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpreme rampe	82
Slika 3.31: Spremljanje stanja na odpremi rampi glede na določeno relacijo	82
Slika 3.32: Gostota toka oziroma voženj viličarjev	83
Slika 3.33: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivost dveh izmen na dan	83
Slika 4.1: Cestni odsek in lokaciji prejemnika najbližja točka na cestnem odseku	101
Slika 4.2: Primer dela seznama lokacij za dostavo	102
Slika 4.3: Shematski prikaz konfiguracije.....	105
Slika 4.4: Operacija vstavljanja.....	106
Slika 4.5: Operacija 1-relocate	107
Slika 4.6: Operacija savings	107
Slika 4.7: Operacija 2-opt.....	108
Slika 4.8: Operacija 2-relocate	108
Slika 4.9: Prikaz principa lokalne optimizacije za iskanje minimuma grafa funkcije	109
Slika 4.10: Uporabniški vmesnik programa aplikacije za optimizacijo.....	112
Slika 4.11: Arhitektura programskega orodja	113
Slika 4.12: Slika uporabniškega vmesnika aplikacije	114
Slika 4.13: Okno za prikaz napredka optimizacije in za izvedbo prekinitve	115
Slika 4.14: Primer optimizacije za regijo A2 – Primorska.....	115
Slika 4.15: Primer optimizacije za vso Slovenijo	116
Slika 4.16: Animacija razvozov	116
Slika 5.1: Primer zaloge cigaret	122
Slika 5.2: Uporabniški vmesnik aplikacije.....	123
Slika 5.3: Zavihek Skupine	124

Kazalo preglednic

Preglednica 2.1: Podrobnejši podatki o tehnološki opremi SDC	14
Preglednica 2.2: Specifikacija skladiščnih mest v dvoranah.....	17
Preglednica 2.3: Specifikacija skladiščnih mest na podestu	17
Preglednica 2.4: Podatki o naročilu za izbrani bencinski servis v obdobju enega meseca	29
Preglednica 2.5: Število odpre in izdanih nalogov v opazovanem obdobju	34
Preglednica 2.6: Število različnih lokacij izdaj istega blaga iz SVSTNP	36
Preglednica 2.7: Število izdaj blaga in število lokacij izdaj na blago iz SVSTNP	36
Preglednica 2.8: Število lokacij, ki jih zaseda enako blago (MAT_SIF) v AB, 10 in 20 iz SVSLKA	36
Preglednica 2.9: Cigarete z vseh lokacij	37
Preglednica 2.10: Cigarete z lokacij A in B.....	37
Preglednica 2.11: Cigarete z lokacij A in B etaže 10 in 20.....	37
Preglednica 2.12: Cigarete z lokacije E	37
Preglednica 2.13: Cigarete, ki predstavljajo 80% vse količine izdanih cigaret z vseh lokacij v SDC.....	37
Preglednica 2.14: Cigarete, ki predstavljajo 80% vse količine izdanih cigaret z lokacij A in B	38
Preglednica 2.15: Postavka izdaja gum.....	39
Preglednica 2.16: Skupaj gume z vseh lokacij.....	39
Preglednica 2.17: 383 artiklov gum, ki obsegajo 80,1 % vse izdane količine gum in 75,58 % vseh postavk.....	39
Preglednica 2.18: Skladiščne skupine (SGRS_SIF).....	40
Preglednica 2.19: Skladiščne skupine za cigarete.....	40
Preglednica 2.20: Skladiščne skupine za gume.....	40
Preglednica 2.21: Relacije, uporabljene v odpremah (SVSODR), in število odprem na določeni relaciji.....	40
Preglednica 2.22: Relacije iz preglednice prioritet relacij za naslovnike (prejemnike) in število prejemnikov v določeni relaciji.....	41
Preglednica 2.23: Urnik odpre (kdaj pridejo vozila po določeno odpremo).....	42
Preglednica 2.24: Podatki iz preglednice odpre (SVSODR)	43
Preglednica 3.1: Cone skladiščenja (SVSCON)	55
Preglednica 3.2: Najpogosteje uporabljene možnosti pakiranja (MATMPK)	55
Preglednica 3.3: Podatki o blagu (matična preglednica materiala MATMAT).....	58
Preglednica 3.4: Preglednica SSCC	59
Preglednica 3.5: Preglednica lokacij SVSKLOK.....	60
Preglednica 3.6: Preglednica artiklov na lokaciji (SVSLKA).....	62
Preglednica 3.7: Prezem po SSCC (SVSPPS)	63
Preglednica 3.8: Izdaje po terminalu (SVSTNP)	64
Preglednica 3.9: Podatkovni model gradnika regala.....	66
Preglednica 3.10: Lokacije SVSLOK v modelu	67
Preglednica 3.11: Izhodiščno stanje SVSLKS	68
Preglednica 3.12: Vhodi v skladišče SVSPPS	68
Preglednica 3.13: Izdaje na terminalu SVSTNP	69
Preglednica 3.14: Vhodni podatki o blagu v SDC (input_SVSPPS)	69
Preglednica 3.15: Izpis uporabljenih viličarjev (terminalov) od 1. do 6. februarja 2009	76
Preglednica 3.16: Seznam relacij v preglednici SVS_ramp za obdobje od 1. do 6. februarja 2009.....	76
Preglednica 3.17: Skupna dolžina prevožene poti viličarjev	79

Preglednica 3.18: <i>Točnost odpreme</i>	80
Preglednica 3.19: <i>Skupna dolžina prevožene poti 5 viličarjev</i>	81
Preglednica 3.20: <i>Točnost odpreme 5 viličarjev</i>	82
Preglednica 3.21: <i>Skupna dolžina prevožene poti 4 viličarjev</i>	83

1 Raziskovalni problem in povzetek rezultatov

Raziskovalni projekt enakomerno združuje vsebine dveh ved: matematike in mikroekonomike, navezuje pa se tudi na področje tehniških ved. Predmet proučevanja je razvoj modela za tehnično in ekonomsko optimizacijo logističnega sistema podjetja, ki se ukvarja z distribucijo energentov. Pri tem je tehnična učinkovitost logističnega sistema definirana kot razmerje med dejanskim obsegom uresničenih logističnih storitev in potencialnim obsegom logističnih storitev glede na dan obseg »enot«. Z ekonomsko učinkovitostjo pa merimo, za koliko so stroški opravljanja logistične storitve višji od potencialno najnižjih. Če kriterijema tehnične in ekonomske učinkovitosti dodamo različne robne pogoje, med katerimi je eden pomembnejših zadovoljstvo odjemalcev, lahko poiščemo množico rešitev z uporabo ustrezne metode optimizacije. Na ta način prevedemo problem tehnične in ekonomske učinkovitosti v matematični problem in se soočimo z vprašanjem ustrezne metode optimizacije, katere algoritem mora biti takšen, da ga je mogoče učinkovito in poceni uporabiti v praksi.

Raziskovalni projekt ima dva osrednja namena. Prvi je teoretične, drugi pa aplikativne narave. S teoretičnega vidika je osrednji namen razvoj modela (postopka) optimizacije logističnega sistema po tehnološkem kriteriju in po ekonomskem kriteriju. Z aplikativnega vidika pa je osrednji namen projekta ta model prenesti na primer logističnega sistema podjetja, ki distribuira energente.

Znanstveno izhodišče projekta je mikroekonomska teorija proizvodnje in stroškov. Na logistični sistem namreč lahko gledamo kot na proizvodni obrat, v katerem so ustrezne logistične povezave vez med skladiščnim prostorom in odjemnimi enotami. Analizo tehnične učinkovitosti (zaledje zanjo je proizvodna funkcija) in stroškovne učinkovitosti (zaledje zanjo je stroškovna funkcija) lahko v tem primeru apliciramo na naslednje segmente celovitega logističnega sistema:

- na skladiščni prostor, ker gre za optimizacijo izrabe prostora glede na naravo blaga ob upoštevanju sezonskega povpraševanja odjemnih enot po različnih vrstah blaga;
- na logistične poti, pri čemer ob upoštevanju najkrajših poti zasledujemo tudi cilj najhitrejše dobave.

Osrednji problem raziskave lahko opredelimo s štirih vidikov.

Prvi vidik problema, ki je predmet proučevanja, se nanaša na razvoj ustreznega modela optimizacije logističnega sistema po kriteriju tehnične in ekonomske učinkovitosti hkrati. Opravka imamo torej z optimizacijo dveh namenskih funkcij pri različnih robnih pogojih. Prva namenska funkcija je proizvodna funkcija, ki pojasnjuje odnos med obsegom uresničenih logističnih storitev na eni strani in obsegom porabljenih inputov na drugi strani. Druga namenska funkcija, ki je izvedena iz prve, tako da vpeljemo v analizo cene inputov, pa je stroškovna funkcija. Ekonomska teorija sicer nazorno dokazuje oziroma pojasnjuje, da med proizvodnimi in stroškovnimi funkcijami obstaja sistematična inverzna zveza. Toda proizvodne funkcije so po navadi zapisane kot polinome druge oziroma tretje stopnje, za katere je analitično iskanje inverzne zveze neuresničljivo. Mogoča rešitev v takem primeru je, da namesto zvezne analize vpeljemo diskretno analizo in s pomočjo ekonometričnega ocenjevanja regresijskih enačb proizvodne in stroškovne funkcije določimo »najprimernejši« polinom. Pri tem pa se soočimo z vprašanjem, katera matematična funkcija je najprimernejša za opis proizvodne in

stroškovne funkcije. Zato je nujna poglobljena ekonometrična in matematična analiza ocenjenih funkcij. Za individualno podjetje je seveda tovrstna procedura preobsežna in predraga, povezana pa je tudi z razpoložljivostjo ustreznih raziskovalcev z ustreznim znanjem matematike, mikroekonomike in ekonometrije. Soočeni smo torej z izzivom matematične in ekonometrične izpeljave dveh osrednjih namenskih funkcij – produkcijske funkcije in stroškovne funkcije, ki opisujeta delovanje logističnega sistema po tehnološkem in ekonomskem kriteriju – in z izzivom iskanja optimalne rešitve po tehnološkem in ekonomskem kriteriju hkrati, pri danih različnih robnih pogojih. Najpomembnejši robni pogoji se nanašajo:

- na ekološki vidik logističnega sistema,
- na povezavo med odjemalci in dobavitelji,
- na vpliv tehnološkega napredka.

Drugi vidik problema, ki je predmet proučevanja v tem aplikativnem raziskovalnem projektu, se navezuje na dejstvo, da v večini praktičnih primerov analitično-matematični postopki ne zadostujejo za dovolj natančen izračun ali za oceno posledic, ki jih povzroči določena odločitev. Zato se vse pogosteje uporablja (diskretna) simulacija. S teoretičnega vidika sicer uresničevanje simulacije ni poseben problem, na izzive katerega stroka oziroma znanost ne bi znala odgovoriti. Problem je povsem aplikativne narave, saj je diskretna simulacija opredeljena kot splošna programska rešitev, namenjena izdelavi dinamičnega računalniškega oziroma digitalnega modela zapletenega sistema z namenom pridobivati podatke o dinamičnem obnašanju sistema in optimizirati njegovo delovanje. Za ta namen potrebuje uporabnik veliko posebnega znanja, kar oddaljuje uporabo diskretne simulacije v realni praksi. Pri tem velja izpostaviti, da se diskretna simulacija nanaša samo na upoštevanje tehnološkega vidika optimizacije logističnega sistema. V gospodarski realnosti pa obstaja izrazita potreba po nadgradnji tehnološkega vidika z ekonomskim vidikom. Takšne naloge pa se lahko loti le strokovnjak, ki ima specifična znanja s področij matematike, logistike in ekonomije hkrati.

Tretji vidik optimizacije logističnih sistemov ima zaledje v matematiki kot znanosti in je povezan z iskanjem najkrajših poti, ki po navadi vključujejo tudi optimalno pozicioniranje logističnih centrov v omrežje. Moderne tehnologije, povezane z GPS (angl. Global Positioning System), omogočajo hiter razvoj na tem področju (sledenje vozil, optimizacija voznih redov). Ostali vidiki so osredotočeni na optimizacije v skladiščih, logističnih centrih in logističnih verigah in praviloma vključujejo algoritme za optimalno razporejanje. Če imamo informacijo o zalogah in zahtevah dano, lahko uporabimo orodja iz matematičnega programiranja (linearno, nelinearno in stohastično programiranje). V mnogih primerih so logistični sistemi preveč kompleksni in kot edini uporaben pristop se izkažejo približne simulacije za preigravanje različnih scenarijev, pri čemer se te kvantitativno ovrednotijo. Če je simulacija dovolj dober približek realnemu stanju, imajo podatki, pridobljeni iz simulacij, veliko vrednost. V projektu uporabljamo simulacijske tehnike, ki jih kombiniramo z naprednimi optimizacijskimi metodami matematičnega programiranja in kombinatorične optimizacije.

Četrty vidik optimizacije logističnega sistema pa se navezuje na modeliranje in simulacijo diskretnih sistemov. To je sistematična in visokoorganizirana metoda za izdelavo dinamičnega računalniškega oziroma digitalnega modela zapletenega sistema, za pridobivanje podatkov o njegovem dinamičnem obnašanju in za optimizacijo njegovega delovanja. Digitalni model je na podlagi analize in sinteze preslikava opazovanega sistema v računalniško obliko, ki omogoča uporabniku izvajanje poskusov v

digitalnem okolju ter s tem preverjanje hipotez in scenarijev kaj-če, statistično analizo in številski prikaz strukturnih in dinamičnih lastnosti opazovanega sistema ter primerjavo lastnosti, dejstev in razlik več sistemov, ne da bi pri tem posegali v njihovo delovanje. Kljub dokazljivim prednostim in koristim pa si diskretna simulacija vsaj na področju načrtovanja, analize in optimizacije logističnega poslovanja šele utira pot iz bazičnih znanstvenih raziskav v resnično uporabne raziskave v industrijskem okolju. Za to sta predvsem dva pomembna razloga. Prvi razlog je zapletenost sodobnih logističnih procesov in sistemov, ki za izdelavo modela zahtevajo poglobljeno strokovno znanje o organizacijskih, tehnoloških in tehničnih značilnostih procesov, postopkov in opreme logističnih sistemov ter ekspertno znanje s področja modeliranja in diskretne simulacije. Drugi razlog pa je ločeno obravnavanje tehnoloških in ekonomskih vidikov delovanja oziroma poslovanja logističnih sistemov, ki ne omogoča celovite obravnave logističnih izzivov.

Izhajajoč iz teoretičnega in aplikativnega namena raziskav nameravamo uresničiti naslednje posebne cilje:

- izdelati deskriptivno analizo state-of-the-art metodologije za optimizacijo logističnih sistemov;
- izdelati deskriptivno analizo state-of-the-art na področju diskretne simulacije za tehnološko optimizacijo;
- izdelati deskriptivno analizo state-of-the-art na področju mikroekonomske teorije v navezavi z inverzno zvezo med proizvodnimi in stroškovnimi funkcijami;
- izdelati posnetek stanja logističnega sistema družbe s tehnološkega vidika;
- izdelati posnetek stanja logističnega sistema družbe z ekonomskega vidika;
- razviti gradnike in digitalni model poslovanja značilnega logističnega sistema za nabavo, skladiščenje in distribucijo kosovnih izdelkov;
- izdelati študijo optimizacije logističnega sistema družbe po tehnološkem in ekonomskem kriteriju hkrati;
- na osnovi izdelane študije razviti model za optimizacijo logističnega sistema po tehnološkem in ekonomskem kriteriju hkrati;
- na osnovi razvitega modela opraviti serijo simulacij procesov logističnega sistema s ciljem maksimirati tehnično in ekonomsko učinkovitost;
- omogočiti akademsko diseminacijo rezultatov projekta.

2 Analizirani logistični sistem – skladiščno-distribucijski center

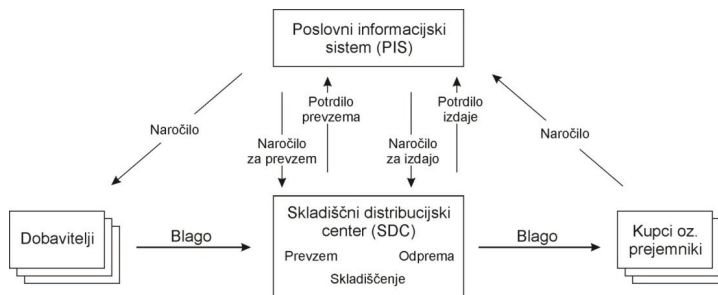
V tem poglavju predstavljamo značilnosti analiziranega logističnega sistema, ki se nanašajo na tehniške lastnosti samega sistema ter na procese oziroma organizacijo dela znotraj njega. Opis je oblikovan na podlagi tehnološke dokumentacije analiziranega logističnega sistema od sprejema naročil do dostave blaga naročnikom, podatkov o logistični opremi in informacijski podpori, do podatkov, pridobljenih iz poslovnega informacijskega sistema in sistema za vodenje skladišča, ter do podatkov, pridobljenih z intervjuji z zaposlenimi. Poglavje zaključimo z identifikacijo možnih optimizacij znotraj analiziranega logističnega sistema (optimizacija razvozov ter optimizacija procesov znotraj skladišča in izrabe skladiščnega prostora).

2.1 Osnovni opis skladiščno-distribucijskega centra (SDC)

Osnovni dejavnosti skladiščno-distribucijskega centra (SDC) za kosovno blago sta skladiščenje in distribucija kosovnega blaga, namenjenega kupcem v maloprodaji in veleprodaji. Kosovno blago je trgovsko blago, ki niso naftni derivati, goriva ali živilsko blago. Kupci v maloprodaji so vse prodajalne opazovanega podjetja, v veleprodaji pa druge pravne in fizične osebe, ki niso del poslovne skupine opazovanega podjetja.

Naloge SDC so prevzem v skladiščenje, skladiščenje, priprava odprem z nabiranjem blaga (komisioniranje) in odprema oziroma dostava kosovnega blaga prejemnikom (s pogodbenimi prevozi) ter izdajanje blaga iz skladišča končnim kupcem z lastnim prevozom.

Slika 2.1: SDC kot del preskrbovalne verige



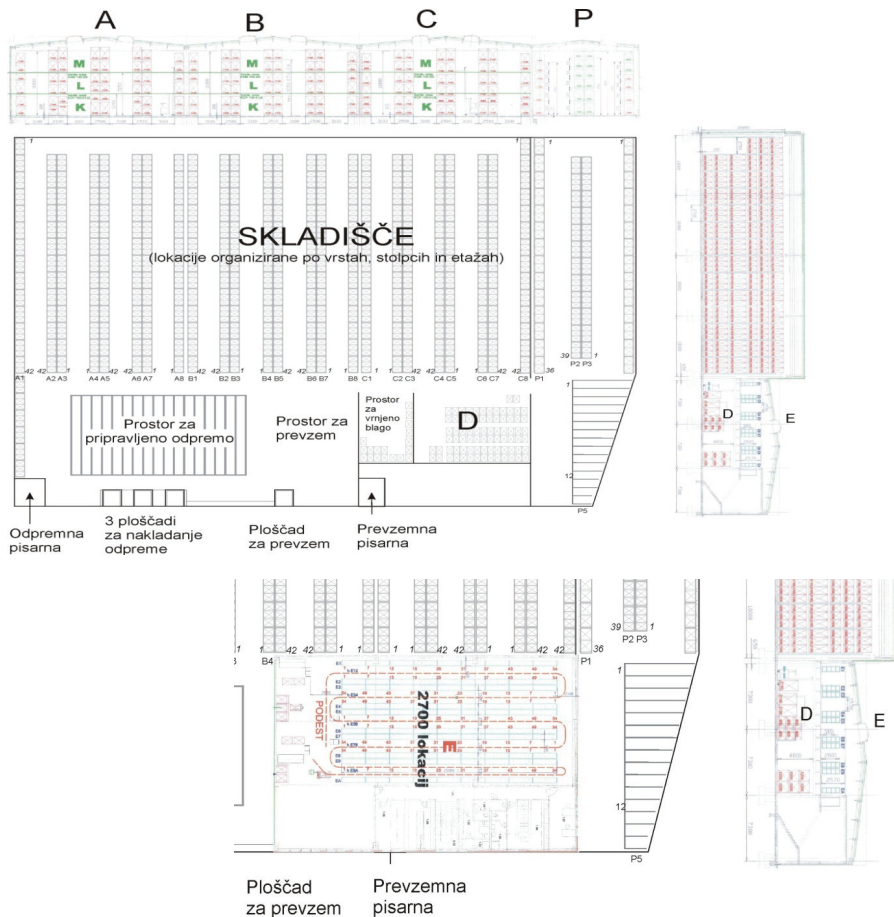
Poslovanje skladišča je informacijsko podprto s sistemom za vodenje skladišča (SVS) Skladko, ki je informacijsko povezan s poslovnim informacijskim sistemom (PIS). Prek uporabniškega vmesnika (Web) se v PIS vnesejo vsa naročila blaga pri dobaviteljih in naročila za izdajo blaga iz SDC. Prevzem blaga v skladišče ali izdajo blaga iz skladišča vodi SVS, vendar izključno na podlagi naročil za prevzem oziroma naročil za izdajo, ki jih SVS dobi od PIS. SVS pošlje po vsakem izvedenem prevzemu blaga v skladišče in izdaji blaga iz skladišča (po končani pripravi odpreme) potrdilo o prevzemu ali izdaji ter podatke o količini in vrsti blaga, ki je prišlo v skladišče ali pa je skladišče zapustilo. Na ta način ima PIS v vsakem trenutku posodobljene podatke o stanju zalog v skladišču, ki so potrebni za naročanje blaga pri dobaviteljih in za potrditev naročil kupcev.

Obravnavani logistični sistem bomo v nadaljevanju omejili na SDC, ki je osrednji del preskrbovalne verige (slika 2.1). Tako so meje opazovanega sistema naročila za prevzem in izdajo blaga, ki prihajajo v SDC iz poslovnega informacijskega sistema (PIS), ter prevzem in odprema blaga, ki prihaja v SDC in gre iz njega do notranjih in zunanjih kupcev. Tak sistemski pristop omogoča, da analizirani logistični sistem po potrebi pozneje razširimo tudi prek postavljenih meja oziroma meje pomaknemo v področja naročanja blaga pri dobaviteljih, naročanja in skladiščenja blaga na bencinskih servisih ter transporta oziroma dostave blaga prejemnikom.

2.1.1 Zgradba SDC

Objekt SDC je sodobno zasnovana konstrukcija, sestavljena iz skladišča, prostora za prevzem blaga, iz prostora za pripravljeno odpremo, iz ploščadi za vozila ter iz pisarniških in pomožnih prostorov (slika 2.2).

Slika 2.2: Načrt SDC



Skladišče sestavljajo paletno regalno skladišče, blokovno skladišče (za skladiščenje palet na tleh, kjer so naložene druga na drugo) in polično skladišče (na sliki 2.2 ni prikazano, saj je v drugi etaži nad pisarnami). V regalnem (A, B, C in P) in blok skladišču (P5) se skladišči blago na paletah (velikosti 1200 x 800, 1200 x 1200, pa tudi 1400 x 1200), v poličnem skladišču (E) pa blago v transportnih kartonih (TK) ali osnovnem pakiranju (OP).

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

2.1.2 Oprema SDC

Poleg regalov in polic za skladiščenje blaga je v SDC tudi oprema za ravnanje (manipulacijo) z blagom, kot so različni tipi viličarjev, ovijalni stroj za ovijanje odpreme na paleti s plastično folijo ter ploščadi za nakladanje in razkladanje vozil. Med opremo SDC uvrščamo tudi programsko in komunikacijsko opremo.

Skladiščno opremo tvorijo regali za palete, regali s policami in lokacijsko označevanje (blok lokacije).

Opremo za ravnanje z blagom (transport) tvorijo:

- visokoregalni viličarji (5 viličarjev),
- viličarji za razkladanje (3 viličarji),
- viličarji za nabiranje blaga v odpremo (8 viličarjev),
- ročni vozički za palete (3 mali paletni viličarji),
- del opreme so tudi palete (blago prihaja na paletah, na palete se pripravlja odprema in vrši dostava, palete se iz odprem tudi vračajo v skladišče).

Preglednica 2.1: Podrobnejši podatki o tehnološki opremi SDC

Vrsta	Pogon	Proizvajalec	Tip, oznaka	Nosilnost (kg)	Višina dviga (cm)	Letnik	Oprema
PALETNI	ROČNI	JUNGEINRICH	AM 2200	2000	20	2001	
PALETNI	ROČNI	JUNGEINRICH	AM 2200	2000	20	2002	
PALETNI	ROČNI	JUNGEINRICH	AM 2200	2000	20	2003	
ČELNI	DIESL	INDOS	D168/3,3P	900	160	1997	
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ECP 100	1000	100	2000	RF T-SVS
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ECP 2100	1000	265	2000	RF T-SVS
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ECP 2100	1000	265	2000	RF T-SVS
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ECP 2100	1000	265	2003	RF T-SVS
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ECP2100	1000	265	2000	RF T-SVS
ČELNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	EFG-DF AC10	2000	480	2003	RF T-SVS
ČELNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	EFG-DH	1250	290	2000	RF T-SVS
ROČNI HIDRAVLIČNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	EJE 220R	2000	20	2004	
ROČNI HIDRAVLIČNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	EJE-R20	2000	20	2000	
ROČNI HIDRAVLIČNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ELE16	2000	20	2000	
VISOKOREGALNI	BATERIJSKI	CROWN	ESR 4000	2000	960	2001	RF T-SVS
VISOKOREGALNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ETV 216	1600	992	2000	RF T-SVS
VISOKOREGALNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ETV 216	1600	992	2000	RF T-SVS
VISOKOREGALNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ETV 216	1600	992	2008	RF T-SVS
VISOKOREGALNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	ETV 216	1600	992	2008	RF T-SVS
KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	KMS 5790	1000	570	2000	RF T-SVS
ROČNO KOMISIONIRNI	BATERIJSKI	JUNGEINRICH	SWIFT	1000	100	2000	RF T-SVS
OVIJALNI STROJ	ELEKTRIČNI	EPI PACK	ORUM	2000	2000	2000	
OVIJALNI STROJ	ELEKTRIČNI	ROBOPACK	UNIKA	2000	2000	2000	
STISKALNICA	ELEKTRIČNI	RUSCHER	FRIHOPRES S CL 46			2000	

Vir: interni dokumenti analiziranega podjetja.

Informacijsko-komunikacijsko opremo pa tvorijo:

- prevozni terminali (vsak visokoregalni viličar in komisionimi viličar ima prevozni terminal, to je računalnik z zaslonom na dotik ali tipkovnico, čitalnikom črtne kode in brezžično povezavo s SVS);
- ročni terminali (so ročni računalniki z zaslonom in tipkovnico, čitalnikom črtne kode in brezžično povezavo s SVS);
- sistem za vodenje skladišča SVS je programska oprema, nameščena na samostojnem računalniku (na sistemu baze podatkov DB2, zdaj na strežniku oziroma glavnem računalniku), komunicira s terminali po brezžični povezavi in je povezana na poslovni informacijski sistem (PIS na glavnem računalniku).

2.1.3 Človeški viri

Ključni viri v SDC so ljudje. V SDC dela in naloge opravljajo naslednji delavci:

- vodja izmene (vodi delo v skladišču);
- dispečer (vodi odpremo);
- kontrolor vrat (delavec, ki nadzira nalaganje odpreme in pomaga dispečerju);
- prevzemnik (vodi delavce na prevzemu in prevzema blago v skladišče);
- voznik visokoregalnega viličarja (delavec, ki z visokoregalnim viličarjem vozi palete s prevzemne lokacije na lokacijo v regalnem skladišču, dopolnjuje lokacije za komisioniranje, premika palete za odpremo in vozi blago s prenosno paleto na podest za dopolnjevanje poličnega skladišča, prevažna nabrano blago s podesta na kontrolo odpreme);
- komisionar (delavec, ki vozi viličar in nabira blago v odpremo);
- voznik zunanjega viličarja (delavec, ki z viličarjem razklada blago z vozila in prenaša palete na prevzem v skladišče in med zunanji lokacijami ter lokacijami v šotorih);
- delavci na podestu (skladišče E, popolnjujejo police z blagom, nabirajo blago v odpremo);
- kontrolor (delavec na odpremi, ki kontrolira vsebino palete in jo označi z nalepko);
- ovijalec (delavec, ki dela na ovijalnem stroju za ovijanje nabanega blaga na paleti s plastično folijo);
- administrator;
- arhiv;
- drugi delavci (delavci, ki pomagajo razkladati vozila, prenašati blago z malim viličarjem itn.).

Skladišče obratuje 16 ur na dan. Ob konicah delajo v treh izmenah. Običajna zasedba ene izmene šteje vsaj 28 ljudi, ob vrhuncih pa lahko tudi do 45 ali več (še do 15 študentov). Ob vrhuncih si pomagajo z delavci prek študentskega servisa (študenti), pa tudi z delom v tretji izmeni.

2.1.4 Lokacije

Lokacija je fizično mesto skladiščenja neke transportne enote z blagom iste vrste, ki ima točno določeno oznako in se vodi v sistemu za vodenje skladišča SVS. Tako se za vsako blago v skladišču ve, kje je. V SDC je po podatkih SVS 10.296 lokacij (SVSLOK). Prva črka v oznaki lokacije pomeni dvorano oziroma zaključen prostor (A, B, C, P, D in E). V dvoranih A, B, C in P so lokacije za palete v regalih. V dvorani D so blok lokacije. Nekaj blok lokacij je v dvorani P (P5). Prostor E je namenjen lokacijam na policah. Tako je po podatkih iz SVS v regalih 7.653 mest za palete (A 1.953, B 2.022, C

2.386, P 1.292), 38 je blok lokacij (D; zgolj za prejem in odlaganje, niso lokacije za sledenje blaga), 2359 je lokacij na policah (E od E1 do EA in ED, EB je omara na podestu za manjše blago večje vrednosti), 77 blok lokacij je v šotoru na dvorišču (S), 93 blok lokacij je v še enem šotoru (T) in 75 lokacij (72 blok lokacij, 3 lokacije za kontejnerje) v odprtem skladišču Z nasproti polnilnice, ki je omreženo in namenjeno skladiščenju bolj nevarnih snovi (dimenzije 8 x 8 m). SVS pa lahko blago vodi tudi na lokaciji prejema (PREJEM-F, prejem F in D; v bistvu je to samo ena neomejena logična lokacija, ki nima natančne fizične opredelitve), izdaje (IZDAJA-F, izdaja F in D; v bistvu se ta lokacija za sledenje blaga ne uporablja; ko je blago izskladiščeno, ni več sledenja po lokaciji) in premika (PREMIK-Z, blago v premiku v skladišču Z; uporablja se, če se pri notranjem premiku blaga po izskladiščanju z lokacije ne vpiše lokacija uskladiščenja).

Oznaka lokacije (A12210, E51030) je sestavljena še iz oznake za vrsto, na primer A12210, E51030 (običajno sta v hodniku dve vrsti, ena levo in druga desno), iz oznake za stolpec (A12210, E51030) in iz oznake za etažo v stolpcu (A12210, E51030). Tako pomeni oznaka A12210, da je lokacija v prostoru A, v vrsti 1, stolpcu 22 in etaži 10 (najnižja etaža), E51030 pa, da je to v poličnem skladišču na podestu v vrsti 5, stolpcu 10 in na tretji polici od spodaj. Sistem označevanja lokacij prikazuje slika 2.2.

Prvi dve etaži v regalu (xxxx10 in xxxx20) sta namenjeni nabiranju blaga v odpremo (komisioniranje), ostale etaže pa skladiščenju blaga na paletah. Z lokacij za skladiščenje se v odpremo lahko izdajajo samo cele palete. V poličnem skladišču (E) so vse police namenjene izdajanju blaga z nabiranjem. Blago pride na police z lokacij v regalnem skladišču.

Blago, ki pride v skladišče, je najprej na lokaciji prevzema, ko pa je uskladiščeno v določen regal, blok skladišče ali polico, dobi lokacijo oziroma oznako mesta skladiščenja (preglednica SVSLKA). V trenutku shranitve baze SVS je bilo v skladišču zasedenih 9030 lokacij, 429 transportnih enot pa je bilo na prostoru prevzema (prevzetih v SDC in še ne uskladiščenih na lokacijo, lahko tudi uskladiščenih na dvorišče, ki pa ni skladišče in nima uradne lokacije v bazi SVS).

Blago, ki je v odpremi pripravljeno za nakladanje na vozilo ali prevzem in čaka na mestu pripravljene odpreme, pa nima več lokacije. Blago v odpremi dejansko ni več vodeno v SVS, saj je bilo s prenosom v odpremo izskladiščeno z lokacije.

Preglednica 2.2: Specifikacija skladiščnih mest v dvoranah

Lokacija	Višina okna (mm)	Število lokacij za EURO paleto (800 x 120)
	500	31
	800	993
	900	612
	1.000	1.810
	1.200	376
	1.400	1.419
	1.600	1.748
	1.800	58
	1.900	79
	1.950	33
	2.000	455
	2.200	33
Skupaj		7.647

Vir: interni dokumenti analiziranega podjetja.

Preglednica 2.3: Specifikacija skladiščnih mest na podestu

Lokacija	Višina okna [mm]	Število lokacij (širina 600 mm)
	200	87
	500	2.260
Skupaj		2.347

Vir: interni dokumenti analiziranega podjetja.

V SDC je na lokacijah približno 3.900–4.000 različnih artiklov, od tega v regalnem skladišču približno 3.000 (lokacije A, B, C, D, S in T) in približno 1.100 na policah (lokacije E). Približno 1 % blaga, ki je na policah (lokacija E), je skladiščen tudi v regalnem delu skladišča. Skladišče na podestu (lokacija E) se dopolnjuje pretežno neposredno iz dobav oziroma ima dovolj prostora za skladiščenje blaga, ki se nabira v odpremo s polic. Tako je zelo malo premikov blaga iz regalnega dela skladišča na podest (lokacije E).

SDC razpolaga še s skladišči zunaj centralnega SDC. Ta skladišča so na treh različnih koncih Slovenije. V teh skladiščih skladiščijo blago z daljšo vezavo zaloge. Skladišča niso vodena v SVS Skladko, temveč samo v PIS.

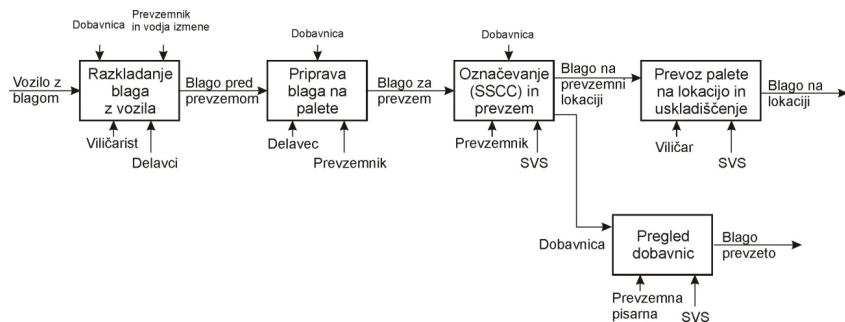
2.2 Potek dela v skladišču

Delo v skladišču je razdeljeno na prevzem in uskladiščenje blaga, premeščanje blaga med lokacijami v skladišču in na pripravo odpreme z nabiranjem. Pomembna funkcija v skladišču je dispečer, ki vodi pripravo odprem in razdeljuje odpreme vozilom za dostavo. Čeprav je dostava blaga prejemnikom prepuščena zunanjim izvajalcem in tako že zunaj postavljenih mej opazovanega sistema, jo dejansko vodi dispečer. Vsekakor je funkcija priprave odprem in organiziranje dostave ključna za zagotavljanje kakovosti storitve SDC.

2.2.1 Naročanje, dostava, prevzem in uskladičenje blaga v SDC

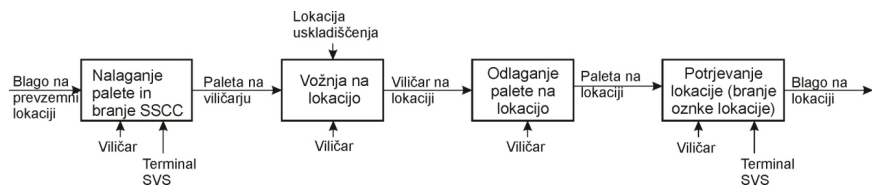
Oddelek nabave naroča blago pri dobaviteljih glede na stanje zaloge v skladišču, načrt prodaje (ocenjeno napoved prodaje) ter pogoje naročanja, nakupa in dostave, ki jih ponuja določen dobavitelj. Dobavitelj dostavi blago ob dogovorjenem roku v SDC. Voznik odda dobavnico prevzemniku (lahko tudi vodi izmene), ki preveri v SVS, ali dobavnica ustreza naročilu (SVS dobi podatek o naročilu iz PIS), nato pa določi delavce in viličarje za razkladanje blaga z vozila. Delavci in viličarji razložijo blago na ploščad za prevzem (lahko tudi na dvorišče, če v skladišču ni dovolj prostora). Blago, ki je na paletah, razložijo viličarji. Blago, ki ni na paletah (na primer pnevmatike za avtomobile in tovorna vozila), pa razlagajo delavci. To blago je treba pred uskladičenjem tudi pripraviti oziroma zložiti na palete. V skladišču je namreč osnovna transportna oziroma skladiščna enota paleta (EU 800 x 1200 ali 1200 x 1200). Prevzemnik nato palete označi s kodo SSCC (nalepi nalepko s črtno kodo SSCC na blago na paleti) ter vnese blago in kodo SSCC v SVS (na terminalu izbere blago in prebere črtno kodo SSCC na paleti). S tem je blago prevzeto in ga SVS vodi na lokaciji PREVZEM-F (slika 2.3).

Slika 2.3: Prevzem blaga v SDC



Ko je viličar za uskladičenje (visokoregalni viličar) prost, naloži paletu z blagom, ki čaka na prevzemni lokaciji (slika 2.4).

Slika 2.4: Uskladičenje palete na lokacijo



V terminal (prevozni) vnese kodo palete (prebere črtno kodo SSCC na paleti), na terminalu pa se izpiše lokacija, na katero naj paletu uskladišči. Viličar odpelje paletu na lokacijo, jo odloži na mesto v oknu regala in potrdi lokacijo uskladičenja (prebere črtno kodo lokacije). Če SVS ne predlaga lokacije uskladičenja (ni več prostih lokacij), blago na paletah počaka na prevzemni lokaciji na prsto lokacijo v skladišču. S prevzemne lokacije ni mogoče izdajati blaga z zbiranjem (komisioniranjem) niti cele palete (pred tem jo je treba uskladiščiti, za kar so lahko na voljo tudi lokacije D).

2.2.2 Popolnjevanje

Popolnjevanje je preskladiščenje oziroma premik palet z blagom v skladišču z lokacije skladiščenja na lokacijo za izdajo blaga v odpremo z nabiranjem. Ko je določena paleta na lokaciji, s katere se nabira blago v odpremo, prazna, da SVS visokoregalnemu viličarju nalog (na prevozni terminal), naj prepelje paletu z blagom z lokacije za skladiščenje na lokacijo za nabiranje v odpremo. Viličarist pri prihodu na lokacijo prebere oznako lokacije (prebere črtno kodo palete ali lokacije), SVS pa mu pove lokacijo, na katero naj paletu odloži. Ko odloži paletu na lokaciji, prebere črtno kodo lokacije in s tem sporoči SVS lokacijo uskladiščenja.

Na police v polično skladišče gre blago v transportnih kartonih in osnovnem pakiranju, ki ga prenese viličar po nalogu SVS z lokacij regalnega skladišča. Visokoregalni viličar dvigne in odloži blago, ki je na paleti, na podest. Delavec na podestu (skladišče E) prevzame blago in ga zloži na prazne lokacije na policah. Pri odlaganju določenega blaga prebere črtno kodo blaga in črtno kodo lokacije ter se tem potrdi lokacijo blaga, ki jo vodi SVS (blago uskladišči na lokacijo v poličnem skladišču).

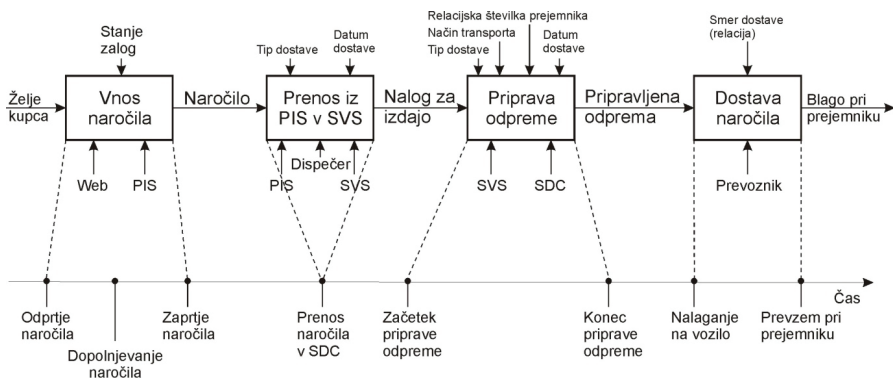
2.2.3 Naročila in izdaja blaga iz SDC

Naročila za izdajo so naročila kupcev, zato je smiselno razširiti meje opazovanega sistema tudi na vnos naročil. Naročila se glede načina transporta delijo na naročila, ki jih dostavi prodajalec (transport prodajalca), in na naročila, kjer blago prevzame kupec v SDC (transport kupca). Transport oziroma dostava prodajalca je zunanja storitev, ki jo izvajajo pogodbeni partnerji. Za optimizacijo so zlasti zanimiva naročila, ki vključujejo tudi dostavo.

2.2.4 Tok od naročila do dostave

Osnovni procesi od naročila do prejema blaga (prejemnik je običajno kupec oziroma naročnik) oziroma dostave, ki jo izvede prodajalec, so vnos naročila, prenos naročila iz PIS v sistem za vodenje skladišča (SVS), priprava odpreme oziroma blaga za izdajo iz skladišča in dostava naročniku oziroma prejemniku (slika 2.5).

Slika 2.5: Osnovni procesi od naročila do dostave



Naročanje (vnos naročila)

Prodaja poteka na podlagi naročila. Vse poslovanje se izvaja prek poslovnega informacijskega sistema (PIS). Pooblaščenici na bencinskih servisih, komercialisti (prodajalci, prodajalci na terenu) in referenti (naročila po telefonu in elektronski pošti) vnašajo naročila v PIS prek spletnega vmesnika (Web). Naročilo se v PIS obdela oziroma potrdi (naročilo se potrdi, če je na zalogi dovolj blaga; določena naročila zahtevajo vnaprejšnje plačilo, zato se potrdijo šele, ko je naročilo plačano). Odprto naročilo se lahko dopolnjuje, dokler se ne zapre. Naročilo se zapre ob prenosu v SDC oziroma ko ga dispečer v SCD sprejme v obdelavo (razvrsti v odpremo) oziroma aktivira.

Naročilo

Naročilo sestavljajo podatki o kupcu in prejemniku, relacijska oznaka prejemnika, datum dokumenta, datum načrtovane odpreme in seznam blaga.

Prenos naročila v SDC

PIS pošlje sistemu za vodenje skladišča SVS naročilo za izdajo blaga iz skladišča (to je dejansko naročilo kupca; SVS brez naročila za izdajo ne pripravi odpreme). PIS pošlje SVS nalog za izdajo samodejno, če je tip dostave izredni in datum dostave naslednji dan. PIS izvede prenos naročila v SVS, takoj ko je naročilo končano (konča ga tisti, ki ga vnaša). Čas prenosa se meri v sekundah (v največ eni minuti od konca vnosa je nalog za izdajo na SVS).

Vsa naročila z rednim tipom naročila pošlje PIS na SVS ob 13. uri en dan pred dostavo, ki je določena v urniku dostav. Urnik dostav velja predvsem (ali izključno) za bencinske servise. V urniku dostav za določeni bencinski servis je označeno, kolikokrat na teden (vsak dan, dvakrat ali enkrat na teden) in katere dneve v tednu (ponedeljek, torek, sredo, četrtek, petek) servis dobi dostavo.

Nekateri bencinski servisi želijo imeti dostavo ob določeni uri, da lahko organizirajo prevzem odpreme. Čas izberejo glede na proste zmogljivosti in tudi druge prevzeme naročil oziroma blaga drugih dobaviteljev (blago iz skladišča v BTC, nekateri neposredni dobavitelji, časopis, prevzem blaga v ambulantni dostavi itn.).

Bencinski servis (BS) lahko ima odprto samo eno naročilo. Ko je določeno naročilo končano (ko dispečer aktivira nalog za izdajo), lahko BS odpre novo naročilo, vendar z naslednjim datumom odpreme, ki ga določa urnik odprem. V praksi so mogoči tudi ročni posegi v sistem, tako da se datum načrtovane odpreme spremeni in je določeno naročilo lahko prej na vrsti (urgence, ni sistematizirano).

Nalog za izdajo (povzeto po dokumentaciji)

Nalog za izdajo je količinski seznam blaga, ki ga je treba pripraviti za odpremo. Narejen je na podlagi naročila. Nalog za izdajo sestavljajo glava dokumenta in seznam naročenega blaga po postavkah. V glavi dokumenta so naslednji podatki:

- oznaka izdajnega naloga (IZG),
- skladišče izdaje (knjigovodsko skladišče),
- unikatna številka dokumenta,
- vrsta izdaje (naročilo kupca, vračilo dobavitelju, medskladiščna izdaja ...),
- podatki o kupcu (šifra kupca, ime, naslov ...),

- podatki o prejemniku (šifra prejemnika, ime, naslov ...),
- relacijska oznaka prejemnika,
- datum dokumenta (datum nastanka dokumenta, datum zadnje spremembe),
- datum načrtovane odpreme (če je naročilo izredno, se mora izvesti glede na ta datum),
- število postavk v nalogu,
- status dokumenta (nov, ažuriranje, storno),
- vrata (naslov skladišča, fizično),
- način transporta (prodajalčev, kupčev),
- tip dostave (redni, izredni).

Podatki o blagu v postavki pa so:

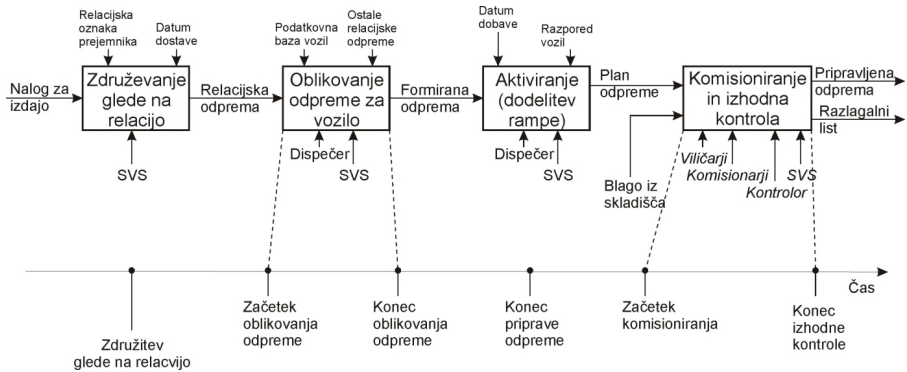
- oznaka izdaje postavke (IZP),
- skladišče prejema,
- številka dokumenta (ključ),
- vrsta izdaje dokumenta (ključ),
- zaporedna številka postavke,
- šifra artikla,
- količina (v enoti mere EM, kot je opredeljena v šifrantu artiklov, na to je vezana cena artikla),
- geslo rezervacije (običajno oznaka kupca ali trga; se ne uporablja),
- največja starost blaga v dneh (če ni oznake, je samodejno najstarejši),
- zahtevana kakovost (če je prazno, je samodejno 1. kakovost),
- cena (nabavna) po EM.

Podatki o blagu so v šifrantu artiklov (MAT), pakirni skupini (MPS) in pakiranju (MPK). V bazi SVS so ti podatki shranjeni v preglednicah SVSIZG, SVSIZP, MATMAT, MATMPS in MATMPK.

Priprava odpreme (povzeto po dokumentaciji)

Naročilo oziroma nalog za izdajo se po prenosu v SVS glede na navedbo relacije (smer vožnje dostave) uvrsti v določeno relacijsko odpremo. Relacijska odprema je seznam vseh prenesenih naročil oziroma nalogov za izdajo z enako primarno relacijsko številko prejemnika (smer vožnje) in enakim datumom dostave. SVS oziroma dispečer na podlagi podatkov iz relacijske odpreme oblikuje formirano odpremo za določeno vozilo, pri čemer upošteva, da so dostave izvedene s čim manj in čim bolj polnimi (volumen, masa) vozili. Ko dispečer določi čas prihoda vozila (začetek nalaganja) in nalagalno ploščad (rampa), se formirana odprema aktivira oziroma se tvori plan odpreme (PO). Glede na PO se z izbiranjem blaga iz skladišča (komisioniranjem) tvorijo transportne enote odpreme in odlagajo na rampi v vrstnem redu nalaganja (obratnem od izdajanja prejemnikom na določeni relaciji) na vozilo. Po izdajni kontroli se tvori razlagalni list in odprema (odpreme za določeno vozilo) je pripravljena za prevzem oziroma nalaganje na vozilo.

Slika 2.6: Predviden potek priprave odpreme glede na informacijsko podporo (po dokumentaciji)



Potrdilo naloga za izdajo (povzeto po dokumentaciji)

SVS tvori potrdilo naloga za izdajo, takoj ko so vse postavke iz naročila fizično vnesene v odpremo (komisioniranje) oziroma ko je potrjen vnos zadnje postavke in ga pošlje v PIS (podlaga za izdelavo dobavnice in računa). Dokument sestavljajo glava in potrditve postavk. Glava potrdila vsebuje naslednje podatke:

- verzija formata sporočila,
- ime dokumenta (GPI, glava potrdila izdaje),
- številka skladišča (SDC),
- številka dokumenta (naloga za izdajo),
- vrsta izdaje (naročilo kupca, vračilo dobavitelju, medskladiščna izdaja ...),
- zaporedna številka postavke,
- število izdanih transportnih enot,
- datum izdaje,
- ura in minuta konca komisioniranja,
- primarna relacijska številka prejelnika,
- šifra odpreme tega naročila,
- šifra prevoznika (ni v uporabi),
- voznik vozila (ni v uporabi),
- registracija vozila (ni v uporabi),
- registracija priklovice (ni v uporabi),
- dejansko število odpremljenih postavk.

Potrditev postavke pa vsebuje naslednje podatke:

- ime potrdila (PPI, postavka potrdila izdaje),
- številka skladišča,
- številka dokumenta (naloga za izdajo),

- vrsta izdaje,
- šifra artikla,
- zaporedna številka postavke,
- izdana količina (enota mere),
- kakovost izdane postavke.

V bazi SVS so najbližje opisanemu potrdilo SVSINI in SVSTNP, v katerih so podatki, kaj je bilo izdano iz skladišča v odpremo. Na podlagi teh preglednic se tvori potrditev izvedbe naloga za izdajo.

2.2.5 Odprema

Odprema je enota blaga, ki je pripravljeno glede na naročilo za izdajo. Po odpremi SVS pošlje PIS tudi potrdilo odpreme glede na naročilo izdaje, ki je podlaga za izstavitev računa (račun se izstavi takoj, ko je potrjena odprema, ne glede na to, ali je kupec odpremo dobil v celoti).

Pripravljena odprema

Pripravljena odprema je skupek odprem oziroma enot blaga, ki so pripravljene glede na naročilo za izdajo ter čakajo zložene na rampi na nalaganje na vozilo.

Dostava naročila (po dokumentaciji)

Po prihodu vozila na rampo se začne nalaganje pripravljene odpreme na vozilo. Ko so naložene vse odpreme, jih prevoznik dostavi prevzemnikom po točno določenem vrstnem redu. Vrstni red je določen glede na relacijo in mesto prevzemnika na tej relaciji (smer dostave).

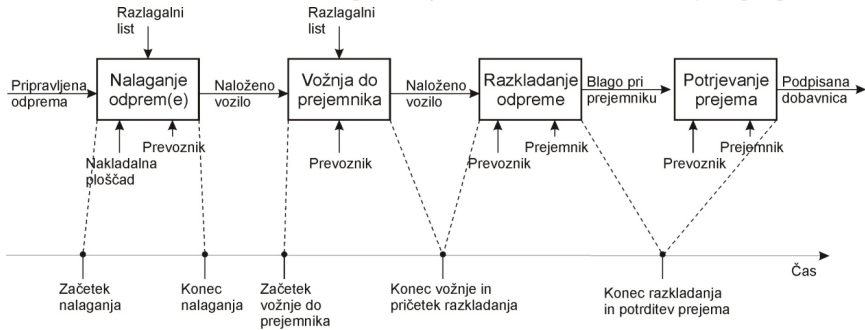
Relacija

Relacija oziroma smer dostave je pot, po kateri pelje vozilo od izhodiščne točke, to je SDC, do končne točke, ki je najbolj oddaljen prejemnik na tej smeri dostave. Relacij je več in so zapisane v preglednici relacij (SVSREL). Preglednica je odprta in se lahko dopolnjuje in spreminja.

Šifrant prejernih mest

V šifrantu prejernih mest (SVSPRE) so zbrani vsi podatki o strankah (SVSPOP), ki naročijo, kupijo oziroma prejmejo naročeno blago. Vsak prejemnik ima poleg drugih podatkov tudi podatek o primarni relaciji (obvezen podatek) in več sekundarnih relacijah (niso obvezne) ter podatek o legi na zemljevidu. Relacijska oznaka prejemnika je sestavljena iz oznake smeri dostave in zaporedne številke prejemnika na tej relaciji.

Slika 2.7: Potek dostave naročila (odpreme) glede na možnosti informacijske podpore



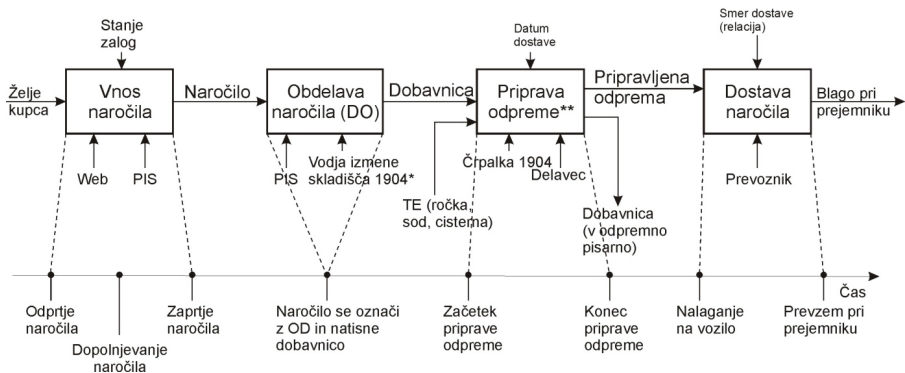
Naročanje in dostava tekočih goriv s črpalke v SDC (posnetek stanja)

V SCD je tudi črpalka, kjer se polnijo transportne enote TE (ročke, sodi in cisterne), ki jih kupci prevzamejo sami ali pa jih prodajalec dostavi prejemniku. V primeru dostave prodajalca se odpreme s črpalke vključijo v odpremo iz skladišča kosovnega blaga (1901, SDC). Črpalka je v glavnem namenjena veleprodaji.

Slika 2.8: Potek od naročanja do dostave tekočih goriv s črpalke v SDC (1904) (posnetek resničnega stanja)

* Skladišče 1904 je črpalka za točenje goriv v SDC

** Priprava odpreme pomeni točenje goriva v TE (ročka, sod, cisterna) in označevanje TE z nalepkami s podatki

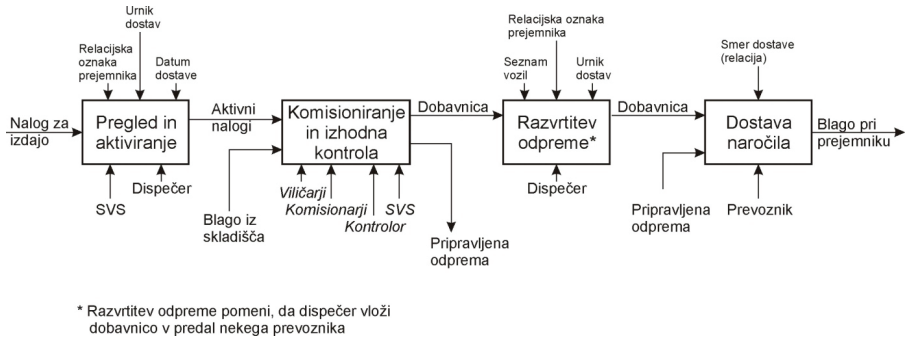


Delo dispečerja v SDC (posnetek stanja)

Posnetek stanja resničnega poteka dela se razlikuje od načina dela, ki ga podpira in omogoča informacijska podpora (PIS, SVS). Glavna razlika je v delu dispečerja, ki pripravlja odpremo oziroma sprejema odločitve glede razvrščanja odprem (naročil) v formirane odpreme oziroma odpreme za določeno vozilo brez podpore sistema za vodenja skladišča. Dispečer pregleda in aktivira naloge za izdajo, ki pridejo v SVS na podlagi izkušenj. Dispečer aktivira vse naloge za izdajo, takoj ko pridejo v

SVS in imajo določeno relacijsko oznako in datum načrtovane dostave. Pri tem upošteva tudi urnik dostav oziroma odprem (SVSURN).

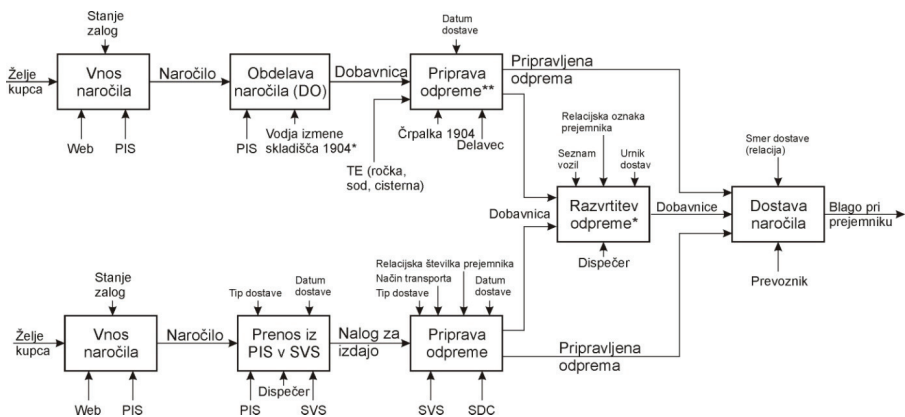
Slika 2.9: Resnični potek dela dispečerja v SDC (posnetek resničnega stanja)



Vsi aktivni nalogi se lahko začnejo pripravljati v odpremo (komisioniranje). Ko je določen nalog končan, SVS to javi PIS s potrdilom, PIS pa tvori dobavnico, ki se v pisarni odpreme (tam dela dispečer) izpiše na papir. Dispečer nese dobavnico v papirni obliki kontrolorju izdaje, ki pregleda in potrdi, da je odprema glede na dobavnice pripravljena. Dispečer potrjene dobavnice razvrsti v predalčke prevoznikov glede na urnik dostav, pri čemer upošteva tudi velikost vozila (približno oceni glede na število TE oziroma palet ter maso odpreme).

V odpremo pisarno prihajajo tudi dobavnice iz skladišča 1904 (črpalka za gorivo v SDC), ki so prav tako odpreme, ki jih dostavijo isti prevozniki kot odpreme iz skladišča kosovnega blaga (1901). Potek dela od naročanja do dostave v osnovnih procesih je prikazan na sliki 2.10.

Slika 2.10: Potek od naročanja do dostave v SDC (dejansko stanje)



Urniki dostav

Urniki dostav pove, kdaj pride določeno vozilo v skladišče po odpremo. Urniki dostav opredeljuje termine (in relacije) za 22 vozil pogodbenih prevoznikov, ki vsak dan vozijo izključno za analizirano družbo. Poleg tega imajo še 5 kombiniranih in drugih vozil, ki jih lahko pokličejo po potrebi. Urniki dostav je tedenski in se v praksi sploh ne spreminja. Merila za sestavo urnika so zgolj izkušnje zaposlenih v skladišču.

Delo voznikov

Voznik pripelje vozilo ob določeni uri (glede na urnik odpreme) v SDC. V odpremi pisarni odda dobavnice in poročilo o opravljenem dnevnem prevozu ter vzame dobavnice iz predala z oznako vozila. Dobavnice uredi po vrstnem redu nakladanja tako, da bo pri prejemnikih imel kar najmanj prelaganja. Najprej prevzame blago iz skladišča 1904, nato pa zapelje vozilo na ploščad za nakladanje. Iz vozila razloži palete in drugo embalažo, ki jo mora vrniti v SDC, pa tudi že naloženo odpremo iz skladišča 1904.

Na prostoru za pripravljeno odpremo poišče palete in jih s svojim ročnim viličarjem po vrstnem redu naloži na vozilo. Večji del pripravljene odpreme je zložen na označenih mestih, ki so namenjena določenim relacijam, kar vozniku zelo olajša iskanje. Pogosto pa na teh mestih ni dovolj prostora za celotno odpremo na določeni relaciji, zato se zgodi, da voznik preišče ves prostor za pripravljeno odpremo, preden najde določeno paleto. Vsaka paleta ali druga transportna enota v odpremi je označena z nalepko z enoznačno oznako, ki priredi paleto dobavnici.

Ko voznik konča nalaganje, mora na vsaki dobavnici izpolniti polje z registrsko številko vozila, se čitljivo podpisati in en izvod (kopijo) dobavnice vrniti v odpremi pisarno.

Voznik dostavi odpreme prejemnikom po vrstnem redu, ki ga določi sam glede na izkušnje (lokalna optimizacija). Vsak prejemnik mora ob dostavi oziroma prevzemu blaga podpisati dobavnico, pa tudi zaznemek v poročilu o dnevni prevozi. V poročilu o dnevni prevozi so nanizani prejemniki s podpisom prevzema in na koncu opravljeni kilometri. Naslednji delovni dan vrne podpisane dobavnice in poročilo v odpremi pisarno. Vsakih štirinajst dni odda voznik obračun, na katerem so dnevni prevozi z opravljenimi kilometri in seštevki vseh kilometrov za plačilo.

V resničnem stanju od trenutka, ko je odprema pripravljena, ni več nobene sprotne sledljivosti naročila oziroma odpreme. Na voljo ni niti časovnega podatka, kdaj je bila določena odprema dejansko dostavljena, razen datuma, ki pa je običajno naslednji dan po pripravi odpreme. V praksi se lahko zgodi, da določene odpreme voznik ne naloži na vozilo, ker jo spregleda. Takih primerov je sicer zanemarljivo malo. Večkrat pa se zgodi, da določene odpreme ne naloži, ker ni prostora, zato jo dispečer prerazporedi v naslednjo dostavo.

2.2.6 Nabiranje blaga v odpremo (komisioniranje)

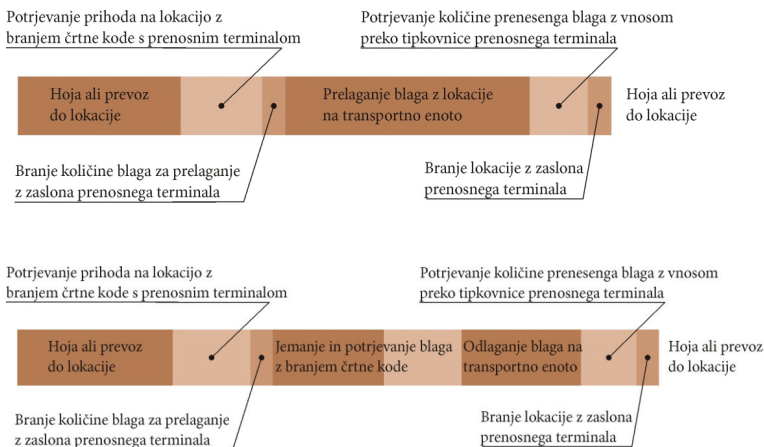
Nabiranje blaga v odpremo oziroma komisioniranje je glavni fizični del priprave odpreme. Ko je določeno naročilo oziroma nalog za izdajo aktiviran (dispečer), ga SVS uvrsti v vrsto nalogov za pripravo. To pomeni, da jih delavci, ki so v skladišču zadolženi za komisioniranje (opremljeni so z

viličarjem s terminalom ali pa z vozičkom in prenosnim terminalom), vidijo na terminalu. Delavci delajo po conah (med seboj so združeni različni prostori, lahko pa so med seboj združene samo lokacije; taka cona je tudi podest E), zato vidijo na terminalu samo naloge v svoji coni. Ko je delavec prost (začel z delom ali pa končal naročilo), izbere na terminalu novo naročilo (običajno kar prvega v vrsti) in sledi navodilom na zaslonu prenosnega terminala.

Na terminalu se mu izpiše lokacija, na katero naj gre. Prihod na lokacijo potrdi z branjem črtno kode na lokaciji (z ročnim bralnikom črtno kode prebere črtno kodo). Na zaslonu se mu izpiše ime blaga (artikla) in količina, ki naj jo vzame z lokacije in da v transportno enoto (običajno je to paleta ali transportni karton na paleti), ki jo ima na viličarju ali vozičku. Vzame enoto blaga in odčita črtno kodo (z ročnim bralnikom črtno kode), s čimer pove SVS, katero blago je vzel. To je potrebno zato, da SVS preveri, ali je delavec res vzel zahtevano blago, in da se vnese prava enota blaga (transportni karton, osnovno pakiranje) za samodejni preračun količin. Na primer, če mora delavec vzeti 12 enot blaga v osnovnem pakiranju, v transportnem kartonu pa je prav tako 12 enot, lahko vzame en karton ali pa 12 enot. Količini sta tako različni in odvisni od pakiranja (kako je blago pakirano, je zapisano v preglednicah MATMAT, MATMPS in MATMPK).

Ko delavec preloži zahtevano količino blaga na transportno enoto, vnese v prenosni terminal prek tipkovnice preneseno količino (če je različna od zahtevane ali pa je drugačno pakiranje) in potrdi izvršitev naloge. Na zaslonu se mu izpiše nova lokacija, na katero naj gre po blago. Osnovni potek oziroma ciklus nabiranja blaga v odpremo (slika 2.11) se ponovi za vsako postavko v naročilu. Ko v nalogu ni več postavk (na zaslonu ni nove lokacije), konča naročilo s pritiskom na tipko za potrditev in odpelje transportno enoto z nabranim blagom na prostor za pripravljeno odpremo.

Slika 2.11: Osnovni ciklus nabiranja blaga v odpremo (komisioniranje) brez potrjevanja(zgoraj) in s potrjevanjem (spodaj) blaga za jemanje oziroma prelaganje enote blaga



Na sliki 2.11 sta prikazana dva poteka, in sicer brez potrjevanja blaga in s potrjevanjem blaga. Običajno je v SVS vklopljena funkcija potrjevanja, lahko pa se funkcija tudi izklopi. V SDC je funkcija potrjevanja blaga vklopljena, ker tako zahteva način dela v skladišču, je pa za to potrebnega nekaj več časa. Grafična predstavitev dolžine aktivnosti v ciklusu je v razmerju glede na čas njihovega izvajanja (ocena je narejena po metodi za določanje predvidenih časov). Ciklus prikazuje jemanje oziroma prelaganje enote blaga z lokacije na transportno enoto. Prelaganje lahko ponovimo tudi večkrat (vnovično potrjevanje blaga ni potrebno), kar je odvisno od zahtevane količine, pakiranja in stanja na lokaciji (lahko je pakiranje razsuto), s čimer se čas ciklusa podaljša za mnogokratnik prelaganja blaga z lokacije na transportno enoto (zgornji ciklus na sliki 2.11).

Razmestitev blaga in pot nabiranja blaga

Čas hoje (ali prevoza) je na sliki 2.11 podan za oceno trajanja hoje na 5-metrski razdalji med lokacijami. Ta razdalja je zgolj hipotetična. Podatki iz baze SVS kažejo, da je na podestu E v vsakem hodniku (prehod med dvema vrstama) v povprečju 3,6 lokacije na naročilo. Za eno naročilo jemlje delavec v povprečju z lokacij, ki so v petih različnih vrstah (to so lahko 3 ali pa 5 hodnikov). Ker je dolžina hodnika 25 m, bi v najboljšem primeru pomenilo, da je razdalja med lokacijami v povprečju približno 7 m.

To je zanimivo iz več razlogov:

- Razdalja med lokacijama pomembno vpliva na čas ciklusa (slika 2.11).
- Dolžina poti za nabiranje blaga v odpremo je odvisna od razporeditve blaga na lokacije.
- Blago je bilo na lokacije razmeščeno na začetku uporabljanja SVS.

Zmogljivost oziroma število odprem (komisionov) je ocenjeno na 400 do 700 na dan. Želja je 800 na dan.

2.3 Podatki za popis stanja

Za popis stanja oziroma poteka od naročanja do dobave glede na naročilo in relacijo so na voljo podatki iz poslovnega informacijskega sistema in sistema za vodenje skladišča. Želeni časovni podatki dogodkov za določeno naročilo so v glavnem na voljo v bazi SVS do končanja priprave odpreme. Od tam naprej so podatki na voljo zgolj v papirni obliki (dnevno poročilo o opravljenih prevozih, dobavnice).

V preglednici 2.4 je podan primer podatkov za določen bencinski servis, ki je na voljo v PIS. Podatki kažejo datum, ne pa tudi čas določenega dogodka. Podatki iz naročila in priprave odpreme so v časovni obliki na voljo v bazi SVS. Ni pa podatkov o dogodkih po koncu izdaje (priprave odpreme), zato so tudi podatki v zadnjih treh stolpcih preglednice 2.4. le ocena. Dostava oziroma prevzem blaga pri prejemniku je običajno izvedena naslednji dan po pripravi odpreme. Kdaj točno, ve le voznik določene odpreme, kar pa ni nikjer zabeleženo.

Preglednica 2.4: Podatki o naročilu za izbrani bencinski servis v obdobju enega meseca

			predvidena dobava	vnos naročila	zadnja spremem.	izdaja	vnos izdaje	zadnja spremem.	sprejem	vnos sprejem	zadnja spremem.
D022STD	D022SKI	D022SKS	D022DPD	D022DVN	D022DZSN	D022DAI	D022DVI	D022DZSI	D022DAS	D022DVS	D022DZSS
M012134080	1901	2311	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008	1.8.2008
M003767900	1901	2311	5.8.2008	3.8.2008	3.8.2008	5.8.2008	3.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008
M005768011	1901	2311	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008
M007767936	1901	2311	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	5.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008
M004768235	1901	2311	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008	6.8.2008
M007768158	1901	2311	8.8.2008	7.8.2008	7.8.2008	7.8.2008	7.8.2008	7.8.2008	8.8.2008	8.8.2008	8.8.2008
M001769031	1901	2311	12.8.2008	11.8.2008	11.8.2008	11.8.2008	11.8.2008	11.8.2008	12.8.2008	12.8.2008	12.8.2008
M000769308	1901	2311	13.8.2008	12.8.2008	13.8.2008	13.8.2008	12.8.2008	13.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
M005769323	1901	2311	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	14.8.2008
M007769447	1901	2311	19.8.2008	17.8.2008	18.8.2008	19.8.2008	17.8.2008	19.8.2008	19.8.2008	19.8.2008	19.8.2008
M006769635	1901	2311				18.8.2008	18.8.2008	18.8.2008	18.8.2008	18.8.2008	18.8.2008
M012136612	1901	2311	20.8.2008	19.8.2008	19.8.2008	21.8.2008	19.8.2008	21.8.2008	21.8.2008	21.8.2008	21.8.2008
M003770937	1901	2311	26.8.2008	24.8.2008	24.8.2008	25.8.2008	24.8.2008	25.8.2008	25.8.2008	25.8.2008	25.8.2008
M004771051	1901	2311	26.8.2008	24.8.2008	24.8.2008	25.8.2008	24.8.2008	28.8.2008	25.8.2008	28.8.2008	28.8.2008
M003771739	1901	2311	29.8.2008	28.8.2008	28.8.2008	28.8.2008	28.8.2008	28.8.2008	29.8.2008	29.8.2008	29.8.2008
M002772466	1901	2311	1.9.2008	1.9.2008	1.9.2008	1.9.2008	1.9.2008	2.9.2008	2.9.2008	2.9.2008	2.9.2008

Razlaga oznak v preglednici 2.4: D022STD – št. dokumenta, D022SKI – izdajno mesto, D022SKS – prevzemno mesto, D022DPD – datum predvidene dobave, D022DVN – datum vnosa naročila, D022DZSN – datum zadnje spremembe naročila, D022DAI – datum izdaje, D022DVI – datum vnosa izdaje, D022DZSI – datum zadnje spremembe izdaje, D022DAS – datum sprejema, D022DVS – datum vnosa sprejema, D022DZSS datum zadnje spremembe sprejema.

2.4 Pomembna vprašanja in odgovori o SDC

Za analizo stanja in podatkov o delovanju SDC so se med popisom stanja porodila vprašanja, na katere smo poiskali odgovore pri pristojnih ljudeh v skladišču (predvsem vodja skladišča, vodja izmene in dispečer), pa tudi pri izvajalcu projekta postavitve SDC, ponudniku rešitve za vodenje skladišča in pri podjetju, ki to informacijsko rešitev vzdržuje. Vprašanja in odgovori so razdeljeni po skupinah glede na pomembne poslovne procese oziroma dogodke in značilnosti sistema.

2.4.1 Naročila in nalog za izdajo

Nalog za izdajo je količinski seznam blaga, ki ga je treba pripraviti za odpremo. Narejen je na podlagi naročila.

- **Ali je nalog za izdajo lahko sestavljen iz več naročil?** Nalog za izdajo je naročilo, ki pride v SDC. Naročila ni mogoče razdeliti na delna naročila. Eno naročilo pripravi za odpremo en delavec. Blago iz podesta (E) se pripravi posebej in ga delavec, ki je zadolžen za odpremo določenega naročila, da v odpremo.
- **Ali PIS lahko razdeli eno naročilo na več naročil za izdajo?** PIS ne razdeli naročila na več nalogov za izdajo. Če blaga ni, potem ga ni mogoče naročiti.
- **Kako PIS preveri, ali je v skladišču dovolj blaga za izvršitev naročila?** PIS vodi materialno knjigovodstvo in pozna stanje prek izmenjav sporočil oziroma potrdil o prejemu in izdaji.

2.4.2 Potrditev naročila za izdajo

SVS potrdi naročilo za izdajo.

- **Kakšni so pogoji za potrditev naročila?** SVS potrdi naročilo in to pošlje PIS, ko je naročilo pripravljeno oziroma ko je zadnja postavka naloga za izdajo vnesena v dobavo (vnos komisionarja). V tistem trenutku SVS pošlje samodejno potrditev naročila, na osnovi katerega se tvori dobavnica (tiska se v prostorih odpreme). Dan zatem pa se izda račun.
- **Po odpremi SVS pošlje PIS tudi potrdilo odpreme glede na naročilo izdaje, ki je podlaga za izstavitve računa. Ali se račun izstavi takoj, ko je potrjena odprema, ne glede na to, ali je kupec odpremo dobil v celoti?** Račun se tvori samodejno takoj, ko je pripravljena dobavnica (na podlagi potrjenega naloga za izdajo). Tako lahko prejemnik prejme račun, preden prevzame blago, če prevoznik ni prevzel odpreme tistega dne, ko je bila pripravljena, ali pa če ga ni dostavil naslednjega dne.

2.4.3 Prodaja končnim kupcem v SDC

Kupec pride v SDC, kjer naroči blago (naročilo vnese odgovorni v pisarni odpreme), dobi račun, ga plača in v SDC prevzame blago.

- **Kako hitro pride naročilo za izdajo iz PIS v SVS?** Vsa naročila pridejo v PIS takoj, ko so vnesena in se zaključijo.

2.4.4 Odprema

Odprema je enota blaga, ki je pripravljeno glede na naročilo za izdajo.

- **Ali lahko ena odprema vsebuje več naročil za izdajo?** Ena odprema vsebuje samo eno naročilo za izdajo. Se pa na paletu lahko združuje več naročil oziroma nalogov za izdajo.
- **Če v skladišču ni dovolj naročenega blaga, SVS dovoljuje razdelitev naročila za izdajo na več delnih dobav?** SVS ne dovoljuje razdelitve naročila oziroma naloga za izdajo, saj je to vezano na dobavnico in račun, ki pa sta lahko za eno naročilo samo ena. V praksi naredijo tako, da se napiše na roko dokument, ki se nanaša na določeno naročilo, ki je bilo razdeljeno, in gre to z blagom do prejemnika.

2.4.5 Preglednica relacij

- **Kdo lahko spreminja preglednico relacij? Dispečer, prodajni referent?** Za spreminjanje preglednice relacij je odgovoren dispečer, čeprav jo lahko spreminjajo dispečer, vodja izmene in vodja skladišča.
- **Kolikokrat se preglednica relacij spreminja oziroma dopolnjuje? Kolikokrat je to naredil dispečer in kolikokrat določen prodajni referent?** Prodajni referent ne more spreminjati preglednice relacij, saj je ta le v SVS. Preglednico relacij spremenijo le, če se odpre nova regija ali če je to potrebno zaradi operativnega dela. Spremembe so zelo redke (preglednica je zelo statična).
- **Merila (kriteriji) za spreminjanje preglednice relacij?** Preglednica relacij se dopolnjuje in spreminja tako, da je čim manj relacij. Relacije so tako glavne regije (Ljubljana, Gorenjska, Štajerska, Dolenjska, Primorska ...), tuji trgi (BiH, Hrvaška, nekdanja Jugoslavija ...), nerazporejene relacije in relacije z zamudami.

2.4.6 Šifrant vozil

- **Katere podatke vsebuje šifrant vozil?** Teoretično šifrant v SVS vsebuje vse potrebne podatke o vozilih, dejansko pa podatki niso posodobljeni, ker se šifrant v SVS praktično ne uporablja.
- **Katera vozila so v šifrantu?** V šifrantu SVS ni posodobljenih podatkov o vozilih. Podatki o vozilih so na voljo v preglednici, ki pa ni sestavni del SVS. Niti urnik smeri dostav oziroma prevozov ni sestavni del SVS.
- **Ali se beleži zgodovina prevozov?** Ne. Zgodovina prevozov se v SVS ne beleži. Podatki o prevozih so na voljo le v papirnih dokumentih, ki povedo, katera naročila je dostavil določeni prevoznik.

2.4.7 Dokumenti od naročila do prevzema

Kateri dokumenti so bili v dokumentaciji omenjeni in se v praksi resnično uporabljajo?

- **Naročilo (PIS).** Da.
- **Nalog za izdajo (PIS → SVS).** Da.
- **Potrditev naloga za izdajo (SVS → PIS, za izdelavo dobavnice in izdelavo računa).** Da. Po potrditvi zadnje postavke naloga za izdajo pri komisioniranju.
- **Plan odpreme (SVS → kontrolor).** V praksi se NE uporablja.
- **Razkladalni list (SVS → prevoznik).** V praksi se NE uporablja.
- **Nakladalnica (SVS → prevoznik).** V praksi se NE uporablja.
- **Potrditev odpreme (SVS-PIS za izdelavo računa).** V praksi se NE uporablja. Uporablja se potrditev naloga za izdajo.
- **Dobavnico (PIS → prevoznik → prejemnik) v papirni obliki** da dispečer kontrolorju odpreme, ki potrdi, da je vse blago po postavkah iz dobavnice resnično pripravljeno in označeno. Vrnjene dobavnice dispečer ročno razdeli v predale prevoznikov. S tem se dejansko tvorijo formirane odpreme.
- **Račun (PIS → kupec).** Da. Naslednjega dne, ko je bila izdana dobavnica, se izda in pošlje račun. Račun se pošlje po pošti.

2.4.8 Lokacije

- **Kje so lokacije EB in ED, ki jih ni v dokumentaciji?** To so lokacije na podestu. Regalnih vrst s policami je več kot 9, zato se začne štetje na novo s črkami. EB pa so omare, kjer se hranijo večvredni artikli.
- **Na lokacijah ED je tudi največja pogostost postavk. Veliko večja od drugih. Ali je za to kakšen poseben razlog?** Na ED so večinoma cigarete, katerih spremembe količin so večje kot pri ostalem blagu.
- **V bazi so primeri, ko so postavke določenega naročila izvedene z več različnimi terminali oziroma so jih izvršili različni delavci (komisionarji). V katerih primerih se lahko to zgodi?** Največkrat ob menjavi izmen ali če nekdo konča komisioniranje pred zaključkom in gre na drugo delo (na primer razkladanje gum).
- **Kdo in po kakšnem merilu ter podatkih odloča, katero blago bo skladiščeno na kateri lokaciji?** To vprašanje velja še posebno za lokacije v conah za komisioniranje in na

podestu (E). O tem odloča računalnik sam, včasih pa delavec, ki vlaga blago (npr. cigarete približno skupaj), razen za večvredno blago, ki je v omarah, za to pa je tudi določena posebna "cona".

- **Ali spremljate pogostost postavk glede na lokacijo?** Ne.

2.4.9 Uskladiščenje in premeščanje

- **Kdo in po katerem merilu ter podatkih odloča, katero blago bo skladiščeno na določeni lokaciji?** Artikli se uskladiščijo glede na skladiščno skupino (SGRS_SIF v MATMAT).
- **Kdo in kako odloči, kam gre blago po prevzemu?** Viličarist na prevzemu prebere SSCC na paleti in SVS sporoči lokacijo skladiščenja (za delavca to ni obvezno, vendar običajno sledi navodilom). SVS odloča o lokaciji glede na skladiščno skupino in preveri lokacijo v regalu glede na dovoljeno obremenitev.
- **Kdo in kako odloči razpored oziroma lokacije blaga v conah za komisioniranje in policah v skladišču na podestu (E)?** Primarna komisionirna pot. SVS določi zaporedje zbiranja blaga v odpremo na zbirno paletu po teži (najprej najtežje blago, na primer akumulatorji). Na ta način SVS odloča, kje naj bodo lokacije blaga za komisioniranje. V bistvu ima SVS logiko naključnega zbiranja lokacij blaga za odpremo. S tem kar najbolje (v povprečju) zagotovi izkoriščenost prostora in dolžino poti zbiranja blaga v odpremo.

SVS podpira sledljivost zalog. Preglednica pozicij prevzema SVSPPS je prazna, ker ne sledijo dogodkom v skladišču.

2.4.10 Splošni podatki o delovanju SDC

Pretočnost obstoječega stanja (vir: SDC za projekt širitve):

- Dnevni izhod tovornjakov znaša 27 tovornjakov oziroma različnih relacij oskrbe.
- Na enem tovornjaku imajo v povprečju blago za 15 različnih kupcev, kar pomeni, da oskrbujejo 405 kupcev na dan. Podatki so le ocena. Natančen podatek je na voljo zgolj v papirni obliki, saj tega podatka v Skladku ni.
- Tovornjaki so 7,5-tonski. Največji naklad znaša 15 palet.
- Na dan se obdela približno 6.000 pozicij. Povprečno pozicija na tovornjak znaša 222 različnih artiklov. Za povprečnega kupca znaša to 14,8 različnih artiklov.
- Kupci se v večini primerov oskrbujejo enkrat na teden, iz česar sledi, da imamo 2.430 različnih kupcev.

Vsi navedeni podatki se lahko preverijo v bazi SVS.

2.4.11 Kazalniki in poslovno poročanje

Glavna kazalnika poslovnega poročanja, ki ju pripravijo v SDC za prikaz poslovanja SDC, sta:

- skladiščni faktor obrata zalog in
- trajanje vezave blaga v zalogi za vsak artikel v določenem obdobju (običajno letno).

Skladiščni faktor obrata zalog (f) dobijo iz PIS. Trajanje vezave zalog pa izračunajo ($30/f$). Poleg tega vsebuje poročilo o poslovanju tudi podatke o številu vseh artiklov v gibanju v določenem obdobju, letne količine nabave ter letne količine izdaje posameznega blaga. S temi podatki oblikujejo poročilo o vezavi zalog blaga po sektorjih in dolžini vezave v dneh ter zasedenost lokacij po sektorjih z vezavo, daljšo od enega leta. Vezava po sektorjih in zasedenost lokacij se izračuna samo za blago, ki je bilo na dan priprave poročila na zalogi.

Dnevna statistika po razvozu ali dobavnici se ne izvaja. Vsi podatki so samo v arhivu dokumentov (dobavnica je v papirni obliki).

Vodja skladišča neformalno računa obremenitev delavca (ni pravi kazalnik, ker so v njem upoštevane tudi izkušnje in ker svoj izračun prilagaja trenutnim razmeram v skladišču). Na podlagi tega podatka lahko vodja skladišča preveri prizadevnost (izpolnjevanje delovnih obveznosti) delavca, ni pa ta podatek primeren za oceno storilnosti.

Vodja skladišča lahko s podatki iz SVS oceni izpolnjevanje dnevnih obveznosti oziroma predvidi morebiten zaostanek. Ocena temelji na podatku vseh postavk aktiviranih in prispelih naročil za odpremo ter na oceni povprečne zmogljivosti komisioniranja.

2.4.12 Avtomatsko naročanje

Bencinski servisi naročajo blago v glavnem na podlagi avtomatskega naročanja, ki ga omogoča PIS. Ko se zaloga na bencinskem servisu zmanjša pod določeno mejo, sistem samodejno predlaga določeno količino blaga v naročilo. Naročeno blago je lahko v količini osnovnega pakiranja, kar pomeni, da je treba za določeno blago transportni ali ogledni karton odpreti in iz njega vzeti zahtevano količino. Včasih se temu v SDC izognejo in dajo večjo količino od naročene, odvisno od pakiranja (to lahko naredijo le za bencinske servise).

Pri avtomatskem načinu naročanja, ki upošteva urnik dostav, je vprašanje, ali so naročila glede na zahteve in potrebe res optimalna. Dejstvo je, da bencinski servis ni skladišče (naj ne bi imel skladišča, ampak samo prodajne police), prodajne police pa se dopolnjujejo z blagom iz SDC (ki ima tudi funkcijo skladišča). Zato je pomembno ugotoviti, kolikšna je ekonomsko smiselna količina naročila tudi glede na logistiko. Pri tem je treba tudi proučiti, kakšno je najprimernejše pakiranje, ki zagotavlja za določeno blago osnovno enoto naročanja (osnovno pakiranje, transportni karton, ogledni karton, osnovna enota blaga kos, liter, komplet ...).

2.5 Analiza stanja na podlagi podatkov iz baze SVS

Na podlagi podatkov iz baze sistema za vodenja skladišča (SVS Skladko) smo naredili analize, ki so nas usmerile v nadaljnje raziskovanje in predlaganje ukrepov za ključna področja izboljšav poslovanja.

2.5.1 Število odprem, naročil in postavk na delovni dan

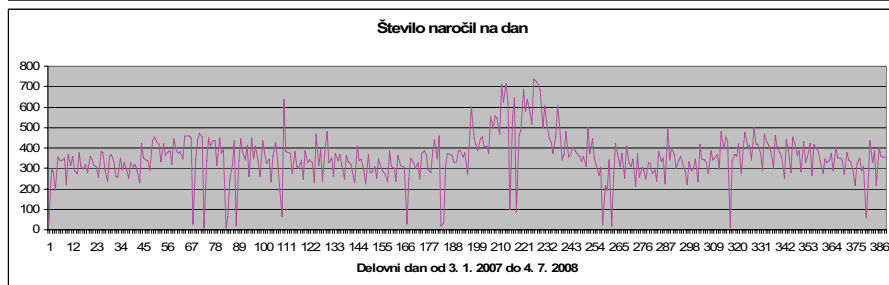
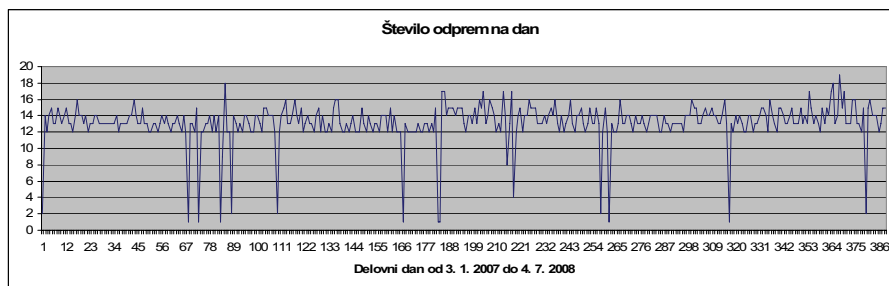
V obdobju od 3. 1. 2007 do 4. 7. 2008 so za vsak delovni dan (med njimi je tudi nekaj sobot) zbrani podatki iz SVS in prikazani v preglednicah. Iz teh podatkov so izračunane tudi statistične vrednosti.

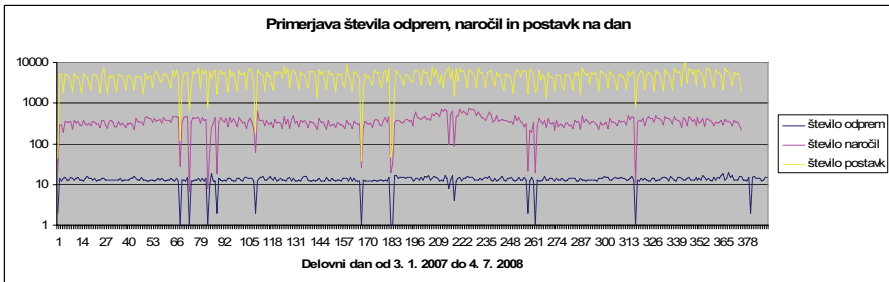
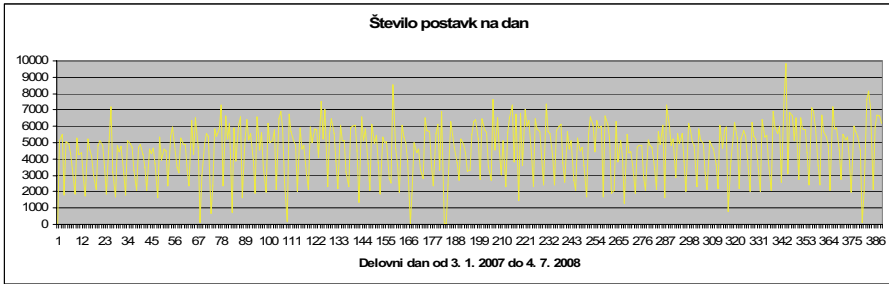
Odprema pomeni dnevne relacije prevozov (ne dejanskih prevozov, saj so ti znani samo iz arhiva dokumentov), naročila pa so dejansko pripravljene odpreme za prejemnike. Postavke so različno blago v vseh naročilih.

Preglednica 2.5: Število odprem in izdanih nalogov v opazovanem obdobju

	Vsi dnevi			Dnevi brez sobot			Dnevi brez sobot in brez najmanjših vrednosti*		
	število odprem	število nalogov	število postavk	število odprem	število naročil	število postavk	število odprem	število naročil	število postavk
povprečje (x)	13,11	353,08	4552,0	13,45	363,24	4643,29	13,57	366,66	4686,6
standardni odklon (s)	2,60	113,27	1719,4	1,74	99,31	1615,42	1,299	94,09	1567,51
najmanjši	1	7	39	1	8	44	12	194	1310
največji	19	735	9844	19	735	9844	19	735	9844
x - s	10,51	239,82	2832,60	11,71	263,93	3027,88	12,27	272,57	3119,1
x + s	15,71	466,35	6271,40	15,19	462,56	6258,71	14,87	460,75	6254,1

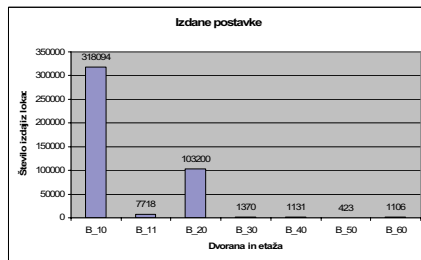
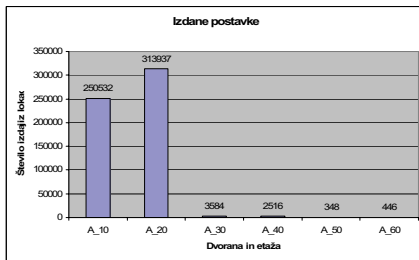
*16 dni z odpremo, manjšo od 10; 9 z 1 odpremo; 6 z 2 odpremama; 1 s po 4, 8 in 9 odpremami.

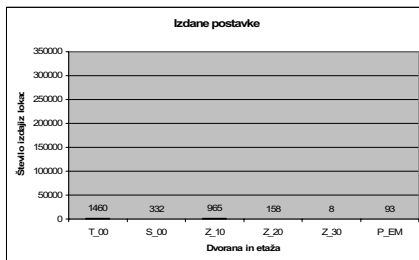
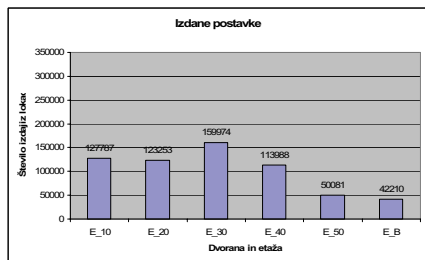
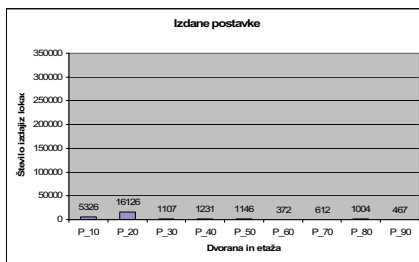
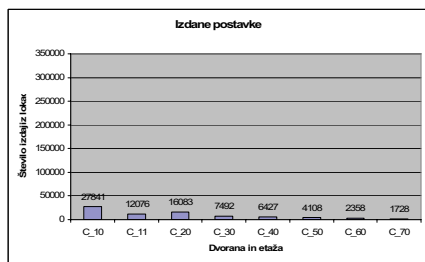




2.5.2 Izdajne lokacije postavk glede na dvorano in etažo

V dvoranah A, B, C in P so etaže 10 in 20 namenjene za komisioniranje (predvidoma tudi etaža 11). Postavke, izdane z etaž 30 in več, pa so celotne palete. V policičnem skladišču (vse etaže E) so vse lokacije za komisioniranje. E_B je omara za vrednostno blago, kjer se prav tako komisionira. Z lokacij T, S, Z in P_EM (prevzemna lokacija) se izdajajo cele palete.





2.5.3 Razpršenost lokacij izdaje blaga

V preglednici izdanih postavk blaga (SVTNP) je 1.826.759 postavk. 581 od 8.457 artiklov pomeni 80 % vseh postavk za izdajo (količinsko, 33 % po volumnu in 18 % po teži). 138 od 8.457 artiklov, ki ima 80 % teže, ima 57 % volumna, 17 % vseh postavk in 29 % količine.

Preglednica 2.6: Število različnih lokacij izdaj istega blaga iz SVSTNP

	SDC	ABCP, vse etaže	ABCP, 10, 20	AB, 10 in 20
x	8,48	9,87	16,24	16,38
s	9,06	9,85	11,97	10,93
največ	235	235	235	52
najmanj	1	1	1	1

Preglednica 2.7: Število izdaj blaga in število lokacij izdaj na blago iz SVSTNP

	ABCP, vse etaže		ABCP, etaže 10 in 20	
	št. izdaj na artikel (MAT_SIF)	število izdajnih lokacij na artikel (MAT_SIF)	št. izdaj na artikel (MAT_SIF)	število izdajnih lokacij na artikel (MAT_SIF)
x	164,98	9,13	191,48	6,75
s	948,95	17,34	1034,36	12,02
največ	23136	274	30011	155
najmanj	1	1	1	1

Preglednica 2.8: Število lokacij, ki jih zaseda enako blago (MAT_SIF) v AB, 10 in 20 iz SVSLKA

	Število različnih lokacij blaga ABCP vse etaže	Število različnih lokacij blaga (AB, etaža 10 in 20)
x	2,41	1,49
s	3,5	0,94
največ	59	9

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

najmanj	1
---------	---

2.5.4 Cigarete

464.832 postavk gre na bencinske servise (77 % vseh postavk izdaje cigaret). Količinsko je to 32.449.833 OP (65 % vse količine).

Preglednica 2.9: Cigarete z vseh lokacij

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
skupaj	599.932	49969520	4544
x	2870,49	239088,61	21,74
s	4209,83	971444,66	34,4

Opomba: 32,8% vseh izdanih postavk

Preglednica 2.10: Cigarete z lokacij A in B

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
skupaj	442.101	44223796	3651
x	3878,08	387928,04	32,03
s	4755,95	1280979,5	42,94

Opomba: 24,2% vseh izdanih postavk, 73,7% postavk cigaret

Preglednica 2.11: Cigarete z lokacij A in B etaže 10 in 20

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
skupaj	441.233	42617956	3159
x	3870,46	373841,72	27,71
s	4729,58	1172407,38	29,29

Opomba: 24,2% vseh izdanih postavk, 73,6% postavk cigaret

Preglednica 2.12: Cigarete z lokacije E

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
skupaj	140.839	5462894	692
x	1547,68	60031,8	7,6
s	2726,88	133675,6	6,87

Opomba: 7,7% vseh izdanih postavk, 23,5% postavk cigaret

Preglednica 2.13: Cigarete, ki predstavljajo 80% vse količine izdanih cigaret z vseh lokacij v SDC

MAT NAZ	MAT SIF	št. lokacij VSEH	seštevek	seštevek (STNP KOL)	kumulativno	%
CIG. MARLBORO GOLD	32518	318	30795	11.913.490	11.913.490	23,83
CIG. MARLBORO RED	32514	200	23319	6.673.460	18.586.950	37,17
CIG. MARLBORO SILVER	35977	119	17948	1.676.250	20.263.200	40,53
CIG. MARLBORO MX4 FLAVOR	32585	112	15966	1.467.940	21.731.140	43,46
CIG. MURATTI AMB.BLUE	54123	112	15822	1.703.560	23.434.700	46,87
CIG. MARLBORO GOLD 100S	32526	107	15544	1.236.950	24.671.650	49,34
CIG. L&M BLUE LABEL	32524	95	13287	925.410	25.597.060	51,19
CIG. KIM SUPERSLIMS BLUE	32540	3	12843	630.980	26.228.040	52,46

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

CIG. MARLBORO RED 100S	32525	80	12002	845.740	27.073.780	54,15
CIG. L&M SILVER LABEL	32542	82	11556	674.870	27.748.650	55,5
CIG. CHESTERF.CL.BLUE	43211	87	11059	830.670	28.579.320	57,16
CIG. LUCKY STRIKE SILVER	32527	7	10901	509.860	29.089.180	58,18
CIG. RONHILL WHITE	32531	59	10461	449.750	29.538.930	59,08
CIG. LUCKY STRIKE RED	32511	9	9029	531.330	30.070.260	60,14
CIG. RONSON SUPREME	63454	13	8762	432.910	30.503.170	61,01
CIG. WEST BLUE	32502	119	8455	1.454.360	31.957.530	63,92
CIG. RONSON SPECIAL	63452	6	7855	406.600	32.364.130	64,73
CIG. RONHILL WHITE 100S	32538	47	7798	258.750	32.622.880	65,25
CIG. RONSON SPECIAL 100	69098	4	7786	361.350	32.984.230	65,97
CIG. WINSTON BALANCED BLU	55421	52	7601	312.500	33.296.730	66,59
CIG. L&M RED LABEL	32517	70	7560	517.210	33.813.940	67,63
CIG. WEST SILVER	32500	91	7438	1.088.220	34.902.160	69,8
CIG. PHILIP MOR SUPREME	32534	71	7402	540.060	35.442.220	70,88
CIG. RONHILL SILK WHITE	32532	31	7233	212.560	35.654.780	71,31
CIG. RONSON SUPREME 100	69099	22	6987	298.530	35.953.310	71,91
CIG. KIM MENTHOL	32510	13	6810	179.970	36.133.280	72,27
CIG. MURATTI AMB.RED	54122	61	6657	359.760	36.493.040	72,99
CIG. BOSS CLASSIC	32491	83	6653	810.580	37.303.620	74,61
CIG. RONSON SPECIAL WHITE	63453	5	6476	241.700	37.545.320	75,09
CIG. PALL MALL SAN FRANC	45015	25	6371	311.430	37.856.750	75,71
CIG. PALL MALL NEW ORLEAN	45014	33	6064	337.070	38.193.820	76,39
CIG. KIM SLIM SIZE BLUE	32513	12	6049	188.500	38.382.320	76,76
CIG. BOSS GOLD	32492	69	6033	588.800	38.971.120	77,94
CIG. BOSS BLUE	32493	76	5848	567.960	39.539.080	79,08
CIG. WINSTON CLASSIC RED	55420	31	5790	201.740	39.740.820	79,48
CIG. PARAMOUNT GOLD	63499	43	5668	260.240	40.001.060	80

Opomba: V preglednici je zajetih le 36 od skupaj 209 vrst cigaret z različnimi šiframi.

Preglednica 2.14: Cigarete, ki predstavljajo 80% vse količine izdanih cigaret z lokacij A in B

MAT NAZ	MAT SIF	št. lokacij AB	seštevek	seštevek po količini	kumulativno	v %	št. lokacij AB 10 20	seštevek	seštevek po količini
CIG. MARLBORO GOLD	32518	316	30398	11910800	11.910.800	26,93	125	30010	10687130
CIG. MARLBORO RED	32514	198	23096	6393460	18.304.260	41,39	126	22978	6116240
CIG. MARLBORO SILVER	35977	118	17615	1676250	19.980.510	45,18	103	17595	1669650
CIG. MARLBORO MX4 FLAVOR	32585	111	15715	1467940	21.448.450	48,5	100	15699	1464520
CIG. MURATTI AMB.BLUE	54123	111	15323	1703510	23.151.960	52,35	98	15302	1693520
CIG. MARLBORO GOLD 100S	32526	106	15316	1236950	24.388.910	55,15	97	15297	1231180
CIG. L&M BLUE LABEL	32524	94	12522	925410	25.314.320	57,24	84	12509	921280
CIG. MARLBORO RED 100S	32525	79	11633	845740	26.160.060	59,15	74	11626	845460
CIG. L&M SILVER LABEL	32542	81	10960	674870	26.834.930	60,68	71	10948	672990
CIG. CHESTERF.CL.BLUE	43211	86	10920	830670	27.665.600	62,56	77	10910	829750
CIG. RONHILL WHITE	32531	58	9590	449750	28.115.350	63,58	57	9589	449730
CIG. WEST BLUE	32502	118	8259	1454360	29.569.710	66,86	94	8209	1437830

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

CIG. WINSTON BALANCED BLU	55421	50	7342	312470	29.882.180	67,57	49	7341	312450
CIG. RONHILL WHITE 100S	32538	46	7338	258750	30.140.930	68,16	45	7337	258740
CIG. WEST SILVER	32500	90	7304	1088220	31.229.150	70,62	80	7281	1075710
CIG. PHILIP MOR SUPREME	32534	70	7240	540060	31.769.210	71,84	66	7235	538300
CIG. RONHILL SILK WHITE	32532	30	7032	212560	31.981.770	72,32	30	7032	212560
CIG. L&M RED LABEL	32517	69	6732	517210	32.498.980	73,49	67	6730	516470
CIG. MURATTI AMB.RED	54122	60	6571	359760	32.858.740	74,3	57	6568	358660
CIG. BOSS CLASSIC	32491	82	6562	810580	33.669.320	76,13	68	6538	799720
CIG. BOSS GOLD	32492	68	5916	588800	34.258.120	77,47	61	5906	587500
CIG. BOSS BLUE	32493	75	5797	567960	34.826.080	78,75	62	5781	564400
CIG. PARAMOUNT GOLD	63499	42	5657	260240	35.086.320	79,34	38	5653	259930
CIG. CAMEL BLUE	55425	53	5477	458570	35.544.890	80,38	52	5476	458550

Opomba: 58,9 % vseh postavk cigaret, izdanih iz A in B.

2.5.5 Gume

Na bencinske servise gre 12.024 postavk za izdajo gum (18,2 % vseh postavk), kar pomeni količinsko 38.355 gum (15,3 % vseh gum).

Preglednica 2.15: Postavka izdaja gum

Lokacije	Število postavk izdaje gum	Število gum
A	39649	173199
B	6287	21668
C	5601	15670
D	51	79
P	10186	36154
Pr	40	98
S	264	1279
T	950	3325
Z	1	2
brez lokacije	3071	31
<i>VSEH</i>	<i>66070</i>	<i>251505</i>

Od skupaj 3.166 artiklov gum (MAT_SIF) je 383 artiklov gum, ki obsegajo 80 % izdane količine, kar je 76 % postavk.

Preglednica 2.16: Skupaj gume z vseh lokacij

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
seštevek	66070	251505	23204
x	20,87	79,44	7,33
s	77,79	404,75	15,27

Preglednica 2.17: 383 artiklov gum, ki obsegajo 80,1 % vse izdane količine gum in 75,58 % vseh postavk

	št. postavk	količina (OP)	število lokacij
seštevek	49933	201219	13437
x	130,71	526,75	35,18
s	190,21	1061,81	31,01

2.5.6 Skladiščne skupine

Skladiščne skupine so eno od meril uskladičenja blaga. V SVS je veliko različnih skladiščnih skupin.

Preglednica 2.18: Skladiščne skupine (SGRS_SIF)

ime skupine	število artiklov	ime skupine	število artiklov	ime skupine	število artiklov
PAPIR	42	PLTO	1570	SODIF	68
KARTON	132	BITUMEN	12	ZIBRO	2
MET	191	AKUM	311	VKONT	190
SVEČA	34	NOVA	7308	APODEST	451
EPODEST	4216	APLL	145	STOJALO	3
ROCKA	76	PARAF	110	H0004573	70
KONDOM	20	OGLJE	4	AVREDNI	176
H2M	12	APZ	228	GOBE	2
BALON	17	CIG	119	YM	4
PLAST	50	AREGAL	3074	APL	966
ZUNANJI	24	ROČKE	3	ASODI	1417

Za podobne artikle (na primer cigarete in gume) je kar nekaj različnih skladiščnih skupin. Isti artikel je lahko skladiščen tudi pod različnimi skladiščnimi skupinami. Podatki o tem so iz preglednice postavk naloga za naročila (SVSINP). Podatki o skladiščni skupini so tudi v matičnih podatkih o artiklih MATMAT.

Preglednica 2.19: Skladiščne skupine za cigarete

Ime skupine	število postavk SVSINP	število različnih artiklov (MAT_SIF)
EPODEST	140823	83
NOVA	527	16
CIG	442702	114
APODEST	2196	10
skupaj		223

Opomba: Vseh različnih vrst cigaret je 209.

Preglednica 2.20: Skladiščne skupine za gume

Ime skupine	število postavk SVSINP	število različnih artiklov (MAT_SIF)
PLTO	7961	556
NOVA	14632	1998
APLL	12568	135
APZ	16286	172
AREGAL	707	92
APL	4347	385
skupaj		3338

Opomba: Vseh različnih artiklov gum je 3.165.

2.5.7 Relacije

Relacije opredeljujejo določeno pokrajino ali celo regijo. Tako je pot, po kateri pride blago do prejemnika, ocenjena zelo na grobo.

Preglednica 2.21: Relacije, uporabljene v odpremah (SVSODR), in število odprem na določeni relaciji

	Oznaka relacije	Oznaka urnika	Ime relacije	Število odprem
•	A1	D-06	Koper	385
•	A2	D-19	Primorska	399

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

•	BH	D-00	Izvoz BiH	28
•	C1	D-14	Celje	461
•	C2	D-14	Celje 2	5
•	D1	D-06	Dolenjska	491
•	D2	D-06	Brežice Krško	1
•	D3	D-06	Dolenjska	1
•	G1	D-06	Gorenjska	421
•	HR	D-00	Izvoz Hrvaška	47
•	K1	D-16	Koroška	379
•	KS	D-00	Kosovo	1
•	L1	D-07	Zasavje	387
•	L2	D-08	Ljubljana	475
•	L5	D-08	Ljubljana	1
•	M1	D-16	Maribor	414
•	M2	D-16	Maribor 2	3
•	NE	0-00	NEAKTIVNA – "K O Š"! !	1
•	OS	D-00	Osebni prevzemi	382
•	S1	D-16	Prekmurje	384
•	SR	D-00	Izvoz Srbija	6
•	UU	D-00	Urgentna relacija	382
•	VV		Vrat-Vrat	2
•	XY		Nedefinirana relacija	47
•	YU	D-00	Ex Yu HR	3
•	Z2		Zaostanek SRE DOP	9
•	Z3		Zaostanek ČET DOP	2
•	Z4		Zaostanek PETEK	3
•	Z5		Zaostanek PON POP	14
•	Z6		Zaostanek PON DOP	2
•	Z7		Zaostanek TOR DOP	7
•	Z8		Zaostanek ČET POP	5
•	Z9		Zaostanek SRE POP	15
•	ZO		Zaostanek TOR POP	10

Preglednica 2.22: Relacije iz preglednice prioritet relacij za naslovnike (prejemnike) in število prejemnikov v določeni relaciji

	Oznaka relacije	Ime relacije	Število prejemnikov	Število različnih prejemnikov
1.	A1	Koper	1103	1101
2.	A2	Primorska	526	525
3.	BH	Izvoz BiH	1	1
4.	C1	Celje	1585	1462
5.	D1	Dolenjska	1706	1635
6.	G1	Gorenjska	1304	1292
7.	HR	Izvoz Hrvaška	1	1
8.	K1	Koroška	391	391
9.	KO	Kombi	3	3
10.	L1	Zasavje	962	960
11.	L2	Ljubljana	2507	2500
12.	M1	Maribor	2281	2163
13.	OS	Osebni prevzemi	99	99
14.	PD	Vsa podjetja	69	69

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

15.	S1	Prekmurje	627	627
16.	SR	Izvoz Srbija	2	2

Preglednici relacij prikazujeta, da sta število prejemnikov na določeni relaciji in število različnih prejemnikov skoraj enaka, kar pomeni, da je velika večina prejemnikov samo v eni relaciji.

V preglednici prioritete relacij za naslovnike (prejemnike) je 13.173 vnosov, od tega 12.794 različnih prejemnikov. To potrjuje prejšnjo trditev.

Vse relacije so redne, razen urgentne relacije (UU), ki je izredna. UU je bila uporabljena v 382 odpremah od 5.173, kar pomeni 7,4 % vseh odprem.

Zadnja vnosa v preglednico voznikov in vozil sta bila leta 2004 oziroma 2005. Večina vnosov je iz leta 2002. Ti dve preglednici se trenutno glede na ta podatek ne uporabljata, saj nista posodobljeni.

2.5.8 Urnik

V preglednici 2.23 je urnik odprem.

Preglednica 2.23: Urnik odprem (kdaj pridejo vozila po določeno odpremo)

Oznaka urnika	Termin	Operater vnosa	Datum vnosa
0-00	NI ODPREME	POD	2001-10-13 06:46:39.820
1-00	Ponedeljek, ura ni določena	ES	2001-04-08 22:10:23.127
1-06	Ponedeljek ob 6.00	ES	2001-04-05 13:53:48.087
1-07	Ponedeljek ob 7.00	ES	2001-04-05 14:12:41.377
1-08	Ponedeljek ob 8.00	ES	2001-04-05 14:37:21.237
1-14	Ponedeljek ob 14.00	ES	2002-06-07 12:45:37.330
1-16	Ponedeljek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:24:01.173
1-19	Ponedeljek ob 19.00	ES	2001-04-05 14:16:20.493
13-06	Ponedeljek, sreda ob 6.00	VUG	2001-10-22 18:24:15.717
13-14	Ponedeljek, sreda ob 14.00	ES	2001-04-05 14:15:12.583
13-15	Ponedeljek, sreda ob 15.00	JM	2002-01-18 10:09:14.140
14-07	Ponedeljek, četrtek ob 7.00	ES	2001-04-05 14:35:13.120
14-08	Ponedeljek, četrtek ob 8.00	ES	2001-04-05 14:32:06.703
14-16	Ponedeljek, četrtek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:39:26.647
2-00	Torek, ura ni določena	ES	2001-04-08 22:10:37.677
2-06	Torek ob 6.00	ES	2001-04-05 14:03:53.720
2-14	Torek ob 14.00	ES	2001-04-05 14:20:01.520
2-15	Torek ob 15.00	JM	2002-01-18 10:11:11.043
2-16	Torek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:24:39.070
24-06	Torek, četrtek ob 06.00	ES	2001-04-05 14:09:12.137
24-07	Torek, četrtek ob 07.00	ES	2001-04-05 14:13:57.377
24-08	Torek, četrtek ob 08.00	JC	2002-06-03 18:47:00.543
24-16	Torek, četrtek ob 16.00	VUG	2004-03-16 11:24:02.403
25-07	Torek, petek ob 07.00	ES	2001-04-05 14:27:40.900
25-08	Torek, petek ob 8.00	ES	2001-04-05 14:29:30.287
25-16	Torek, petek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:45:08.627
25-19	Torek, petek ob 19.00	ES	2001-04-05 14:17:05.977
3-00	Sreda, ura ni določena	ES	2001-04-08 22:10:52.247
3-06	Sreda ob 6.00	ES	2001-04-05 14:06:10.163
3-08	Sreda ob 8.00	ES	2001-04-05 14:31:13.867
3-14	Sreda ob 14.00	ES	2001-04-05 14:21:20.923
3-15	Sreda ob 15.00	JM	2002-01-18 10:12:31.623
3-16	Sreda ob 16.00	ES	2001-04-05 14:25:18.147
3-19	Sreda ob 19.00	ES	2001-04-05 14:19:03.487
35-06	Sreda, petek ob 6.00	ES	2001-04-09 01:39:53.933
35-07	Sreda, petek ob 7.00	ES	2001-04-05 14:36:14.860
35-08	Sreda, petek ob 8.00	ES	2001-04-05 14:33:58.703
4-00	Četrtek, ura ni določena	ES	2001-04-08 22:11:10.103
4-06	Četrtek ob 6.00	ES	2001-04-05 14:11:51.637

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

4-07	Četrtek ob 7.00	ES	2001-04-05 14:28:52.823
4-08	Četrtek ob 8.00	ES	2001-04-05 14:30:39.227
4-14	Četrtek ob 14.00	ES	2001-04-05 14:20:49.040
4-15	Četrtek ob 15.00	JM	2002-01-18 10:23:09.030
4-16	Četrtek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:26:06.957
4-19	Četrtek ob 19.00	ES	2001-04-05 14:18:18.663
5-00	Petek, ura ni določena	ES	2001-04-08 22:11:24.143
5-06	Petek ob 6.00	ES	2001-04-05 14:07:55.377
5-07	Petek ob 7.00	LME	2004-10-01 08:41:37.607
5-14	Petek ob 14.00	ES	2001-04-05 14:22:39.147
5-15	Petek ob 15.00	JM	2002-01-18 10:23:38.280
5-16	Petek ob 16.00	ES	2001-04-05 14:26:42.537
D-00	Vsak delovnik razen sobote, ura ni določena	ES	2001-04-05 13:51:27.727
D-06	Vsak delovnik razen sobote ob 6.00	ES	2001-04-05 13:17:24.770
D-07	Vsak delovnik razen sobote ob 7.00	ES	2001-04-05 13:34:34.140
D-08	Vsak delovnik razen sobote ob 8.00	ES	2001-04-05 13:47:09.583
D-14	Vsak delovnik razen sobote ob 14.00	ES	2001-04-05 13:37:30.883
D-15	Vsak delovnik razen sobote ob 15.00	JM	2002-01-18 10:06:09.530
D-16	Vsak delovnik razen sobote ob 16.00	ES	2001-04-05 13:45:17.773
D-19	Vsak delovnik razen sobote ob 19.00	ES	2001-04-05 13:39:48.370

Preglednica 2.24: Podatki iz preglednice odprem (SVSODR)

Ura odpreme	Število odprem
ni vnosa	1312
06.00	1142
07.00	320
08.00	480
14.00	390
16.00	1146
19.00	383

2.6 Ključne ugotovitve popisa stanja

Glavna ugotovitev popisa stanja je, da se resnično stanje poteka dela v skladiščno-distribucijskem centru pomembno razlikuje od leta 2000 načrtovane organiziranosti dela in temu namenjene informacijske podpore.

Ključne ugotovitve so:

- Urnik dostav in relacije, ki so nespremenjeni že od uvedbe informacijske podpore leta 2000, odločilno narekujejo delo v skladišču za pripravo odprem (zbiranje blaga v odpremo, preskladiščenje).
- Relacije ne določajo poti dostav v določeni smeri, temveč so opredeljene kar s pokrajinami (na primer Ljubljana, Gorenjska, Primorska ...).
- Izbira poti in zaporedja dostav prejemnikom je v celoti prepuščena voznikom.
- Aktiviranje nalogov za odpremo in razvrščanje odprem na relacije izvaja dispečer brez informacijske podpore. Delo dispečerja je tako le delno informacijsko podprto kljub obstoječi informacijski podpori, ki to omogoča.
- Od trenutka, ko je odprema po nalogu pripravljena in čaka na kontrolo ter se izpiše dobavnica, sledenje blagu (nakladanje na tovornjak, dostava) ni več informacijsko podprto. Sledenja od tam naprej ni, razen v papirni obliki z dobavnicami in poročili opravljenih prevozov, ki pa

imajo bistven časovni zamik (na razpolago so, ko jih voznik vrne v SDC) in jih ni enostavno pregledovati.

- Dobavnice v papirni obliki zahtevajo od voznika izpolnjevanje podatkov o registraciji vozila prevoza in voznikov podpis, kar jemlje čas.
- Ploščad za pripravljeno odpremo ni dovolj zmogljiva (glede na način dela in urnik dostav), zato se odprem odlagajo zunaj določenih odpremnih mest, kar povzroča nepotrebno iskanje blaga pri nakladanju na vozilo za dostavo.
- Blago se po prejemu uskladišči na lokacije, ki jih določi SVS glede na skladiščno skupino in naključno. Lokacijo uskladiščenja in preskladiščenja lahko določi tudi voznik viličarja sam. Tako je tudi blago za komisioniranje na lokacijah, ki verjetno ne zagotavljajo najkrajših poti in s tem časa zbiranja blaga v odpremo (potrebna bo natančnejša in izdatnejša analiza).
- Naloga obstoječega sistema za vodenje skladišča je sledenje blagu, ne pa sledenje dogodkom, zato v bazi ni podatkov o lokacijah uskladiščenja in preskladiščenja, ki bi bili potrebni za natančnejšo analizo tehniške učinkovitosti operativnega delovanja skladišča (lahko pa se podatki enostavno vklopijo).

2.6.1 Podatki o operativnem poslovanju SDC

Kazalnike operativnega poslovanja SDC, kot so skladiščni faktor obrata zalog (posameznega blaga in vsega blaga v SDC) in časovna vezava zalog, pripravijo v SDC na podlagi podatkov, ki jih dobijo iz poslovnega informacijskega sistema (PIS). V okviru popisa stanja so bile te možnosti pridobivanja podatkov že omenjene. Ker so zdaj na voljo najnovejši podatki, so jih posredovali tudi naši skupini v elektronski obliki. Tako so na voljo naslednji podatki: pregled zalog z opisom matičnih podatkov artiklov (teža, volumen, paletiranje), podatki o tehnološki opreми, preglednica gibanja blaga v enoletnem obdobju (od oktobra 2007 do septembra 2008). Preglednice vsebujejo tudi zaloge blaga na dan 30. 9. 2008, število vseh artiklov v gibanju v tem obdobju, letne količine nabave, letne količine izdaje, analizo gibanja gum in analizo gibanja cigaret. Podan je tudi popis skladiščnih mest. To so podatki, ki jih je dobila tudi skupina, ki dela pri projektu širitve SDC (Gorenje Indop).

2.6.2 SVS Skladko tudi v drugih skladiščih

SDC razpolaga tudi s skladišči v Celju, Račah in Ajdovščini, kjer skladiščijo blago z daljšim časom vezave v zalogi (na primer gume, parafin, plastika idr.). Ta skladišča uporabljajo predvsem zato, ker za to blago nimajo dovolj prostora v skladišču. Podatki o tem blagu pa so na voljo le v sistemu PIS, ne pa tudi v sistemu SVS Skladko. Za boljše odločanje in operativno poslovanje bi bilo priporočljivo, če bi tudi ta skladišča lokacijsko vodili v SVS Skladko in s tem sledili blagu, ki je v teh skladiščih.

2.6.3 Statistika operativnega poslovanja

V obstoječo informacijsko podporo je smiselno vključiti sistem analize podatkov, ki zaposlenim pomaga pri sprejemanju odločitev. To je dejansko sistem poslovnega obveščanja (poznani tudi kot poslovna inteligenca BI – angl. business intelligence), ki je ena glavnih prvin za učinkovito in uspešno poslovno odločanje. Nekatere kazalnike, ki so jih razvili sami, v SDC že uporabljajo, vendar jih po potrebi izračunavajo sami (na primer v preglednici Excel) iz podatkov, ki jih dobijo iz informacijskega sistema PIS (web) in Skladko.

2.6.4 Podatki o premiku blaga v skladišču

Podatke o premiku blaga med lokacijami v skladišču Skladko sicer zajema, vendar jih ne shranjuje (shranjujejo se le v datoteki *log*, ki pa ni namenjena pregledu dogodkov in je iz nje težko dobiti podatke o premikih blaga v skladišču). Ti podatki so zelo pomembni za podrobno analizo operativnega delovanja dela skladišča, ki je vezano na lokacije uskladiščenja blaga in premik blaga s teh lokacij na lokacije za komisioniranje. Podatki o premikih blaga v skladišču med lokacijami so lahko uporabni tudi za vodjo skladišča, saj lahko le tako za nazaj ugotovi, kam je bilo neko blago uskladiščeno in od kod je bilo preskladiščeno.

2.6.5 Širitev skladišča v SDC

Širitev skladišča v SDC je potrebna, vsaj glede na podatke o količini blaga, ki se skladišči v obeh šotorih ter v skladiščih v Celju, Račah in Ajdovščini oziroma ostane včasih za določen krajši čas kar na dvorišču (to se zgodi zlasti z gumami). Širitev za približno 3.000 (po oceni SDC 4.000) paletnih mest bi rešila premajhno skladiščno zmogljivost (podati je treba bolj natančno oceno potrebne velikosti za širitev). Taka širitev skladišča SDC bo sprostila skladiščne zmogljivosti, ki se jih lahko uporabi kot rezervo, pa tudi za zunanje uporabnike (prostor v najem ali pa ponujanje storitve skladiščenja zunanjim uporabnikom). Tudi zato je smiselno v SVS Skladko informacijsko povezati tudi ta skladišča.

2.6.6 Avtomatizacija in delna avtomatizacija skladišča

Širitev skladišča je tudi priložnost za posodobitev oziroma avtomatizacijo, težko pa je pričakovati, da bi lahko zgolj avtomatizacija pomembno vplivala na povečanje zmogljivosti skladišča. Možnosti za avtomatizacijo skladišča so predvsem pri visokoregalnem skladišču, avtomatskih dvigalih (samodejno vodeni visokoregalni viličarji), transportnih trakovih in pretočnih regalih.

V glavnem se s samo avtomatizacijo zmogljivost skladišča ne poveča, vsaj ne pomembno. Z visokoregalnim skladiščem se sicer poveča zmogljivost glede na tlorisno površino, kar gre predvsem na račun večje višine in s tem večjega števila etaž. Vprašanje je, ali lokacija dovoljuje gradnjo višjega objekta, kot je obstoječi. Obstoječe skladišče bi namreč bilo treba na novo zgraditi v tistem delu, kjer bi bilo visokoregalno skladišče.

Z avtomatskim dvigalom na obstoječi širini hodnika se ne poveča zmogljivost skladišča, lahko se poveča le pretočnost, kar pa pri značilnostih trenutnega poslovanja ni ključno pomembno. Z zmanjšanjem širine hodnikov se lahko poveča zmogljivost oziroma število paletnih mest glede na razpoložljivo površino, vendar to zelo vpliva na promet v skladišču. Obstoječa širina hodnikov je glede na potrebe in zahteve dela v skladišču najprimernejša, saj omogoča hkratno komisioniranje z regalov na obeh straneh hodnika, prehitevanje viličarjev, obračanje viličarjev in ne nazadnje uporabo visokoregalnih čelnih viličarjev za uskladiščenje, dopolnjevanje lokacij za komisioniranje in izdajo blaga na paletah. Ožji hodniki bi zahtevali enosmerni promet, kar bi izredno otežilo delo in predvsem zahtevalo dobro sprotno (on-line) planiranje in vodenje viličarjev v skladišču. Pri tem pa je že pomembno vprašanje razmerja zmogljivosti skladišča na enoto površine in kakovosti oziroma pretočnosti dela v skladišču. Tehnološko je izvedljiva tudi uporaba avtomatskega dvigala pri enaki širini hodnika na delu skladišča, kjer se tudi komisionira, vendar zaradi zagotavljanja varnosti stroški

običajno zelo presegajo koristi. Pri avtomatskem dvigalu in avtomatskem visokoregalnem skladišču so tudi zahteve za pripravo blaga na paletah zelo stroge in izredno presegajo trenutne zahteve. Paleta morajo biti povsem nepoškodovane in zelo kakovostne, blago na njih pa povito oziroma kako drugače zavarovano, da ne pade s palete (še zlasti pri velikih hitrostih, ki zahtevajo tudi temu primerne pospeške in pojemke).

Učinkovitost pretočnih paletnih regalov, ki bi jih na eni strani polnilo avtomatsko dvigalo, na drugi pa bi delavci komisionirali odpremo, je tudi vprašljivo (potrebna bi bila natančnejša analiza blaga v skladišču).

Zamisel samodejnega prenosa palet z blagom na komisionirna mesta zunaj hodnikov in regalov po tekočih trakovih in v sodelovanju z avtomatskim dvigalom bi tudi zahtevala temeljit premislek in analizo. Dejstvo je, da bi tak način dela zahteval komisioniranje več odprem hkrati. Izkušnje pa kažejo, da je komisioniranje več odprem hkrati, ki jih izvaja isti delavec, lahko vzrok za povečanje napak in s tem slabšo kakovost, ki vpliva na zadovoljstvo kupca.

2.6.7 Podaljšanje dvoran A, B in C

Pregledali smo tudi obstoječi predlog širitve SDC, ki predvideva podaljšanje dvoran A, B in C ter preselitev prevzemnega mesta na zadnjo stran skladišča. Predlog izpolnjuje zahtevano povečanje skladiščnega prostora in povečanje ploščadi za pripravljeno odpremo ter loči odpremo od prevzema. S slednjim postavi prevzem na pravo mesto v skladišču in prometni tok uredi logistično pravilno. Širitev tudi sledi postavitvi tehnologije in tehnološke opreme v skladišču, ki je bila postavljena na sodoben logističen način – najprej tehnološka oprema in nato okoli nje zgradba.

2.7 Potencialni optimizacijski problemi

Na podlagi popisa stanja, analiz podatkov in pogovorov z zaposlenimi v SDC smo opredelili osnovne cilje nadaljnjih analiz in raziskav ter področij za izboljšave oziroma optimizacijo. Glavne zahteve oziroma usmeritve so:

- povečati hitrost odprem (omogočiti, da se čim bolj približamo zastavljenemu cilju 800 naročil/dan v okviru obstoječega skladišča in s poudarkom na optimalni uporabi delovne sile),
- čim bolj optimalno izkoristiti obstoječi prostor v skladišču oziroma ugotoviti, ali je povečanje skladišča nujno in v kolikšni meri,
- predlagati nadgradnje informacijskega sistema, ki vključujejo zajem ključnih podatkov za bodoče optimizacije.

2.7.1 Optimizacija urnikov, relacij in količin blaga v naročilu (BS)

Skladišče je v osnovi servis, ki mora zadostiti potrebam prodaje in nabave. Zato so urniki in relacije odvisni predvsem od povpraševanja, količina shranjenega blaga pa v veliki meri od nabave (kupi je se na zalogo, ko je poceni). Zavedamo se, da so to okviri, znotraj katerih lahko izvajamo optimizacije.

Hkrati je treba upoštevati, da ima skladišče omejeno kapaciteto in da povečevanje zahtev nad to kapaciteto povzroča dodatne stroške (širjenje skladišča). Koncentriranost urnikov odprem lahko

povzroča neenakomernost razporeditve dela in posledično suboptimalno izkoriščenost. Zato menimo, da bilo vredno proučiti, kakšna je fleksibilnost urnikov, ter v okviru tega s simulacijami preveriti, ali bi spremembe urnikov pripomogle k boljši izrabi kapacitet in učinkovitosti skladišča.

Pri posnetku stanja smo ugotovili, da od odpreme naprej podatki niso več shranjeni v elektronski obliki. Kakršna koli optimizacija temelji na zgodovini aktivnosti, zato bi za optimizacije relacij nujno potrebovali več podatkov.

Predlagamo, da se v morebitni nadgradnji informacijskega sistema natančno beleži:

- čas voznikovega prevzema blaga,
- čas in kraj (GPS) dostave na lokacijo vsakega naročila.

Bencinski servisi imajo sistem avtomatskega naročanja. Zanimivo bi bilo analizirati, ali bi s spremembami parametrov v tem sistemu pripomogli k enakomernejši razporeditvi odprem.

Predlagana dejanja:

- ugotoviti, kako fleksibilni so lahko urniki,
- predlagati razširitve informacijskega sistema (za boljšo sledljivost dostave).

2.7.2 Organiziranje odprem (redne relacije, hitre relacije)

Pri dosednji analizi skladišča se je pojavil problem premajhnega števila linij za odpremo. Težava je predvsem v izrednih odpremah, ki za zdaj nimajo predvidenih linij, zato se pripravijo na raznih zasilnih mestih v odpremni dvorani, kar otežuje in podaljšuje delo tako komisionarjem (ki morajo iskati prosta mesta) kot tudi voznikom (ki morajo iskati blago za prevzem). Podaljšan čas iskanja še dodatno prispeva k prezasedenosti prostora za odpreme, saj se čas, ko leži blago v odpremni dvorani, podaljša za čas iskanja.

Na podlagi podatkov o odpremah glede na relacije lahko ugotovimo, katere relacije so »redne« (tj. se odpremijo vsak teden ob istem času) in katere so »izredne« (ko pride naročilo, ki ni od rednega kupca, ali ki ne more čakati na redni termin odpreme). S statistično analizo izrednih odprem lahko izvemo:

- koliko je izrednih odprem na teden;
- koliko je maksimalno in povprečno število hkratnih izrednih odprem;
- kakšna je porazdelitev izrednih odprem po regijah.

S pomočjo teh podatkov bi predlagali bolj optimalno izkoriščanje prostora za odpreme. Naša ideja je, da se poleg linij za redne odpreme postavi nekaj linij za izredne ali da se nekatere redne linije spremenijo v izredne (kar bi verjetno zahtevalo tudi prilagoditve urnikov). Optimalno število izrednih linij za prvo ali drugo možnost bomo lahko predlagali na podlagi zgoraj naštetih podatkov in analiz.

Na podlagi analize regij in časa odprem lahko predlagamo tudi, da se nekatere izredne odpreme priključijo rednim ali da se seznam rednih odprem prenovi glede na stanje najpogostejših naročil v letu 2010 (za zdaj so redne linije na podlagi urnika, ki je nespremenjen od leta 2001).

Predlagana dejanja:

- analizirati število in pogostost izrednih odprem,
- predlagati število izrednih linij (morda na podlagi simulacij),
- proučiti možne alternativne razporeditve blaga na odpremnih linijah za hitrejše nalaganje tovornjakov.

2.7.3 Razmestitev blaga na lokacije v skladišču (komisioniranje)

Razmestitev blaga v skladišču vpliva na čas komisioniranja in s tem na hitrost odprem iz dveh razlogov:

- Komisionar mora zbirati blago za odpremo po vsem skladišču. Če bi ugotovili korelacije med vrstami blaga v tipični odpremi, bi te lahko razmestili na bližnjih lokacijah. Nameravamo analizirati dolžine poti komisionarjev in zamude, ki nastanejo zaradi odvečnega premikanja med lokacijami.
- Ker je prostor v spodnjih regalih (namenjenih komisioniranju) omejen, morajo visokoregalni viličarji polniti te lokacije z višjih regalov. To včasih povzroča zastoje v delu komisionarjev (morajo čakati, da se njihovi regali napolnijo). Predlagamo, da se analizira število in vpliv teh zastojev in da se na podlagi tega ugotovi smiselnost nadaljnje optimizacije.

Za analize v tej točki bi nujno potrebovali sledljivost blaga v skladišču. Za zdaj je shranjena samo trenutna lokacija in lokacija tik pred odpremo, kar za pravkar našteje analize ne zadošča.

Predlagana dejanja:

- ugotoviti pot, ki jo mora povprečno opraviti komisionar pri nabiranju blaga za odpremo (predlagamo optimalnejšo razporeditev);
- za drugi del je treba uporabiti dodatne podatke od informacijskega sistema (sledljivost blaga v skladišču).

2.7.4 Identifikacija blaga za dolgoročno shranjevanje

Zaradi premajhne kapacitete centralnega skladišča se del zalog shranjuje v rezervnih skladiščih (Celje, Rače, Ajdovščina). Ta skladišča so namenjena predvsem dolgoročnemu shranjevanju. Zato tam shranjeno blago povzroča dodatne stroške s prevozom blaga od/do centralnega skladišča. Z analizo časa hrambe posamičnih vrst blaga lahko ugotovimo optimalni model prevoza blaga v/iz rezervnih skladišč.

Predlagana dejanja:

- iz podatkov o prihodu/izhodu blaga iz skladišča lahko ugotovimo, kako dolgo leži blago v skladišču;
- naredimo simulacijo, ki blago, ki najdlje leži (v večjih količinah) avtomatsko premesti v rezervna skladišča.

3 Diskretne simulacije procesov logističnega sistema

V tem poglavju predstavljamo razvoj digitalnega modela poslovanja analiziranega logističnega sistema. Digitalni model predstavljamo v luči simulacij obstoječih procesov logističnega sistema in simulacij različnih možnih scenarijev izboljšanja poslovanja v smislu večje učinkovitosti oziroma uspešnosti. Poglavje končujemo z identifikacijo kazalnikov, ki bi lahko kazali na neučinkovitost poslovanja logističnega centra, ter s predlogom scenarijev za izboljšanje poslovanja.

3.1 Cilj, namen in potek diskretne simulacije

Cilj diskretne simulacije je izdelava natančnega digitalnega modela obravnavanega logističnega sistema, ki bo upošteval njegove tehnološke značilnosti.

Namen diskretne simulacije oziroma izdelave digitalnega modela in njegovo izvajanje v digitalnem okolju je podpora:

- analizi obstoječega logističnega sistema (odkrivanje ozkih grl, prikaz gostote transporta, vizualizacija ...),
- razvoju modela optimizacije (preizkušanje in vrednotenje modela v digitalnem okolju),
- primerjalni analizi tehnične in ekonomske učinkovitosti (pridobivanje in vrednotenje ključnih kazalnikov delovanja in poslovanja logističnih sistemov v digitalnem okolju),
- preizkušanju različnih scenarijev poslovanja logističnega sistema.

Prednosti dela v digitalnem okolju so:

- večdnevno, tedensko ali mesečno delovanje logističnega sistema simuliramo z izvajanjem modela v nekaj minutah ali največ urah;
- izvajanje modela lahko ponavljamo z enakimi ali spremenjenimi parametri, dokler ne zadostimo potrebam analize in optimizacije;
- ob tem brez omejitve merimo oziroma beležimo vse parametre, tudi tiste, ki bi v dejanskem sistemu zahtevali zapletene merilne sisteme oziroma dodatne sisteme za zajem, prenos in obdelavo podatkov, sicer jih sploh ne bi mogli izmeriti;
- vizualizacija in animacija omogočata jasno in razumljivo predstavitev delovanja zapletenih logističnih procesov in toka blaga.

Običajni projekt diskretne simulacije poteka po naslednjih korakih:

- opredelitev analiziranega logističnega sistema,
- zbiranje podatkov oziroma posnetek stanja,
- zasnova oziroma formalni opis digitalnega modela,
- izdelava digitalnega modela,
- preverjanje natančnosti in točnosti modela,
- izvajanje simulacij,
- obdelava in razlaga rezultatov simulacij,
- oblikovanje ukrepov.

Opredelitev analiziranega logističnega sistema pomeni določiti meje, značilnosti in stopnjo podrobnosti digitalnega modela ter ključne dejavnike in kazalnike delovanja oziroma poslovanja logističnega sistema (zmogljivost, izkoriščenost virov, učinkovitost, kakovost poslovanja ...).

Zbiranje podatkov oziroma posnetek stanja je osnova za izdelavo formalnega modela in nato digitalnega modela analiziranega logističnega sistema. Treba je določiti logistične procese in opremo, postopke, vodenje in informacijsko podporo, vrsto in lastnosti logističnega blaga ter poslovanje logističnega sistema v določenem obdobju.

Zasnova oziroma formalni opis digitalnega modela opredeli vse za izdelavo digitalnega modela potrebne podatke in postopke. Izdelava natančnega digitalnega modela analiziranega logističnega sistema pomeni preslikavo formalnega modela v računalniški program. Digitalni model je treba pred praktično uporabo preveriti, ali izpolnjuje pričakovano točnost in natančnost. To naredimo po navadi s simulacijo na podlagi zbranih podatkov o poslovanju za določeno obdobje. S preverjenim digitalnim modelom izvajamo poskuse, pri čemer lahko spreminjamo vhodne podatke, parametre modela ali pa celo model sam. Rezultate simulacij beležimo in pozneje obdelamo. Obdelava in razlaga rezultatov simulacij sta podlagi za sprejemanje odločitev o ukrepih glede na postavljene cilje projekta.

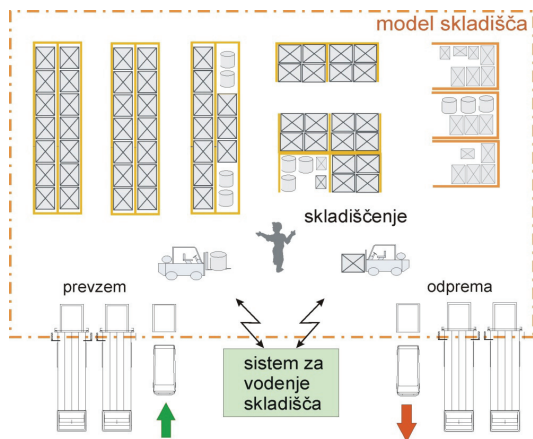
3.2 Zasnova simulacijskega modela

Na podlagi opredeljenih ciljev projekta ter zbranih podatkov in opisa stanja, ki je predstavljen v drugem poglavju, smo izdelali zasnovo simulacijskega modela.

Zasnova digitalnega model logističnega sistema predvideva, da bo model vključeval:

- prostorski vidik in značilnosti opreme,
- način dela v skladišču,
- človeške vire in
- značilnosti blaga.

Slika 3.1: Shema zasnove digitalnega modela analiziranega logističnega sistema



Prostorski vidik in značilnosti opreme vključujejo:

- prostorsko razmestitev lokacij in druge skladiščne opreme,
- transportne poti,
- skladiščno opremo (velikost in tip lokacij, ploščadi za prevzem in odpremo ...),
- transportno opremo (število in tip viličarjev, način in hitrost vožnje ...).

Način dela v skladišču obsega:

- prevzem, uskladiščenje, izskladiščenje, premeščanje, komisioniranje, odpremo,
- stopnjo avtomatizacije,
- informacijsko podporo (sistem za vodenje skladišča, zajem podatkov, črtna koda ...).

Človeški viri opredeljujejo:

- način dela,
- število in potrebno usposobljenost delavcev.

Značilnosti blaga so podatki o:

- transportnih enotah (velikost, vsebina ...) ter
- podatki o blagu in načinu pakiranja.

3.3 Formalni model

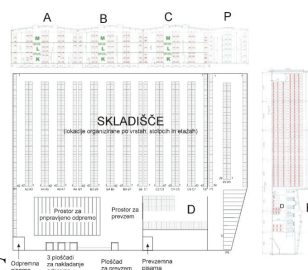
Formalni model kot podlaga za izdelavo simulacijskega oziroma digitalnega modela opredeljuje elemente analiziranega logističnega sistema, fizične in logične povezave med njimi ter mejo sistema z vhodnimi in izhodnimi podatki. Podlaga za formalni model so zasnova modela in opis stanja sistema s podatki iz baze sistema za vodenje skladišča (SVS Skladko).

3.3.1 Prostorski vidik in značilnosti opreme

Prostorski vidik in značilnosti opreme vključujejo vse elemente skladiščne in transportne opreme ter prostorske in druge relacije med njimi.

Prostorska razmestitev lokacij in druge skladiščne opreme

Osnovni element skladišča je lokacija, kjer se blago shranjuje. V analiziranem logističnem sistemu smo se osredotočili na lokacije za skladiščenje palet, lokacije prevzema in lokacije za odpremo. Osnova za prostorsko razmestitev je tloris skladišča (slika 3.2).



Slika 3.2: Tloris SDC

Palete se skladiščijo v regalih. Poleg regalov s točno in natančno opredeljenimi mesti oziroma lokacijami za skladiščenje palet z blagom so pomembne lokacije tudi mesto za prevzem blaga v skladišče in mesta za odlaganje pripravljene blaga za odpremo.

Transportne poti

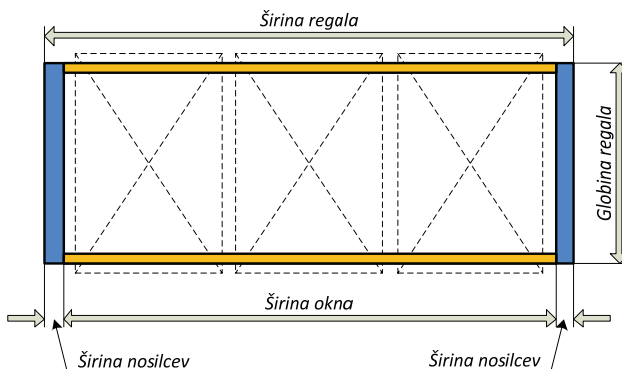
Regali so postavljeni v dvorane (A, B, C in P) tako, da je med njimi prostor za dostop z viličarji. Lokacija prevzema je prostor, v katerem viličar prevzame blago na paleti in ga pelje na želeno lokacijo oziroma mesto v določenem regalu. Lokacija za opremo je s talnimi oznakami določen in označen prostor, kjer pripravljene palete za odpremo čakajo na nakladanje na vozilo za dostavo. Med vsemi lokacijami v skladišču so urejene poti, po katerih viličar lahko pride do vsake lokacije in tam odloži ali naloži paletu oziroma nabere blago v odpremo. Blago na paletah je lahko tudi na talnih lokacijah (D).

Transportne poti za viličarje in poti za delavce v skladišču so povsod, kjer je prostor med regali, opremo in paletami na talnih lokacijah. Transportne poti v modelu morajo upoštevati dolžino poti med lokacijami in širino, ki dovoljuje ali pa ne dovoljuje srečevanja in prehitevanja viličarjev, ko ti vozijo ali delajo na lokaciji.

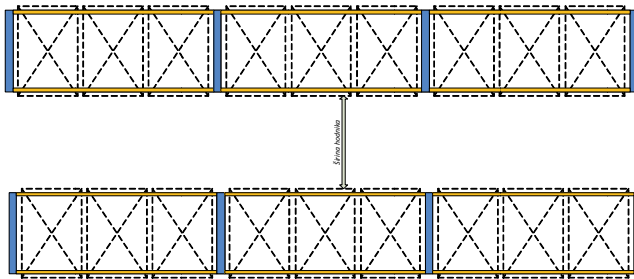
Značilnosti opreme

Opremo lahko delimo na skladiščno opremo in transportno opremo. Glavna **skladiščna oprema** so regali za paleta v dvoranah A, B, C in P. Regali so sestavljeni iz nosilnega ogrodja in odlagalnih polic (slika 3.3). Odlagalne police (odlagalno okno) so običajno široke 2.700 mm in globoke 1.100 mm (paleta na vsaki strani sega za 50 mm čez rob nosilcev). Na njih lahko odložimo tri paleta velikosti 1.200 krat 800 mm (paleta EURO, PLT1208) ali dve paleti velikosti 1.200 krat 1.200 mm (paleta PLT1212). Regali imajo po šest odlagalnih polic. Med policami je v navpični smeri različna razdalja, kar je odvisno od etaže in mesta regala v skladišču (cona). Regali v dvorani P imajo širino 2900 mm in so namenjeni paletam večje velikosti.

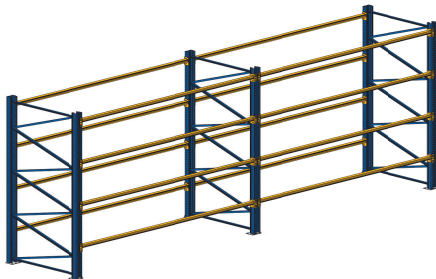
Slika 3.3: Regal je osnovni gradnik regalnega skladišča



Slika 3.4: Hodnik z regali je osnovni gradnik regalnega skladišča



Slika 3.5: Prostorski prikaz regala



Glavna **transportna oprema** so viličarji. Za različne naloge so namenjeni različni tipi viličarja. Glavne tri naloge so uskladiščenje, preskladiščenje in izdaja celih palet, nabiranje v odpremo (komisioniranje) in delo zunaj skladišča. Temu so namenjeni regalni viličarji ETV 216, komisionirni viličarji ECP 100 in ECP 2100 in običajni splošni viličarji. Za enostavnejše naloge so na voljo tudi ročni viličarji.

V modelu bomo natančno opredelili predvsem regalne viličarje ETV 216 in ECP 2100.

Regalni viličarji so namenjeni uskladiščenju, popolnjevanju in izdaji celih palet, ki jih običajno skladiščimo na višjih etažah (cone L in M).

Komisionirni viličar je namenjen nabiranju blaga v odpremo s polic v spodnjih etažah (cona K). Voznik viličarja jemlje blago s palet na lokacijah in ga zlaga na paleto na vilicah viličarja. V skladišču so viličarji Jungheinrich tipa ECP, ki pa so po uporabi in bistvenih značilnostih povsem podobni viličarjem Jungheinrich EKS. Za opredelitev osnovnih značilnosti delovanja viličarja v modelu bo to povsem sprejemljivo.

Glavne značilnosti viličarjev so dolžina, širina, radij obračanja, nosilnost, višina dviga, pospešek in hitrost dviga in spusta ter hitrost vožnje.

3.3.2 Način dela v skladišču

Način dela v skladišču opredeljujejo proces, stopnja avtomatizacije in informacijska podpora.

3.3.2.1 Osnovni procesi

Glavni procesi z blagom v skladišču so prevzem, uskladiščenje, premeščanje, izskladiščenje, komisioniranje, kontrola in odprema.

Prevzem blaga v skladišče

Delavec na sprejemu (primopredaji) da blago na palete, blago, ki je že na paletah, pa odloži na eno od prevzemnih mest. To je prva operacija primopredaje (predaje od dobavitelja – prevzema v skladišče). Tu je prvo preverjanje blaga, drugo bo opravil prevzemalec avtomatizirano v naslednjem koraku. Prevzemni delavec prebere kodo blaga na kartonu, ki ga želi prevzeti v skladišče, in na terminalu se mu pokaže ustrezno naročilo, ki bo avtomatično tvorilo novo prevzemnico za to naročilo, v katero se vpiše številka naročila in primopredajnice, datum in ura pa se tvorita avtomatično.

Zdaj se začne prevzemanje blaga. Sočasno se sestavlja prevzemnica oziroma dobavnica, ki vsebuje:

- označevanje s serijsko številko SSCC,
- primerjanje dobavljenih postavk in količin s postavkami in količinami na naročilu s pomočjo terminala in branja kod,
- vnos datuma izdelave ali »uporabno do«,
- preverjanje označevanja s črtno kodo.

Ob prihodu blaga v skladišče delavec prebere črtno kodo s palete oziroma kartona in preveri, ali je na njej res vse, kar piše na zaslonu. Po potrditvi dobi paleta status, da je na lokaciji »prevzem«, hkrati pa se sestavlja skladiščna prevzemnica iz vseh palet, ki so z istim vozilom prišle od določenega dobavitelja. Tako pripravljeno blago čaka na uskladiščenje na lokaciji PREVZEM-F.

Postopki, ki spadajo v fazo prevzema, so:

- razkladanje,
- identifikacija in določitev cone uskladiščenja,
- sortiranje blaga,
- formiranje palet (paletizacija),
- informacijska priprava ter prevzem palet/kartonov (IPP).

Uskladiščenje

SVS blago na paleti uskladišči na lokacijo glede na stanje v skladišču in merila uskladiščenja. Glavno merilo uskladiščenja je kakovost lokacije, ki pomeni, katero lokacijo prej polniti, da bo izskladiščenje lažje in hitrejše. Pri uskladiščenju upošteva sistem kakovost skladiščne lokacije:

$$\text{kakovost lokacije} = 10.000 * \text{etaža} + 1000 * Uv + \text{stolpec},$$

pri čemer je Uv 1 – 8 za vrsto B8 – B1, 9 – 16 za A8 – A1 in 17 – 24 za C1 – C8. Blago je v skladišču na lokacijah glede na cone skladiščenja (SCON_SIF v *preglednici 3.1*) in cone komisioniranja (K, L, M in P).

Preglednica 3.1: Cone skladiščenja (SVSCON)

SCON_SIF	SCON_NAZ
D	Blok skladišče
H	Dvorana P 5-6 skl. etaža
I	Dvorana P 1-2 skl. etaža
J	Dvorana P 1-2 kom. etaža
K	1-2 etaža, komisioniranje s paleto
L	3-4 etaža, skladišče za P,K
M	5-6 etaža, skladišče za K,P
O	Omare EB na podestu
P	Police na podestu
V	Vinjete
Z	Zunanje skladišče

Premeščanje

Premeščanje je proces jemanja palete z določene lokacije ter transport in uskladiščenje palete na novo lokacijo.

Najpogosteje je premeščanje potrebno zaradi popolnjevanja blaga na lokacijah za komisioniranje. Ko na lokaciji za komisioniranje določenega blaga zmanjka, to lokacijo s premeščanjem blaga z druge lokacije (običajno lokacije v višjih etažah) popolnimo.

Premeščanje lahko poteka tudi na nižjih etažah, ko želimo blago za izdajo prestaviti na novo lokacijo. S tem lahko razporedimo blago tako, da bo pot komisioniranja krajša.

Premeščanje z višjih etaž izvaja regalni viličar, z nižjih pa lahko tudi komisionirni, vendar le če še ni začel komisionirati določene odpreme. V obeh primerih vodi premeščanje sistem za vodenje skladišča. Lahko pa premeščanje poteka tudi ročno, s čimer se izognemo logiki delovanja sistema SVS.

Izskladiščenje

Izskladiščenje je proces jemanja cele palete z lokacije in transport na mesto kontrole oziroma odpreme. Običajno to izvaja regalni viličar, če pa poteka izskladiščenje cele palete iz etaž cone K, lahko to izvaja tudi komisionirni viličar.

Izskladiščenje poteka izključno po navodilu sistema za vodenje skladišča.

Komisioniranje

Komisioniranje je nabiranje blaga v odpremo. Če je količina določenega blaga za izdajo manjša od transportne oziroma skladiščne enote (palete), jo lahko jemljemo s palete v manjših količinah (osnovnem pakiranju) in jo dajemo na zbirno transportno enoto (običajno paleta, lahko pa je tudi transportni karton, *preglednica 3.2*).

Preglednica 3.2: Najpogosteje uporabljene možnosti pakiranja (MATMPK)

Oznaka	Opis	Osnovna enota za skladiščenje	Osnovna enota za transport
PA	paleta	da	da
VR	vreča	na paleti	da
TK	transportni karton		da
OK	ogledni karton	na paleti	
SD	sod	na paleti	da
ZV	zvitek	na paleti	na paleti
HB	hobuk	na paleti	na paleti
ZA	zaboj	na paleti	na paleti
OP	osnovno pakiranje		

Delo komisionarja je podrobneje opisano v poglavju 2.2.6.

Kontrola in odprema

Ko komisionar zaključi paletu (ko je paleta za odpremo polna ali pa nima več blaga na seznamu za na paletu), jo opremi s transportno nalepko in pelje na mesto ovijanja s folijo in kontrole. Kontrolor preveri usklajenost blaga na paleti s transportno nalepko (to napiše v knjigo kontrole) in odpelje paletu na mesto za odpremo (glede na relacijo odpreme). S tem se delo z blagom v skladiščno-distribucijskem centru konča. Nadaljnje fizično delo z blagom, pripravljenim za odpremo, izvajajo vozniki transportnih vozil, ko pridejo po blago za dostavo naročnikom.

3.3.2.2 Stopnja avtomatiziranosti dela

Stopnja avtomatiziranosti dela v skladišču pomeni, koliko in katere procese lahko naredijo stroji in naprave samodejno brez posredovanja delavcev ali operaterjev. V obravnavanem primeru ni nobenega osnovnega procesa, ki ne bi potreboval človeka. Avtomatiziran je edino vnos podatkov z branjem črtne kode. Regalni in komisionirni viličarji so opremljeni s terminalom in čitalnikom črtne kode.

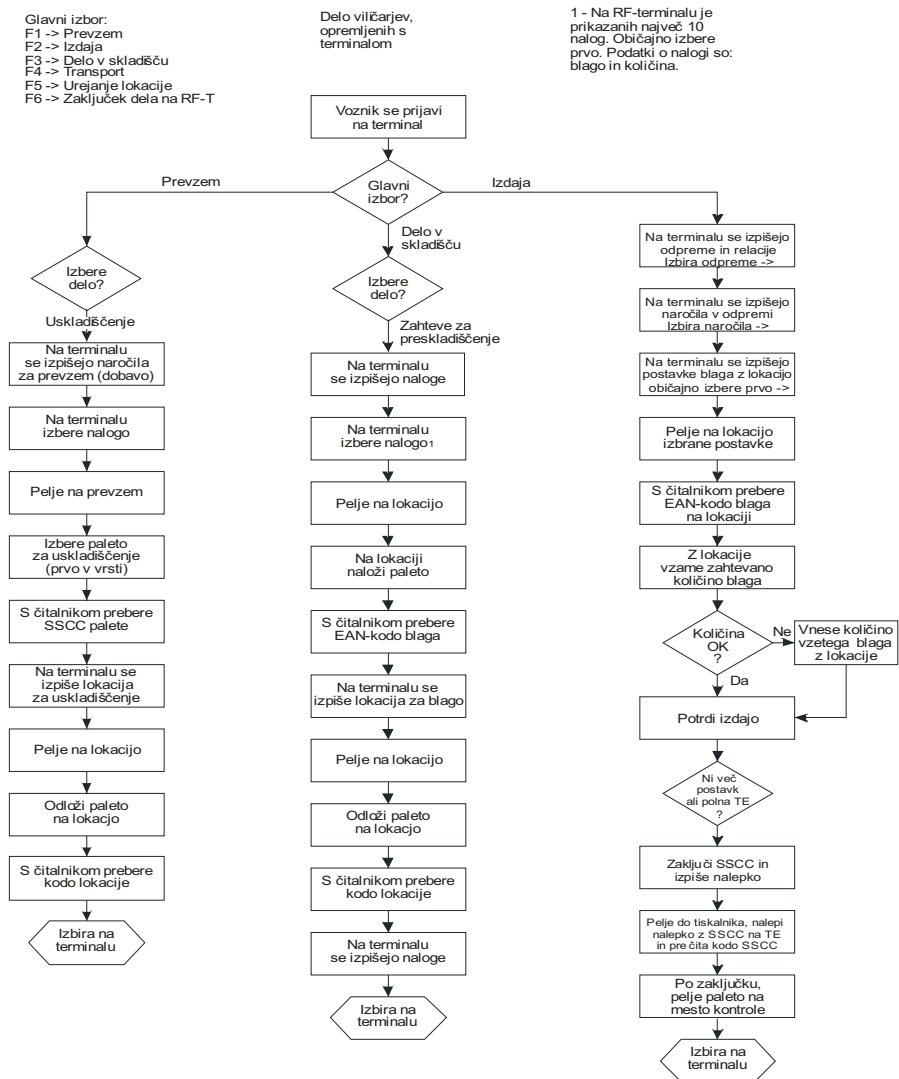
Po terminalu, ki je z brezžičnim prenosom podatkov povezan s sistemom za vodenje skladišča, dobijo vozniki viličarja ukaze za delo, s čitalnikom črtne kode in tipkami na terminalu pa vnašajo podatke in potrjujejo opravljene naloge.

3.3.2.3 Informacijska podpora

Brezpapirno skladiščno poslovanje, avtomatizirani zajem in vnos podatkov (črtna koda), lokacijsko vodenje blaga in napredno komisioniranje niso mogoči brez ustrezne informacijske podpore oziroma rešitve, ki jo imenujemo sistem za vodenje skladišča. Osnova sistema je baza podatkov, v kateri so matični podatki o blagu, dobaviteljih in kupcih, lokacije in druge značilnosti skladiščne opreme ter predvsem podatki o trenutnem stanju v skladišču, vključno z lokacijo določenega blaga.

SVS na podlagi podatkov o stanju in zahtevah oziroma nalogih za prevzem in izdajo blaga vodi delo v skladišču. Vozniki viličarjev s SVS komunicirajo s terminalom, na katerem lahko izbirajo ter prejemajo naloge in potrjujejo njihovo izvršitev. Na *sliki 3.12* je shema poteka dela voznika viličarja s terminalom.

Slika 3.6: Delo viličarjev, opremljenih s terminalom



Voznik se prijavi na terminal, da sistem SVS ve, kdo je oziroma katere naloge mu lahko da na izbiro (komisionirni viličar ne more uskladiščiti palete na lokacijo v conah L in M). V osnovi ima na voljo naslednje izbirne (menijske) postavke: prevzem, izdaja, delo v skladišču, transport in urejanje lokacij. Ko konča delo, se s terminala odjavi.

Osnovne možnosti izbire dela na terminalu so:

- prijava in glavni izbor:
 - prevzem: uskladiščenje palete, prevzem najavljenih palet (prevzem palete, prebere kodo SSCC), priprava palete, sprememba prevzemnega mesta,
 - izdaja,
 - delo v skladišču: zahteva za preskladiščenje, naročanje preskladiščenja, urejanje skladišča, identifikacija artikla, podatki artikla,
 - transport,
 - urejanje lokacij;
- zaključek dela na terminalu.

3.3.3 Človeški viri

V modelu bodo upoštevani le delavci, ki delajo po navodilih in ukazih sistema za vodenje skladišča. To so predvsem vozniki viličarjev, tako da je njihov način dela opredeljen z načinom dela viličarja za uskladiščenje, izdajo celih palet in komisioniranje.

Število delavcev je enako številu operativnih viličarjev, morajo pa biti usposobljeni za vožnjo viličarja in za delo s terminalom ter čitalnikom črtna kode.

3.3.4 Značilnosti blaga

Značilnosti blaga so podatki o blagu, načinu pakiranja ter vsebini in velikosti transportnih in skladiščnih enot. Podatki so na voljo v različnih podatkovnih preglednicah baze sistema za vodenje skladišča SVS Skladko. Osnovni podatki z matičnimi podatki o blagu so v preglednici 3.3.

Preglednica 3.3: Podatki o blagu (matična preglednica materiala MATMAT)

Ime	oznaka	podatkovni tip
Šifra materiala	MAT_SIF	char(8)
Naziv materiala	MAT_NAZ	varchar(40)
Dimenzija	MAT_DIM	varchar(40)
Enota mere	MEE_SIF	char(5)
Rok trajanja	MAT_ROK	int
Rok za grosiste	MAT_ROKG	int
Dobavitelj	POP_SIF	char(8)
Lastnik materiala	POP_SIFL	char(8)
Carinska tarifa	SCT_SIF	char(10)
Šifra grupe	MGR_SIF	char(2)
Host grupa	MAT_HGR	char(8)
Obračunska cena	MAT_OCE	decimal(12,2)
Datum obračunske cene	MAT_DOCE	datetime
Zadnja nabavna cena	MAT_ZNC	decimal(12,2)
Datum zadnje nabavne cene	MAT_DZNC	datetime
Povprečna cena	MAT_POC	decimal(12,2)
Prodajna cena	MAT_PCE	decimal(12,2)
Status cene	MAT_STC	char(1)
Šifra davčne skupine	DVK_SIF	char(2)
Maksimalna količina	MAT_KMA	decimal(10,2)
Signalna količina	MAT_KSI	decimal(10,2)
Minimalna količina	MAT_KMI	char(1)
Dejanska zaloga	MAT_ZAL	decimal(10,2)
Rezervirana zaloga	MAT_REZ	decimal(10,2)

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Ime	oznaka	podatkovni tip
Naročena zaloga	MAT_NAR	decimal(10,2)
Oznaka vhodne kontrole	MAT_OVK	char(1)
Datum zadnje inventure	MAT_DZIN	datetime
Datum zadnjega prejema	MAT_DZPR	datetime
Datum zadnje izdaje	MAT_DZIZ	datetime
Aktivnost zapisa	MAT_AKT	char(1)
Skupina za skladiščenje	SGRS_SIF	char(8)
Oznaka, ali je šaržni artikel	MAT_SARZ	char(1)
Skladiščenje z istimi lastnostmi	MAT_SKLL	char(1)
Delta T datumov	MAT_DT	int
Uvedba karantene za artikel	MAT_KRNT	char(1)
Glavna pakirna skupina za artikel	MAT_GPS	char(2)
Predlagano skladišče	MSK_SIF	char(8)
Komisioniranje ostankov celih palet	MAT_IPAK	char(1)
Odstotek cele palete za skladiščni nalog	MAT_OCPS	int
Vrsta embalaže	MAT_NEMB	int
Opomba	MAT_OPO	char(60)
Kriterij 1	MAT_KRT1	char(15)
Kriterij 2	MAT_KRT2	char(15)
Obračunska grupa za skladiščenje	SGRK_SIF	char(10)
Format označevalne nalepke	MAT_FMT	char(25)
Format označevalne prevzemne nalepke	MAT_PONL	char(25)
Format paletne prevzemne nalepke	MAT_PPNL	char(25)
Znaki za izpis na nalepki	MAT_ZO	char(20)
Tip rezervacije artikla	MAT_TRZ	char(1)
Obvezen scan šarže pri izdaji	MAT_OSSI	char(1)
Avtor spremembe	MAT_OSP	char(3)
Datum spremembe	MAT_DSP	datetime

V preglednici 3.4 je poleg kode SSCC (SSCC_SIF), višine in širine pomemben podatek še stanje transportne enote (običajno paleta) SSCC_STA, ki je lahko:

- 1 – V najavi,
- 2 – V pripravi na prejemi lokaciji,
- 3 – V skladišču na lokaciji,
- 4 – V skladiščnem transportu,
- 5 – V izdaji na izdajni lokaciji,
- 6 – V premiku internega transporta,
- 9 – Izdan.

Preglednica 3.4: Preglednica SSCC

Ime	oznaka	podatkovni tip
SSCC	SSCC_SIF	char(18)
Status SSCC	SSCC_STA	char(1)
Višina SSCC	SSCC_VIS	int
Širina SSCC	SSCC_SIR	int
Lista con za uskladiščenje	SSCC_CON	char(100)
Oznaka, da je SSCC že načet	SSCC_NAC	char(1)
Zadnja prevzemnica	SPDO_ID	integer
Zadnja izdaja	SIZG_ID	integer
Operater spremembe	SSCC_OSP	char(3)
Datum spremembe	SSCC_DSP	datetime

Blago je lahko v različnem pakiranju. V modelu so poleg osnovnega pakiranja, ki je lahko eno od pakiranj v preglednici 3.2., za transport in skladiščenje pomembni predvsem (oznaka pakiranja MPK_SIF iz MATMPK):

- OP (osnovno pakiranje s kodo EAN),
- OK (ogledni karton),
- TK (transportni karton),
- PA (paleta).

Paleta

Osnovne transportne in skladiščne enote (TE) v modelu so tri velikosti palet (PLT1208, PLT1210 in PLT1212). Paleta je nosilka blaga (praviloma je na eni paleti samo ena vrsta blaga). Vsaka paleta je označena s kodo SSCC. Koda SSCC (SSCC_SIF) je v podatkovnem modelu baze SVS Skladko indeks, s katerim v različnih preglednicah najdemo podatke o blagu in lokaciji palete. V modelu smo podatke o transportni enoti (paleti) izbrali iz matičnih podatkov o blagu (preglednica 3.3) in podatkov o SSCC *preglednica 3.4*):

- MAT_NAZ (ime blaga),
- MAT_SIF (šifra blaga),
- MEE_SIF (enota mere),
- MPK_SIF (šifra pakiranja),
- SLKA_KOL (količina),
- SLKA_TEZ (teža),
- SLKA_VOL (prostornina),
- SSCC_SIF (koda, char 18),
- SSCC_SIR (širina palete),
- SSCC_VIS (višina palete).

Enake podatke bo imel v modelu tudi transportni karton (če bo imel oznako SSCC).

3.4 Podatki za model in simulacijo

Že na stopnji izdelave formalnega modela je treba poznati razpoložljive podatke. Glavni vir podatkov za simulacijo je baza podatkov sistema za vodenje skladišča SVS Skladko. Za model so pomembni predvsem podatki za izdelavo modela ter podatki za simulacijo.

3.4.1 Podatki za izdelavo modela

Poleg tlorisa in podatkov o opremi so najpomembnejši podatki o skladiščnih lokacijah. Ti podatki so zbrani v preglednici lokacij SVSLOK (preglednica 3.5).

Preglednica 3.5: Preglednica lokacij SVSKLOK

Ime	oznaka	podatkovni tip
Šifra lokacije	SLOK_SIF	char(8)
Naziv lokacije	SLOK_NAZ	char(30)
Šifra objekta	SOBJ_SIF	char(2)
Šifra dvorane	SHAL_SIF	char(2)

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Ime	oznaka	podatkovni tip
Vrsta v dvorani	SLOK_VRS	char(2)
Številka stolpca	SLOK_STO	int
Etaža	SLOK_ETA	int
Določeno število elementov	SLOK_EL	char(1)
Število elementov lokacije	SLOK_ELN	int
Oznaka osnovnega elementa	MPK_SIF	char(2)
Sistem dostopanja do elementov	SLOK_DOST	char(1)
Kvaliteta lokacije	SLOK_KVAL	int
Cona skladiščenja	SCON_SIF	char(6)
Šifra nosilca	SLNS_SIF	char(8)
Oznaka za prevzemno lokacijo	SLOK_LPRE	char(1)
Oznaka za izdajno lokacijo	SLOK_LIZD	char(1)
Oznaka za dovoljeno izskladiščenje	SLOK_ISKL	char(1)
Oznaka za dovoljeno uskladiščenje	SLOK_VSKL	char(1)
Oznaka za izskladiščenje prek sistema rezervacij	SLOK_IWRP	char(1)
Oznaka za višino dostopnega okna	SLOK_OVIS	int
Oznaka za višino, širino okna	SLOK_OSIR	int
Oznaka za globino dostopa	SLOK_OGLO	int
Omejitev teže v kg na element	SLOK_TEZ	int
Fiksno določen lastnik blaga	SLOK_FPOP	char(8)
Fiksno skladišče	SLOK_FMSK	char(8)
Fiksno določen artikel	SLOK_FART	char(8)
Fiksno določena skupina artiklov	SLOK_FGRS	char(8)
Na lokaciji je lahko en sam artikel	SLOK_UART	char(1)
Na lokaciji je lahko samo eno skladišče	SLOK_UMSK	char(1)
Na lokaciji je lahko samo en lastnik	SLOK_UPOP	char(1)
Vrstni red za komisioniranje	SLOK_SORT	char(10)
Oznaka za pozicijo na nosilcu	SLOK_NPO	char(1)
Status lokacije	SLOK_STA	char(1)
Operater spremembe	SLOK_OSP	char(3)
Datum spremembe	SLOK_DSP	datetime
Kvaliteta za skupino lokacij skupina lokacij	SLOK_RELN	int
Šifra inventure, v katero je zajeta	SINV_ID	int
Razlog blokade lokacije	SLOK_RAZL	char(50)
Predlokacija	SLOK_LPRE	char(1)
Predlokacija za lokacijo	SLOK_PRED	char(8)
Koordinata X	SLOK_KX	int
Koordinata Y	SLOK_KY	int
Blokiran predlog uskladiščenja	SLOK_BLKV	char(1)
Blokiran predlog izskladiščenja	SLOK_BLKI	char(1)
Koordinata R	SLOK_KR	int
Polje lokacije	SLPL_SIF	char(8)
Hodnik lokacije	SHOD_SIF	char(5)
Avtomatska naprava	SAVT_SIF	char(10)
Načestost palet	SLOK_FNAC	char(1)
Lokacija, kjer se potrjuje paleta na host	SLOK_PPAL	char(1)
Posebna lokacija za pripravo blaga	SLOK_LPRIP	char(1)
Kombinacija uporabe nosilca	SLOK_NKOM	char(3)
Tehnologija lokacije	SLOK_TEH	char(3)
Prehodna lokacija, s katere je mogoče običajno uskladiščenje na drugo lokacijo	SLOK_XVSKL	char(1)

3.4.2 Podatki za simulacijo

Poleg digitalnega modela so za simulacijo potrebni tudi:

- podatki o začetnem stanju,
- podatki o blagu za uskladiščenje,

- podatki o blagu za izdajo (komisioniranje).

Začetno stanje

Stanje v skladišču je v sistemu za vodenje skladišča SVS Skladko vodeno v preglednici SVSLKA, kjer je za vsako blago, ki je v skladišču, podana lokacija. Pravzaprav je preglednica SVSLKA seznam lokacij z blagom (*preglednica 3.6*).

Preglednica 3.6: Preglednica artiklov na lokaciji (SVSLKA)

Ime	oznaka	podatkovni tip
Šifra lokacije	SLOK_SIF	char(8)
SSCC	SSCC_SIF	char(18)
Šifra artikla	MAT_SIF	char(8)
Pakirna skupina	MPK_PS	char(2)
Prezemni dokument	MDP_SIF	char(12)
Pozicija prezemnega dokumenta	MPR_SIF	char(6)
Interna dobavnica	SPDG_ID	int
Serijska številka	SLKA_SNO	char(20)
Status zapisa zaloge	SLKA_STA	char(1)
Skladišče	MSK_SIF	char(8)
Lastnik blaga	POP_SIF	char(8)
Geslo rezervacije	SPPP_GES	char(10)
Datum proizvodnje	SLKA_DPR	datetime
Šarža	SLKA_SARZ	char(20)
Kvaliteta	SQLT_SIF	char(2)
Status kontrole	SQLT_STA	char(1)
Število vzorcev	SQLT_VZR	int
Poreklo blaga	SPBL_SIF	char(10)
Operater kvalitete	SLKA_OKV	char(3)
Datum potrditve kvalitete	SLKA_DKV	datetime
Količina v EM	SLKA_KEM	decimal(15,6)
Rezervirana količina za izdajo	SLKA_RKEM	decimal(15,6)
Teža v kg	SLKA_TEZ	decimal(15,6)
Volumen v l	SLKA_VOL	decimal(12,3)
Šifra preračunanega pakiranja	MPK_SIF	char(2)
Količina preračunanega pakiranja	SLKA_KOL	int
Čas polnjenja lokacije	SLKA_DPL	datetime
Čas začetka postopka polnjenja	SLKA_DPP	datetime
Nosilec lokacij, ki ga zaseda prek meje svoje lokacije	SLKA_SLK	char(8)
Skrajna pozicija na nosilcu, ki jo zaseda prek meje lokacije na nosilcu	SLKA_SLKP	char(1)
Rezervacija lokacije za uskladiščenje	SLKA_RLOK	char(8)
Rok uporabno do	SLKA_DR0K	datetime
Šarža 2	SLKA_SARZ2	char(20)
Vhodni SSCC	SLKA_VSSCC	char(18)
Komentar kvalitete	SPPS_KOMQ	char(50)
Namembnost blaga za določen izdajni nalog	SING_ID	Integer
Operater spremembe	SLKA_0SP	char(3)
Datum spremembe	SLKA_DSP	datetime

Preglednica SVSLKA je dinamična, saj se stanje v njej spreminja glede na spreminjanje stanja v skladišču. Na določeno časovno obdobje se preglednica SVSLKA shrani oziroma doda v preglednico SVSLKS, ki ima povsem enako podatkovno strukturo, z izjemo stolpcev z oznako shranjenega stanja in časa zapisa. Preglednica SVSLKS je tako vir podatkov o začetnem stanju.

Podatki o blagu za uskladiščenje

Vhod v skladišče so sprejete dobave, ki se beležijo v preglednici prevzemov po SSCC (SVSPPS, preglednica 3.7).

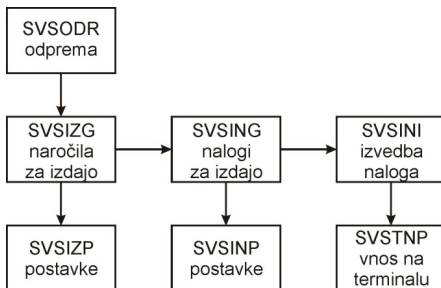
Preglednica 3.7: Prevzem po SSCC (SVSPPS)

Ime	oznaka	podatkovni tip
Naročilo prevzema	SPPG_ID	int
Pozicija v najavi	SPPP_ZAP	int
SSCC	SSCC_SIF	char(18)
Šifra artikla	MAT_SIF	char(8)
Pakimska skupina	MPK_PS	char(2)
Skladišče	MSK_SIF	char(8)
Pakimska enota	MPK_SIF	char(3)
Geslo	SPPP_GES	char(10)
Poreklo blaga	SPBL_SIF	char(10)
Šarža	SPPS_SARZ	char(20)
Datum proizvodnje	SPPS_DAT	datetime
Kvaliteta	SQLT_SIF	char(2)
Status kontrole	SQLT_STA	char(1)
Prezemna lokacija	SPPS_LOKP	char(8)
Interna šifra dobavnice	SPDO_ID	int
Izračunana pozicija za prevzemnico	MPR_SIF	char(8)
EAN koda pakiranja	MPK_EAN	char(14)
Količina v pakirni enoti	SPPS_KOL	int
Količina v EM	SPPS_KEM	decimal(15,6)
Status	SPPS_STA	char(1)
Uporabno do	SPPS_DROK	datetime
Šarža 2	SPPS_SARZ2	char(20)
Vhodni SSCC	SPPS_VSSCC	char(18)
Komentar kvalitete	SPPS_KOMQ	char(50)
Serijska številka	SPPS_SNO	char(20)
Operater spremembe	SPPS_OSP	char(3)
Datum spremembe	SPPS_DSP	datetime

Podatki o blagu za izdajo (komisioniranje)

Podatki o blagu za izskladiščenje so v različnih preglednicah glede na potek od prejema naročila za izdajo blaga, naloga za izdajo blaga in na koncu same izvedbe izdaje (slika 3.13).

Slika 3.7: Preglednice podatkov, ki so udeležene na informacijski poti izdaje blaga iz skladišča



V preglednici SVSTNP (*preglednica 3.8*) so zabeležene dejanske izdaje blaga z določene lokacije oziroma podatki o tem, kaj in kdaj je bilo vzeto iz skladišča in dano v določeno odpremo.

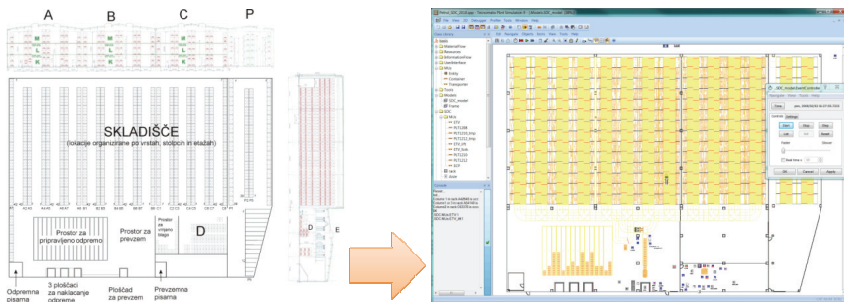
Preglednica 3.8: Izdaje po terminalu (SVSTNP)

Ime	oznaka	podatkovni tip
Šifra naloga	SING_ID	int
Zaporedna številka poz naloga	SWNP_ZAP	int
Šifra terminala	STER_SIF	char(2)
ID naročila	SIZG_ID	int
Zaporedna št. postavke	SIZP_ZAP	int
Šifra materiala	MAT_SIF	char(8)
Pakirna skupina	MPK_PS	char(2)
Prejemnik blaga	POP_SIF	char(8)
Prejemno mesto	POP_PRM	char(8)
Skladišče	MSK_SIF	char(8)
Šifra lokacije	SLOK_SIF	char(8)
SSCC	SSCC_SIF	char(18)
Prezemni dokument	SMDP_SIF	char(12)
Interna dobavnica	SPDG_ID	int
Pozicija prevzemnega dokumenta	SMPR_SIF	char(6)
Šarža	SLKA_SARZ	char(20)
Datum proizvodnje	SLKA_DPR	datetime
Geslo rezervacije	SPPP_GES	char(10)
Kvaliteta	SQLT_SIF	char(2)
Količina v enoti mere	STNP_KOL	decimal(15,6)
EAN koda pakiranja	MPK_EAN	char(14)
Pakirna enota	MPK_SIF	char(3)
Količina v pakirni enoti	SPPS_KOL	decimal(15,6)
Volumen	STNP_VOL	decimal(12,3)
Teža	STNP_TEZ	decimal(15,6)
Izdajni SSCC	STNP_ISSCC	char(18)
Zaporedna številka SSCC	STNP_SZAP	int
Zadnji SSCC	STNP_SZAD	char(1)
Poreklo blaga	SPBL_SIF	char(10)
Komisionar	STNP_OKO	char(3)
Komisionirano	STNP_DKO	datetime
Rok uporabno do	SLKA_DROK	datetime
Šarža 2	SLKA_SARZ2	char(20)
Vhodni SSCC	SLKA_VSSCC	char(18)
Komentar kvalitete	SPPS_KOMQ	char(50)
Lastnik blaga	STNP_LAS	char(8)
Status izdaje	STNP_STA	char(1)
Izhodni SSCC izpisan	STNP_IZP	char(1)
Avtor spremembe	STNP_OSP	char(3)
Čas spremembe	STNP_DSP	datetime

3.5 Gradnja simulacijskega modela

Za simulacijo je treba formalni model preslikati v digitalni model oziroma v programsko kodo, s katero bomo lahko izvajali simulacijo na računalniku. Simulacijski model se običajno naredi v simulacijskem programu, ki omogoča strukturirano gradnjo gradnikov modela, povezovanje gradnikov v model, izvajanje simulacije ter obdelavo, predstavitev in izvoz rezultatov simulacije.

Slika 3.8: Gradnja simulacijskega modela je preslikava formalnega modela v digitalni model



Digitalni oziroma simulacijski model je bil izdelan v programski rešitvi Tecnomatix Plant Simulation 9.0.

3.5.1 Gradniki modela

Model je sestavljen iz elementov, opisanih v formalnem modelu, s katerimi lahko zgradimo model in z njim izvajamo simulacijo, ki bo dala rezultate, prenosljive v dejanskost. Večino elementov in povezav med njimi lahko preslikamo v model z osnovnimi gradniki programske rešitve. Nekateri elementi pa so bolj zapleteni in zahtevajo posebne gradnike, ki jih izdelamo oziroma sestavimo iz osnovnih gradnikov.

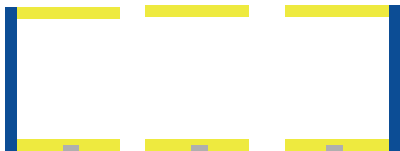
Posebna gradnika sta:

- regal in
- viličar.

3.5.1.1 Gradnik regala

Gradnik regala je zasnovan na osnovnem gradniku *store* oziroma skladišče, ki omogoča shranjevanje premičnih gradnikov (predmet in vsebnik). Regal s tremi mesti za palete vsebuje tri osnovne gradnike za shranjevanje, ki imajo različne grafične predstavitve (*slika 3.15*), odvisno od tega, ali so na levem oziroma desnem robu oziroma na sredini. Za vsak stolpec v regalu imamo tako en osnovni gradnik.

Slika 3.9: Sestava modela regala s tremi stolpci



Vsak gradnik regala ima podatkovni model (preglednica 3.9), ki določa značilnosti enega stolpca regala.

Preglednica 3.9: Podatkovni model gradnika regala

Lokacija	etaža	višina okna	višina lokacije od tal
A10510	1	1.9	0.1
A10520	2	1.2	2
A10530	3	1.4	3.2
A10540	4	1.4	4.6
A10550	5	1.4	6
A10560	6	1.6	7.4

Vsi stolpci v določenem regalu imajo enake podatke, razen imena lokacij.

3.5.1.2 Viličar

V modelu imamo dva tipa viličarjev (ETV in EKS), ki imata različna posebna gradnika.

Regalni viličar ETV je sestavljen iz treh delov: vozni del, dvižni del in vilice (slika 3.16).

Slika 3.10: Sestavni deli regalnega viličarja ETV

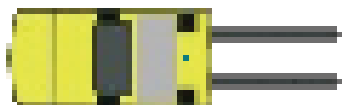


Regalni viličar začne dvigati vilice na višino lokacije šele takrat, ko pripelje na mesto. Ta čas dviga pomembno vpliva na skupni čas dela viličarja pri uskladiščenju ali izskladiščenju. Ker so lokacije na zelo različnih višinah (preglednica 3.9), je smiselno, da sistem sam izračuna oziroma v tem primeru na podlagi pospeškov in največje hitrosti dviga oziroma spusta kar simulira delo viličarja. Model viličarja ima zato posebej razvito programsko kodo, ki to omogoča.

Osnovni oziroma vozni del viličarja je zasnovan na osnovnem gradniku transporterja (prav tako dvižni del in vilice), ki ima razvit in v programski kodi izveden postopek dela za različne naloge.

Komisionirni viličar EKS (ECP) ima manjši dvig oziroma spust, ki ga v praksi opravi kar med vožnjo. Če pa ne, je ta čas zajet že v času dela viličarja. Tako je komisionirni viličar le vozna enota z vilicami (slika 3.17) in enakimi dodatnimi programi za izvajanje nalog, kot jih ima gradnik regalnega viličarja.

Slika 3.11: Grafična podoba gradnika komisionirnega viličarja



3.5.1.3 Programski gradniki

Programski gradniki so zaključene programske kode, preglednica in spremenljivke, ki jih uporabljamo v modelu za:

- nastavev modela (*SDC_setup*),
- vodenje modela skladišča (*SDC_ctrl*) in
- zbiranje ter prikaz rezultatov (*SDC_eval*).

Nastavev modela

Gradnik za nastavev modela sestavljajo programska koda in preglednica s podatki o lokacijah SVSLOK (*preglednica 3.10*). Program za nastavev modela lahko na novo generira regale ali pa samo vnovič nastavi podatke o značilnostih regalov (*preglednica 3.9*).

Preglednica 3.10: Lokacije SVSLOK v modelu

SLOK_SIF	SLOK_column	SHAL_SIF	SLOK_VRS	SLOK_STO	SLOK_ETA	SLOK_KVAL	SLOK_OVIS	SLOK_OSIR	SLOK_H	SLOK_STA	SCON_SIF	SLOK_L	SLOK_R
B80110	B801	B	8	1	1	11001	1400	800	100	1	K	B80210	
B80210	B802	B	8	2	1	11002	1400	800	100	1	K	B80310	B80110
B80310	B803	B	8	3	1	11003	1400	800	100	1	K		B80210
B80410	B804	B	8	4	1	11004	1400	800	100	1	K	B80510	
B80510	B805	B	8	5	1	11005	1400	800	100	1	K	B80610	B80410
B80610	B806	B	8	6	1	11006	1400	800	100	1	K		B80510
B80710	B807	B	8	7	1	11007	1400	800	100	1	K	B80810	
B80810	B808	B	8	8	1	11008	1400	800	100	1	K	B80910	B80710
B80910	B809	B	8	9	1	11009	1400	800	100	1	K		B80810
B81010	B810	B	8	10	1	11010	1400	800	100	1	K	B81110	
B81110	B811	B	8	11	1	11011	1200	800	100	0	K	B81210	B81010
B81210	B812	B	8	12	1	11012	1400	800	100	1	K		B81110
B81310	B813	B	8	13	1	11013	1400	800	100	1	K	B81410	
B81410	B814	B	8	14	1	11014	1400	800	100	1	K	B81510	B81310
B81510	B815	B	8	15	1	11015	1400	800	100	1	K		B81410
B81610	B816	B	8	16	1	11016	1400	800	100	1	K	B81710	
B81710	B817	B	8	17	1	11017	1400	800	100	1	K	B81810	B81610
B81810	B818	B	8	18	1	11018	1400	800	100	1	K		B81710
B81910	B819	B	8	19	1	11019	1400	800	100	1	K	B82010	
B82010	B820	B	8	20	1	11020	1400	800	100	1	K	B82110	B81910
B82110	B821	B	8	21	1	11021	1400	800	100	1	K		B82010
B82210	B822	B	8	22	1	11022	1400	800	100	1	K	B82310	
B82310	B823	B	8	23	1	11023	1400	800	100	1	K	B82410	B82210
B82410	B824	B	8	24	1	11024	1400	800	100	1	K		B82310
B82510	B825	B	8	25	1	11025	1400	800	100	1	K	B82610	
B82610	B826	B	8	26	1	11026	1400	800	100	0	K	B82710	B82510
...													
...													
...													
A81840	A818	A	8	18	4	49018	1400	800	4700	1	L		A81740
C31830	C318	C	3	18	3	49018	1000	800	3100	1	L		C31730
A81940	A819	A	8	19	4	49019	1400	800	4700	1	L	A82040	
C31930	C319	C	3	19	3	49019	1000	800	3100	1	L	C32030	
A82040	A820	A	8	20	4	49020	1400	800	4700	0	L	A82140	A81940
C32030	C320	C	3	20	3	49020	1000	800	3100	2	L	C32130	C31930
A82140	A821	A	8	21	4	49021	1400	800	4700	1	L	A82040	
C32130	C321	C	3	21	3	49021	1000	800	3100	1	L		C32030
A82240	A822	A	8	22	4	49022	1400	800	4700	1	L	A82340	
C32230	C322	C	3	22	3	49022	1000	800	3100	1	L	C32330	
A82340	A823	A	8	23	4	49023	1400	800	4700	1	L	A82440	A82240
C32330	C323	C	3	23	3	49023	1000	800	3100	2	L	C32430	C32230
A82440	A824	A	8	24	4	49024	1400	800	4700	1	L	A82340	
C32430	C324	C	3	24	3	49024	1000	800	3100	1	L		C32330
A82540	A825	A	8	25	4	49025	1400	800	4700	1	L	A82640	

Vodenje modela skladišča

Gradnik za vodenje modela skladišča vsebuje programsko kodo in preglednice za stanje na lokacijah (SVSLKA), začetno stanje SVSLKS (*preglednica 3.11*), preglednico vhodov v skladišče SVSPPS (*preglednica 3.12*) in preglednico izdaj na terminalu SVSTNP (*preglednica 3.13*).

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

Preglednica 3.11: Izhodiščno stanje SVSLKS

SLOK SIF	SSCC SIF	MPK PS	SLKA DPR	SLKA KEM	SLKA TEZ	SLKA VOL	MPK SIF	SLKA KOL	SLKA DPL	SLKA SLK
A10110	338388520017097125	00	2008-01-01- 00.00.00.000000	6	52.326	470.286	OP	6	2008-12-18- 09.23.30.716609	A10210
A10120	338388520017155399	00	2008-01-01- 00.00.00.000000	1	8.08	73.753	OP	1	2008-12-18- 09.08.17.345825	
A10220	338388520017107770	01	2008-11-18- 00.00.00.000000	3	17.922	160.881	OP	3	2008-11-25- 23.23.57.528648	
A10310	338388520015928506	00	2008-01-01- 00.00.00.000000	20	185.16	1718.96	OP	20	2008-10-15- 20.03.20.441141	A10210
...										
P44230	338388520017284945	00	2008-12-09- 00.00.00.000000	1	19	0	OP	1	2008-12-09- 11.08.42.605323	
P44240	338388520016289828	00	2008-01-01- 00.00.00.000000	1	19.917	114.228	OP	1	2009-01-12- 06.53.13.655670	
PREJEM-F	338388520015345204	00	2007-01-01- 00.00.00.000000	1	204.6	489.18	OP	1	2008-01-09- 10.47.37.109001	
PREJEM-F	338388520016316975	00	2008-07-09- 00.00.00.000000	2	1.5	7.556	OP	2	2008-07-09- 07.07.37.343002	
...										

MAT SIF	MAT NAZ	MEE SIF	SGRS SIF	MAT GPS	SSCC VIS	SSCC SIR	SSCC STA	SSCC NAC
00065834	A.195/65R15.T.M+S.FRIGO 2	KOM	APZ	00	800	800	3	0
00065833	A.195/60R15.T.M+S.FRIGO2	KOM	APL	00	800	800	9	1
00066412	A.165/65R14.T.M+S.UG7.GY	KOM	APL	01	0	800	3	0
00076687	A.205/65R15.H.K415.HANKOO	KOM	NOVA	00	1200	1200	3	1
...								
00071360	VERIGA ARKTIK 22	PAR	AREGAL	00	500	800	3	0
00062718	PT.215/75R16.C.M+S.LT60.D	KOM	NOVA	01	800	800	9	1
00076484	TR.580/70R38.FITKER.KLEBE	KOM	NOVA	00	0	0	4	0
00077174	HALO PAKET SAMS. SGH-C300	KOM	EPODEST	00			2	0
...								

Preglednica 3.12: Vhodi v skladišče SVSPPS

SPPG ID	SPPS DSP	SSCC SIF	MPK PS	MPK SIF	SPPS KOL	SPPS KEM	MAT SIF	MAT NAZ	MEE SIF
166307	02.02.2009 14:15:38.7015	338388520017536297	00	OP	19	19.000000	00092004	KLJUČ USB 2.0-8GB,SLIM,IN	KOM
166307	02.02.2009 14:12:51.5132	338388520017536327	00	OP	60	60.000000	00092010	KLJUČ USB 2.0-8GB,BUS,L,I	KOM
166307	02.02.2009 14:12:26.7137	338388520017536334	00	OP	24	24.000000	00086554	KART.SDHC MICRO+ADAP.4GB	KOM
166307	02.02.2009 14:11:49.1800	338388520017536341	00	OP	20	20.000000	00092009	KLJUČ USB 2.0-4GB,BUS,L,I	KOM
...									
166194	02.02.2009 07:51:14.3756	338388520017560759	01	ZV	3	6.000000	00037057	INA CIRKOL 2 10L	KOM
166194	02.02.2009 07:50:59.1435	338388520017560766	00	ZV	2	30.000000	00004237	INA LIMA EPG 180 0,85KG	KOM
166194	02.02.2009 07:50:43.6965	338388520017560773	00	ZV	1	20.000000	00004767	INA LANCOL ST 200 1L	KOM
166338	02.02.2009 15:42:46.1102	338388520017564023	01	SD	1	160.000000	00046319	PETROL ET.ALK.96%P-DEN.	L
...									

SGRS SIF	MAT GPS	SSCC VIS	SSCC SIR	SSCC STA	SSCC NAC
AVREDNI	00	0	0	3	1
AVREDNI	00	0	0	9	1
AVREDNI	00	0	0	3	0
AVREDNI	00	0	0	9	1
...					
AREGAL	01	0	800	9	1
AREGAL	00	0	800	9	1
AREGAL	00	0	800	3	1
ASODI	00	0	800	9	1
...					

Preglednica 3.13: Izdaje na terminalu SVSTNP

SING ID	SWNP ZAP	STER SIF	SIZG ID	SIZP ZAP	MAT SIF	MPK PS	POP SIF	MSK SIF	SLOK SIF	SSCC SIF
2009007167	1	02	789686	1	00087027	00	00009110	0001901	C71240	338388520017019929
2009007170	1	07	790512	1	00032303	00	00100850	0001901	B64110	338388520017491640
2009007171	1	07	790522	3	00007098	00	00180262	0001901	P33620	338388520016400681
2009007171	2	07	790522	4	00007099	00	00180262	0001901	C73820	338388520016848230
...										
2009007723	18	16	790771	64	00086786	01	00000928	0001901	E40520	338388520016928932
2009007723	18	28	790771	5	00047526	00	00000928	0001901	B50520	338388520017471963
2009007723	19	16	790771	63	00069092	01	00000928	0001901	E41740	338388520017391667
2009007723	19	28	790771	4	00025317	00	00000928	0001901	B51210	338388520017407764
...										

SQLT SIF	STNP KOL	MPK EAN	MPK SIF	SPPS KOL	STNP VOL	STNP TEZ
01	208.000000	03831076307529	SD	1.000000	324.000	222.000000
01	2.000000	03838852001312	OP	2.000000	119.790	104.600000
01	5.000000	03850143823724	OP	5.000000	52.900	42.860000
01	1.000000	03850143823717	OP	1.000000	1.865	0.946000
...						
01	26.000000	03830029990375	ZV	1.000000	0.000	0.000000
01	8.000000	03838852002494	OP	8.000000	6.808	1.920000
01	26.000000	03830029990399	ZV	1.000000	0.000	0.000000
01	12.000000	03838852002005	ZV	1.000000	21.349	12.000000
...						

V simulaciji je SVSPPS urejen po datumu spremembe in pripravljen v preglednici input_SVSPPS, po kateri se v gradniku *sprejem* tvorijo TE (palette).

Preglednica 3.14: Vhodni podatki o blagu v SDC (input_SVSPPS)

Čas prihoda	paleta	število	ime
2009/02/02 07:50:43.6965	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 07:50:59.1435	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 07:51:14.3756	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 07:52:13.9684	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
...			
2009/02/02 07:53:39.5223	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 07:53:41.4581	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 08:01:11.8200	*.SDC.MU&PLT1208	1	PLT1208
2009/02/02 08:36:22.5414	*.SDC.MU&PLT1212	1	PLT1212
...			

Začetno stanje v skladišču je določeno s stanjem (na določen datum, ko je v bazi narejen zapis v SVSLKS). Izpis iz SVSLKS pove vsebino lokacij, vključno s stanjem na prevzemu (PREVZEM-F). Začetna nastavitvev (metoda INIT) blago razvrsti na lokacije, kot to določa začetno stanje.

Uskladiščenje (angl. *putaway*) izvaja viličar ETV, ki na prevzemu (PREVZEM-F) odčita kodo palete (SSCC), in če SVS (where_2_store) vrne lokacijo, naloži paleto in jo pelje na to lokacijo.

Model vodenja skladišča določi viličarju lokacijo skladiščenja nekega blaga. Blago je lahko:

- na **zaključeni paleti** (išče se prazna lokacija) ali pa
- za **odajanje na lokacijo** (išče se lokacija z blagom; če je ni, se doda na prazno lokacijo).

Model vodenja skladišča vodi lokacijsko preglednico SVSLKA na enak način, kot to vodi resničen sistem za vodenje skladišča.

3.5.1.4 Drugi gradniki

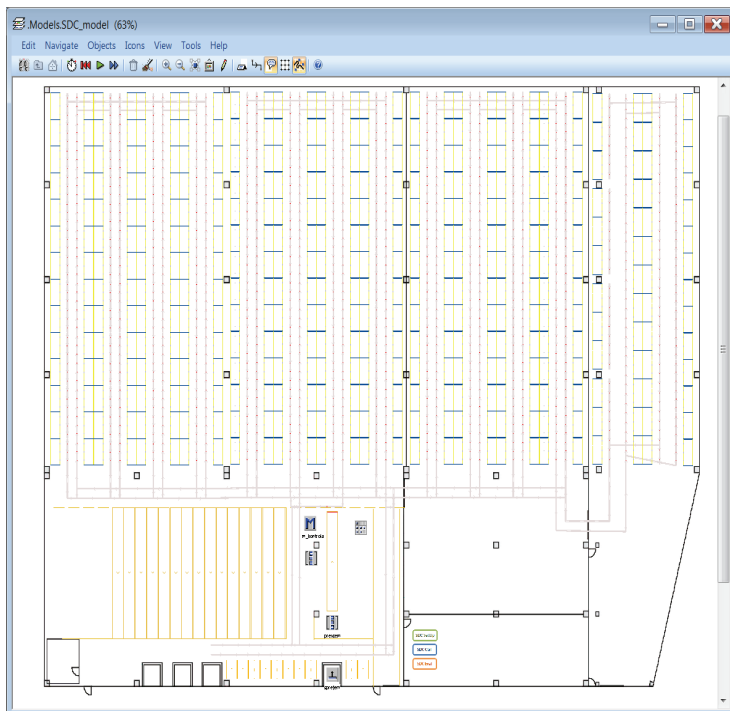
V modelu so še osnovni gradniki:

- za sprejem blaga v skladišče,
- za prostor z lokacijami za odpremo (transportna proga za vsako rampo),
- za transportne poti viličarjev (gradnik za transportno pot, nadgrajen s programsko kodo za proženje programa za delo viličarja, ko doseže želeno lokacijo) in
- za vhodno progo z mestom za nalaganje blaga za uskladiščenje na viličar (transportna proga).

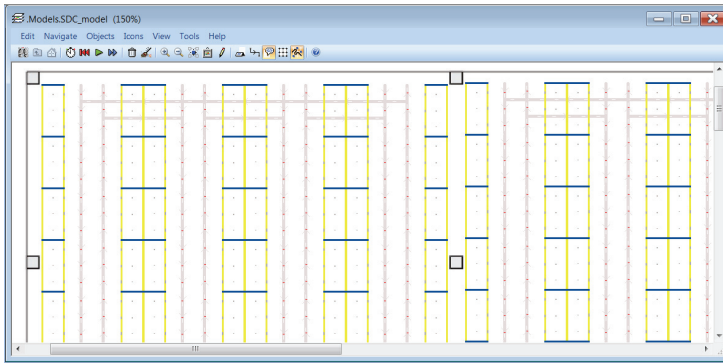
3.5.2 Simulacijski model

Model je zgrajen iz osnovnih in posebnih, namensko razvitih gradnikov (*slika 3.18*).

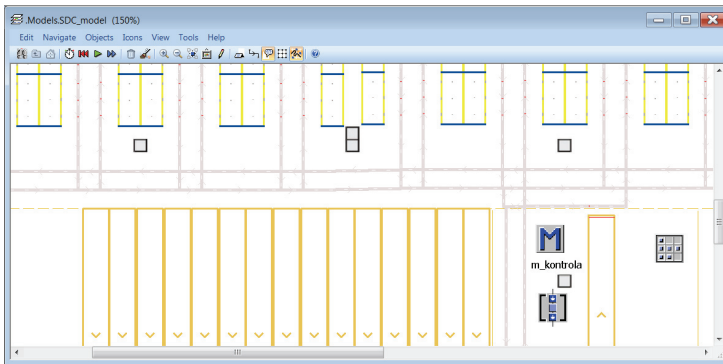
Slika 3.12: Digitalni oziroma simulacijski model SDC



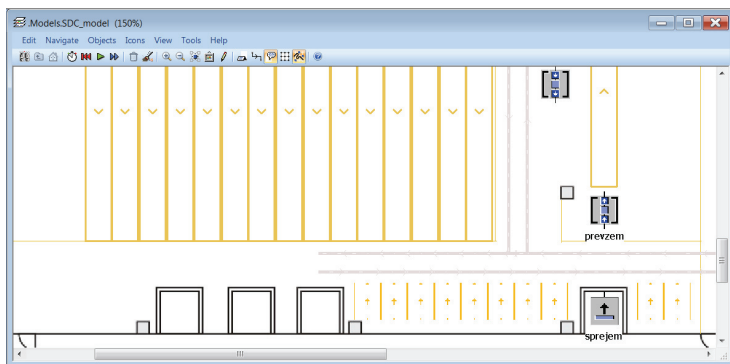
Slika 3.13: Regali, hodniki in transportne poti



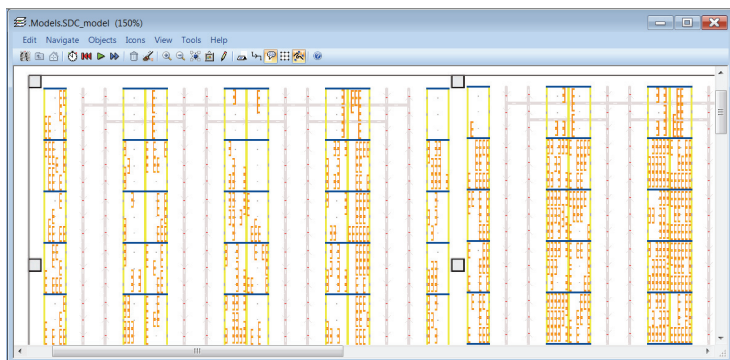
Slika 3.14: Začetek hodnikov z regali, transportne poti, prevzemno mesto za palete za uskladiščenje, kontrola in linije za pripravljeno odpremo



Slika 3.15: Mesta za polnjenje akumulatorjev viličarjev (tudi izhodiščna mesta za viličarje), sprejemno in prevzemno mesto ter proga za odlaganje palet za uskladiščenje

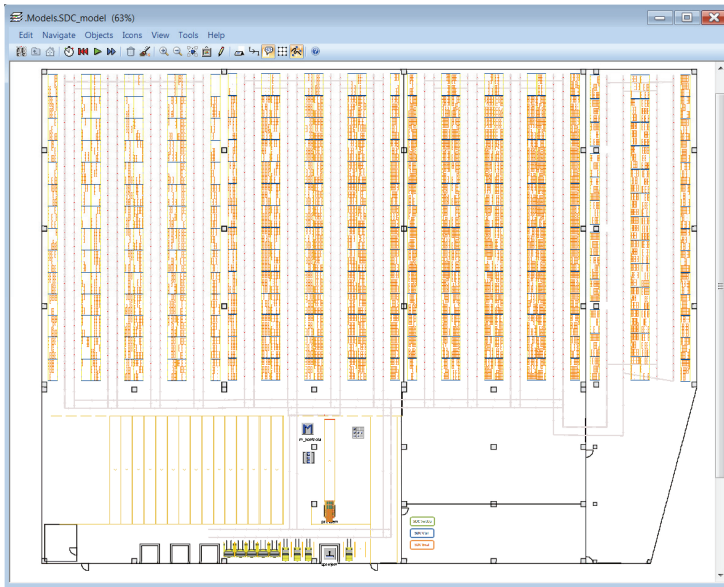


Slika 3.16: Regali s paletami (blagom) na lokacijah

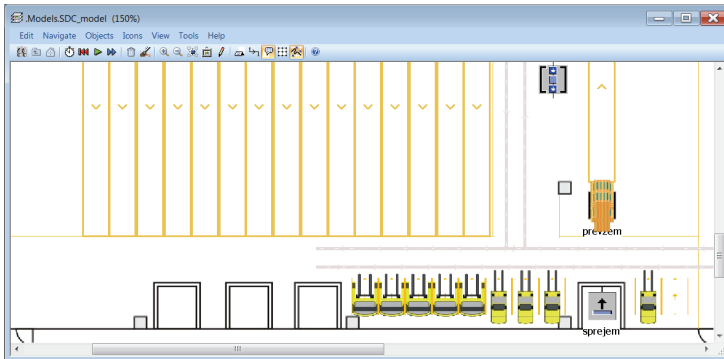


Grafična predstavitev palet na lokacijah kaže zasedenost regalov. Regali na zgornji steni so spodaj brez polic (začnejo se šele pri četrti etaži), da je dovolj višine za transportno pot in povezavo med hodniki.

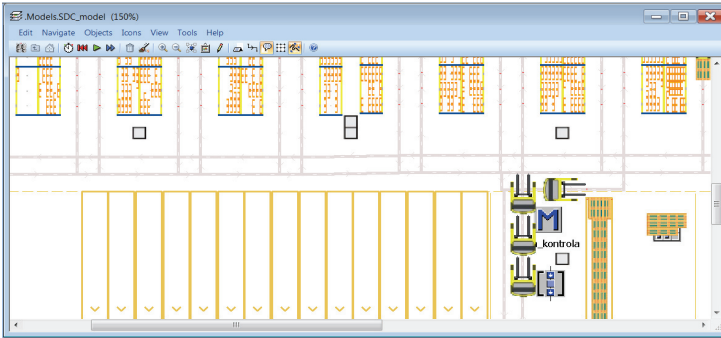
Slika 3.17: Digitalni oziroma simulacijski model SDC pred začetkom simulacije (v začetnem stanju)



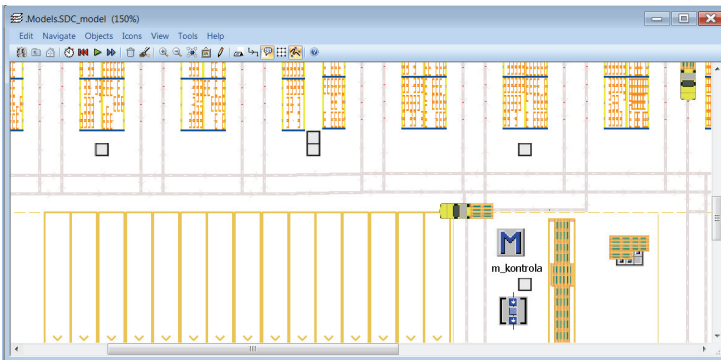
Slika 3.18: Začetno stanje na mestu za viličarje in mestih za sprejem in prevzem



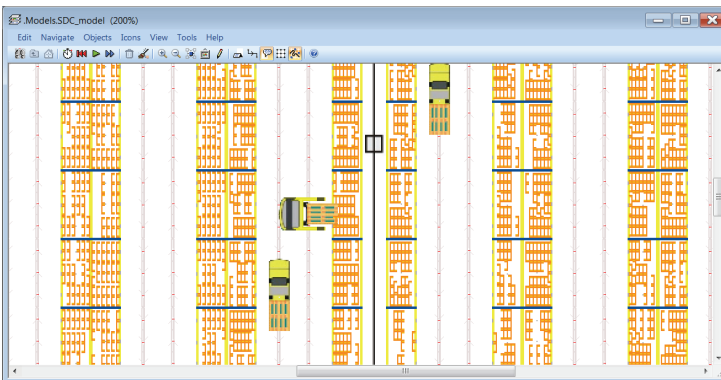
Slika 3.19: Regalni viličarji čakajo v vrsti za nalaganje palete za uskladiščenje



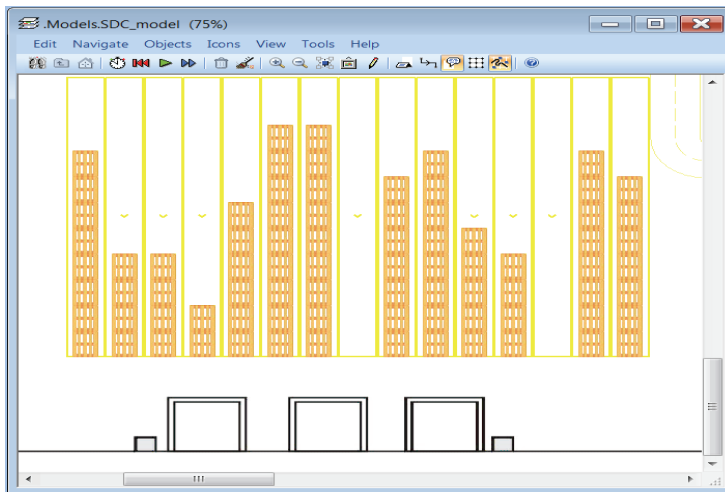
Slika 3.20: Komisionirni viličar z zaključeno paleto na vožnji na mesto kontrole



Slika 3.21: Viličarji na mestih za komisioniranje in uskladiščenje



Slika 3.22: Pripravljeno blago na paletah čaka na nakladanje na vozila in odpremo



3.6 Preizkusi z modelom (simulacija)

Z modelom lahko preizkušamo različne možnosti. Lahko spreminjamo parametre modela ali pa vhodne podatke. V primeru preizkušanja delovanja modela smo uporabili podatke med dvema shranjevanjema podatkov o stanju v skladišču (štirinajstdnevno časovno okno).

S simulacijo smo za to obdobje in te podatke (v dodatku) preverjali:

- vpliv števila viličarjev na delo v skladišču in možnost minimiziranja opreme,
- vpliv razmestitve blaga v skladišču na poti in čas komisioniranja,
- vpliv povečanja prostora za pripravljeno odpremo na povečanje pretočnosti,
- vpliv skladiščenja več različnih artiklov na eni lokaciji na povečanje zmogljivosti skladišča.

3.6.1 Simulacija in rezultati osnovnega modela

Simulacija osnovnega modela z osnovnimi nastavitvami in podatki je namenjena preverjanju delovanja modela oziroma simulacije in pridobivanju osnovnih rezultatov za primerjanje.

Podatki so bili pripravljene za prvi delovni teden v februarju 2009. Vhodni podatki so bili iz baze SVS Skladko preslikani v preglednice podatkov o odpremi (SVSODR), izdaji na terminalu (SVSTNP), o začetnem stanju na lokacijah (SVSLKS) in o vhodu blaga v skladišče (SVSPPS).

Iz preglednice izdaj na terminalu SVSTNP je razvidno, kateri viličarji so bili v tem obdobju v uporabi in koliko dela so imeli pri komisioniranju (*preglednica 3.15*). V modelu so bili za poskus predvideni viličarji, ki so v opazovanem obdobju izvedli 99,2 % vseh nabiranj v odpremo. V simulaciji smo tako uporabili deset viličarjev.

Preglednica 3.15: Izpis uporabljenih viličarjev (terminalov) od 1. do 6. februarja 2009

	STER_SIF (oznaka terminala)	STER_NAZ (ime terminala)	Število nabiranja v odpremo	Delež nabiranja v odpremo	Kumulativni zbir deležev
1.	6	Komisionirni ECP (6)	2530	20,14 %	20,14 %
2.	18	Komisionirni ECP (11)	2490	19,82 %	39,96 %
3.	10	Komisionirni ECP (5)	2326	18,52 %	58,48 %
4.	8	Komisionirni niz. ECP (8)	2050	16,32 %	74,80 %
5.	4	Komisionirni ECP (4)	1647	13,11 %	87,91 %
6.	7	KMS (7) (27)	807	6,42 %	94,33 %
7.	28	Komisionirni niz. ECP 28 (8)	273	2,17 %	96,51 %
8.	2	Visokoregalni ETV 2 (22-37)	231	1,84 %	98,34 %
9.	44	Visokoregalni ETV 44	68	0,54 %	98,89 %
10.	37	Visokoregalni ETV 37 (2-22)	39	0,31 %	99,20 %
	9	Swift 9 (29) (N2)	35	0,28 %	99,47 %
	27	KMS (27) (7)	34	0,27 %	99,75 %
	64	Visokoregalni ETV 64	12	0,10 %	99,84 %
	30	Komisionirni ECP 30 (11)	9	0,07 %	99,91 %
	83	Visokoregalni ETV 83	3	0,02 %	99,94 %
	3	Visokoregalni ETV 3 (23-38)	2	0,02 %	99,95 %
	84	Visokoregalni ETV 84	2	0,02 %	99,97 %
	R1	Ročni komisionar 1	2	0,02 %	99,98 %
	31	Prezvemni čelni viličar EFG 31	1	0,01 %	99,99 %
	38	Visokoregalni ETV 38 (3-23)	1	0,01 %	100,00 %
	--	Skupaj	12562	100 %	--

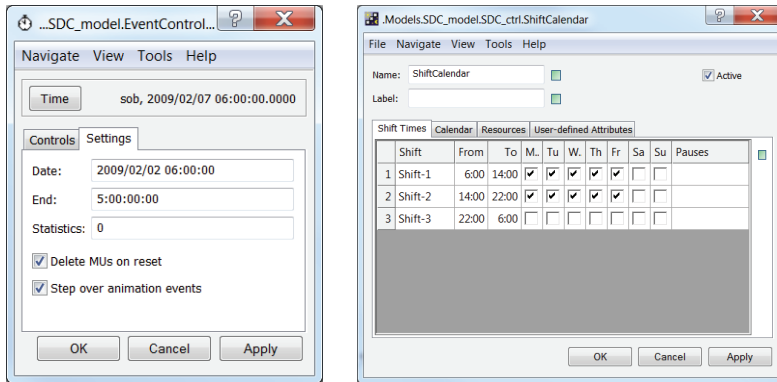
Vsaka odprema ima svojo odpremono rampo. Za opazovano obdobje so bile odpreme za 13 relacij (iz preglednice odprem SVSODR, preglednice naročil SVSIZG in preglednice relacij SVSREL; preglednice 3.9, 3.10 in 3.11), ki so z osnovnimi podatki shranjene v preglednici relacij na pripadajočih odpremnih rampah SVS_ramp (preglednica 3.16).

Preglednica 3.16: Seznam relacij v preglednici SVS_ramp za obdobje od 1. do 6. februarja 2009

Oznaka relacije	Število nabiranja v odpremo	Oznaka odpremne rampe	Urniki odpreme za relacijo	Opis relacije
L2	2318	R1	D-08	Ljubljana
M1	1819	R11	D-16	Maribor
C1	1719	R2	D-14	Celje
D1	1501	R21	D-06	Dolenjska
G1	1339	R3	D-06	Gorenjska
A2	1187	R31	D-19	Primorska
S1	577	R4	D-16	Prekmurje
L1	552	R41	D-07	Zasavje
A1	549	R5	D-06	Koper
HR	432	R51	D-00	Izvoz Hrvaška
K1	303	R6	D-16	Koroška
UU	168	R61	D-00	Urgentna relacija
OS	98	R7	D-00	Osebnih prevzemov

Simulacija je trajala 5 dni (5:00:00:00 v časovnem zapisu simulacije dan:ura:minuta:sekunda) z upoštevanjem urnika izmen (slika 3.29), vendar brez odmorov in priprave za delo oziroma odhod iz dela (zadnje nabiranje v odpremo je bilo običajno končano 15 minut pred koncem izmene).

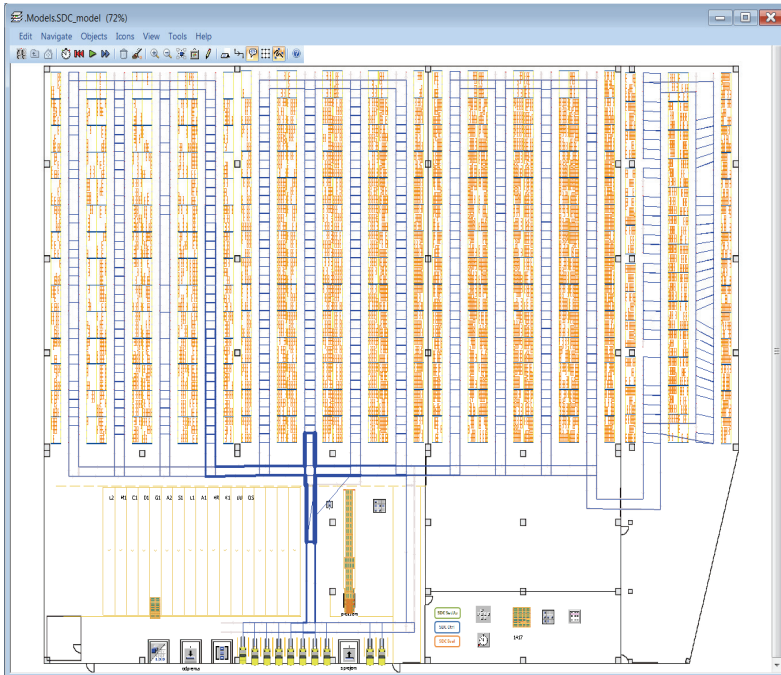
Slika 3.23: Začetek simulacije (Date), trajanje simulacije (End) in trenutni čas oziroma konec simulacije (Time) ter planirane izmene (Shift-1 in Shift-2)



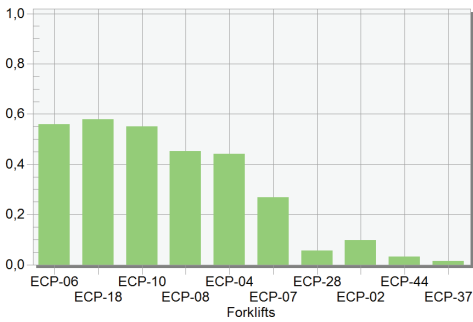
Rezultati simulacije so pripravljene glede na potrebe in zahteve analize oziroma opazovanih značilnosti sistema. V modelu lahko merimo in spremljamo oziroma zajemamo in obdelamo podatke, ki jih v resničnem sistemu posebej ne beležimo ali pa jih niti ne moremo. Za prikaz oziroma oceno učinkovitosti opreme pri komisioniranju spremljamo:

- gostoto toka blaga oziroma vožnje viličarjev (*slika 3.30*),
- izkoriščenost viličarjev (*slika 3.31*),
- dolžino prevožene poti viličarjev (*preglednica 3.17*),
- frekvenco zasedenosti prostora za odpremo (*slika 3.32*),
- spreminjanje stanja na rampah za odpremo glede na relacije odpreme (*slika 3.33*),
- točnost odpreme (*preglednica 3.18*).

Slika 3.24: Gostota toka blaga oziroma voženj viličarjev



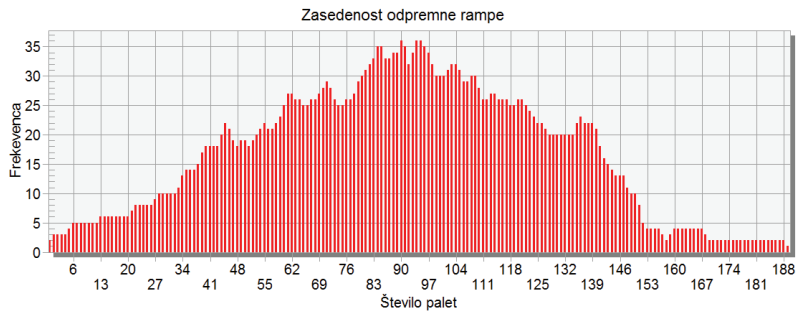
Slika 3.25: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivosti dveh izmen na dan



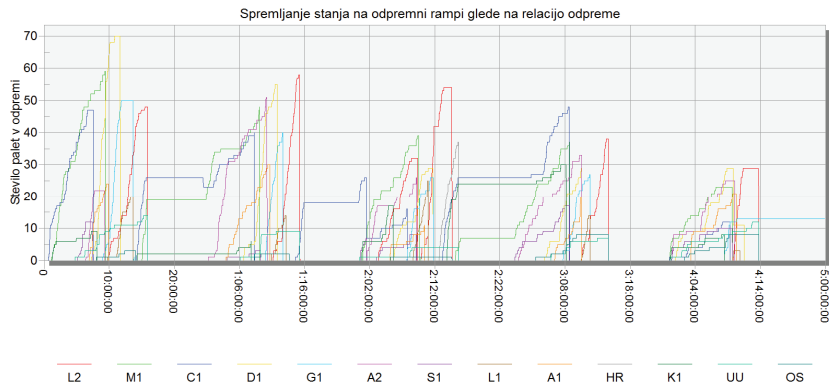
Preglednica 3.17: Skupna dolžina prevožene poti viličarjev

<i>Viličar</i>	<i>prevožena pot v metrih</i>
ECP(06)	48185,55
ECP(18)	46812,30
ECP(10)	42019,95
ECP(08)	39096,50
ECP(04)	25616,40
ECP(07)	27539,80
ECP(28)	5597,35
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3840,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	254405,00

Slika 3.26: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpreme rampe



Slika 3.27: Spremljanje stanja na odpremni rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.18: Točnost odpreme

Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	22 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	1:01:00:34.9172
Povprečna zamuda	7:41.07458

V kontrolo je prišlo 1593 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1483 različnih kod SSCC in 110 kod se je ponovilo.

3.6.2 Simulacija in rezultati preizkušanja z različnim številom viličarjev

Glede na izkoriščenost viličarjev v simulaciji osnovnega modela (slika 3.31) je pričakovati, da bo povečanje števila viličarjev za komisioniranje zmanjšalo njihovo izkoriščenost. Pri tem se bo povečala zmogljivost nabiranja v odpremo in s tem zasedenost prostora za odpremo. V modelu je prostor za odpremo navidezen oziroma ni fizično omejen, saj nimamo točnega podatka (razen na papirnih dobavnicah), kako velike so izhodne transportne enote. V modelu sicer govorimo o paletah, vendar so to lahko tudi kartoni, sodi in drugo. Pa tudi povečanje števila viličarjev na stopnji preizkušanja že izvedenih naročil in odprem ni smiselno.

Bolj upravičeno je preizkusiti, ali lahko z manj viličarji izvedemo dovolj točno in kakovostno zahtevano odpremo. Izkoriščenost viličarjev na sliki 3.31 kaže, da jih lahko. Vendar pa zanje ne vemo, ali so imeli med tem delom še kakšne druge naloge, saj so v preglednici dela na terminalu SVSTNP shranjeni le podatki o nabiranju v odpremo, ne pa tudi druge naloge. Zato bomo v nadaljevanju preverjali le prvih šest viličarjev po izkoriščenosti, saj predvidevamo, da je pri njih največja verjetnost, da so namenjeni samo komisioniranju.

Pri tem je treba poudariti, da je merjena izkoriščenost viličarjev razmerje med časom, ko ima viličar naloženo transportno enoto (paletu), in razpoložljivim časom. Tako izkoriščenost ne upošteva časa, ko voznik viličarja pripravlja transportne enote, tiska nalepke in podobno. Izkoriščenost tako ni absolutna, bo pa merilo za primerjavo med različnimi simulacijami.

Drugo pomembno merilo za merjenje uspešnosti je točnost odprem. V preglednici 3.18 je točnost odpreme merjena s številom transportnih enot, ki zamudijo odpremo več kot za eno uro, ter z najmanjšo, povprečno in največjo zamudo. Glede na to, da ni poročila niti zapisa, ali so bile odpreme v opazovanem obdobju točne, je to spet relativna ocena. V modelu namreč upoštevamo uradni urnik dela v skladišču in lahko se zgodi, da je zamudo povzročila razpoložljivost viličarjev v modelu (zunaj urnika viličar ni razpoložljiv).

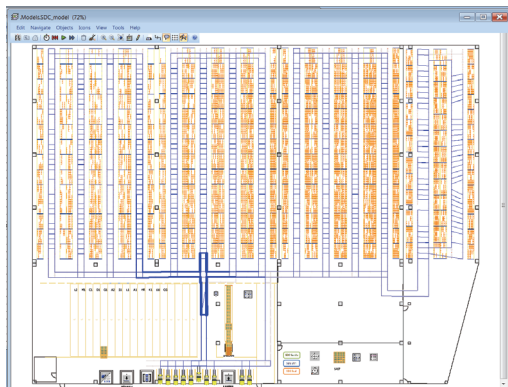
V preizkusu vpliva zmanjšanja števila viličarjev bomo tako delo prvih šestih viličarjev razporedili na pet viličarjev in preverjali njihovo izkoriščenost in točnost odpreme oziroma dobav. Ostali viličarji bodo opravljali enako delo kot v osnovni simulaciji. Tako bo pet viličarjev prevzelo delo šestih oziroma 94,3 % vseh nabiranj v odpremo (preglednica 3.19).

Odpreme šestih viličarjev na novo razporedimo petim viličarjem tako, da vsak prosti viličar vzame prvo odpremo na spisku še preostalih odprem.

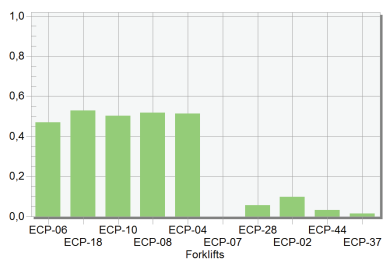
3.6.2.1 Rezultati poskusa s petimi viličarji

Naslednje slike in preglednice prikazujejo rezultate poskusa s petimi viličarji.

Slika 3.28: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



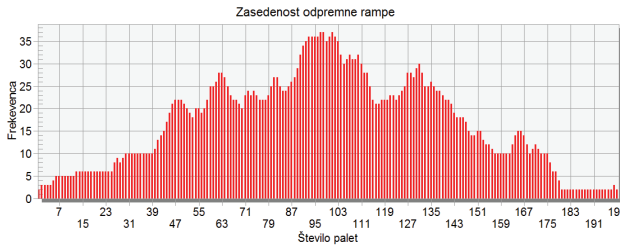
Slika 3.29: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivost dveh izmen na dan



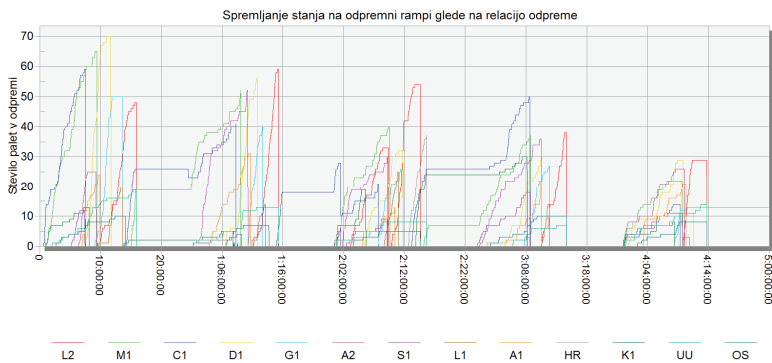
Preglednica 3.19: Skupna dolžina prevožene poti 5 viličarjev

Viličar	prevožena pot v metrih
ECP(06)	42384,55
ECP(18)	49466,60
ECP(10)	46478,55
ECP(08)	45212,85
ECP(04)	46762,35
ECP(07)	0,00
ECP(28)	5597,35
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3840,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	255439,40

Slika 3.30: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpremne rampe



Slika 3.31: Spremljanje stanja na odpremni rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.20: Točnost odpreme 5 viličarjev

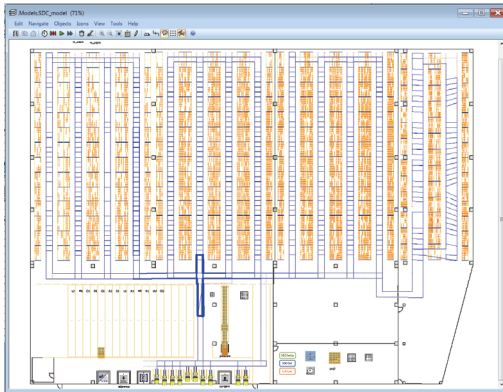
Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	22 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	7:51:21.6622
Povprečna zamuda	6:34.8303

V kontrolo je prišlo 1693 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1485 različnih kod SSCC in 208 kod se je ponovilo.

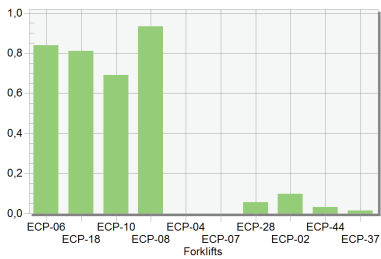
3.6.2.2 Poskus s štirimi viličarji

Naslednje slike in preglednice prikazujejo rezultate poskusa s štirimi viličarji.

Slika 3.32: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



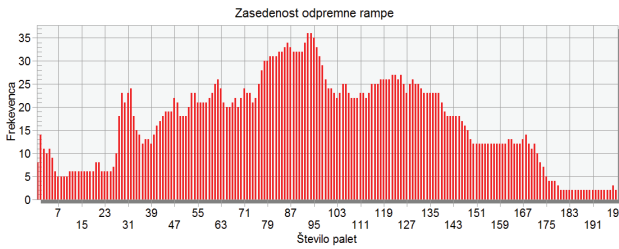
Slika 3.33: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivost dveh izmen na dan



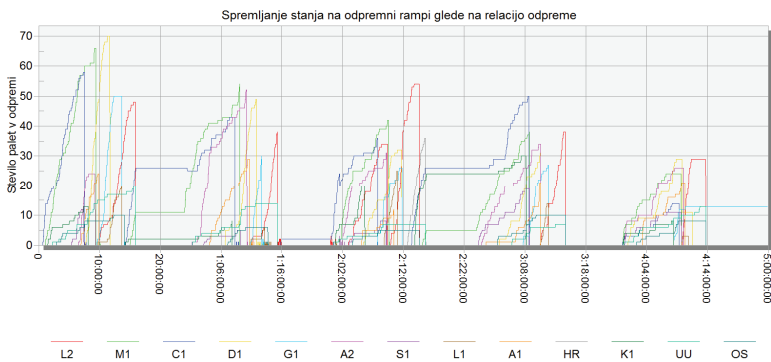
Preglednica 3.21: Skupna dolžina prevožene poti 4 viličarjev

<i>Viličar</i>	<i>prevožena pot v metrih</i>
ECP(06)	62157,00
ECP(18)	52372,20
ECP(10)	58298,10
ECP(08)	57863,30
ECP(04)	0,00
ECP(07)	0,00
ECP(28)	5597,35
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3840,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	255825,10

Slika 3.40: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpremne rampe



Slika 3.22: Spremljanje stanja na odpremni rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.22: Točnost odpreme 4 viličarjev

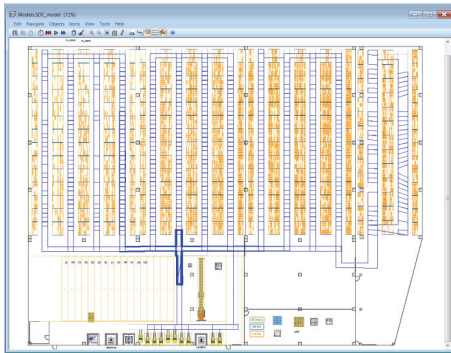
Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	54 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	9:37:47.3146
Povprečna zamuda	14:49.5479

V kontrolo je prišlo 1706 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1485 različnih kod SSCC in 221 kod se je ponovilo.

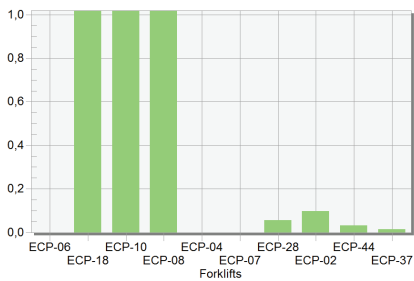
3.6.2.3 Poskus s tremi viličarji

Naslednje slike in preglednice prikazujejo poskus s tremi viličarji.

Slika 3.42: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



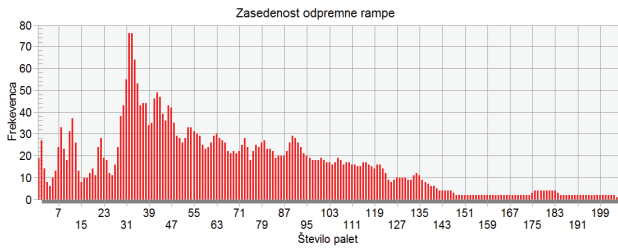
Slika 3.43: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivosti dveh izmen na dan



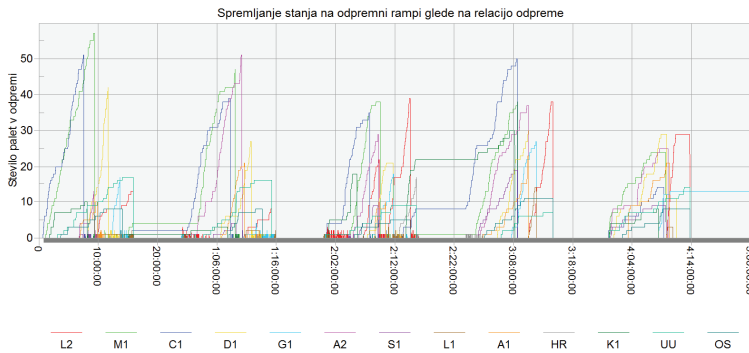
Preglednica 3.23: Skupna dolžina prevožene poti 3 viličarjev

Viličar	prevožena pot v metrih
ECP(06)	0,00
ECP(18)	73983,50
ECP(10)	76720,90
ECP(08)	80023,40
ECP(04)	0,00
ECP(07)	0,00
ECP(28)	5597,35
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3840,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	255862,30

Slika 3.44: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpremne rampe



Slika 3.45: Spremljanje stanja na odpremni rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.24: Točnost odpreme 3 viličarjev

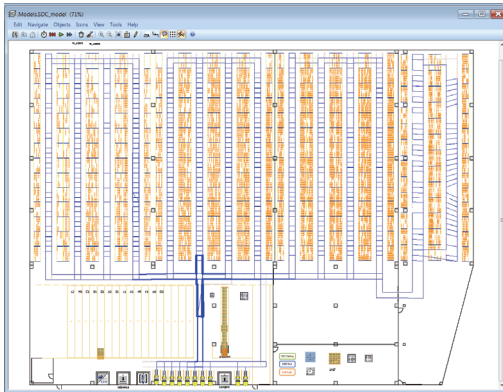
Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	340 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	12:49:36.0811
Povprečna zamuda	1:13:56.0290

V kontrolo je prišlo 1713 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1485 različnih kod SSCC in 228 kod se je ponovilo.

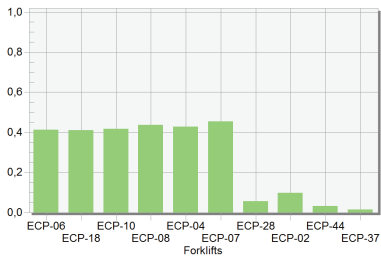
3.6.2.4 Poskus s šestimi viličarji in novim planom

Naslednje slike in preglednice prikazujejo rezultate poskusa s šestimi viličarji in novim planom.

Slika 3.46: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



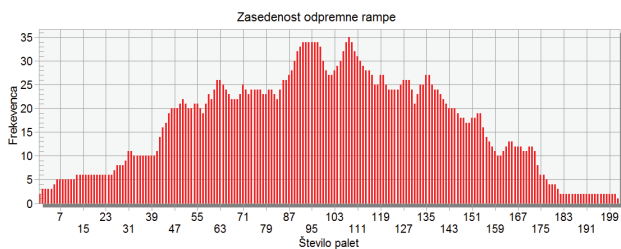
Slika 3.47: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivost dveh izmen na dan



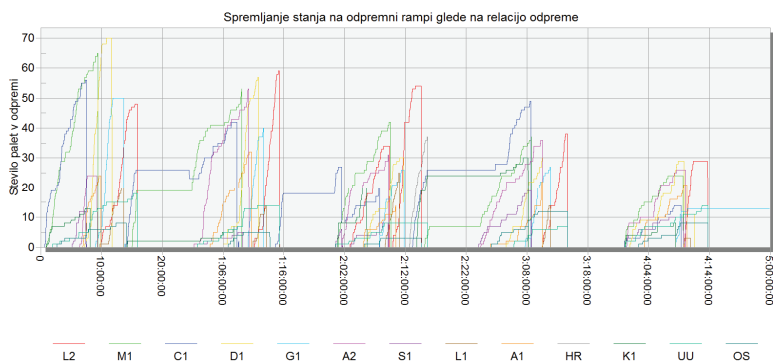
Preglednica 3.25: Skupna dolžina prevožene poti 6 viličarjev v novem planu

Viličar	prevožena pot v metrih
ECP(06)	36315,10
ECP(18)	37391,10
ECP(10)	36028,70
ECP(08)	39200,65
ECP(04)	40131,95
ECP(07)	42029,55
ECP(28)	5597,35
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3840,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	256231,55

Slika 3.48: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpremne rampe



Slika 3.49: Spremljanje stanja na odpremni rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.26: Točnost odpreme 6 viličarjev v novem planu

Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	21 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	7:51:21.6622
Povprečna zamuda	6:19.9530

V kontrolo je prišlo 1695 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1485 različnih kod SSCC in 210 kod se je ponovilo.

3.6.3 Simulacija in rezultati preizkušanja z različno razporeditvijo blaga

Blago na etažah za komisioniranje (lokacije z oznako K v polju SCON_SIF) je razmeščeno glede na najkrajšo pot komisioniranja. Sistem za vodenje skladišča je glede na stanje v SVSLKA izbral za odpreme oziroma naročila predvidoma najkrajšo pot nabiranja blaga v odpremo. Gostota toka oziroma vožnje viličarja (slika 3.27 in tudi slike drugih poskusov) kaže, da je blago dokaj enakomerno razmeščeno po vsem skladišču oziroma je dokaj enakomerno komisionirano z vseh lokacij skladišča.

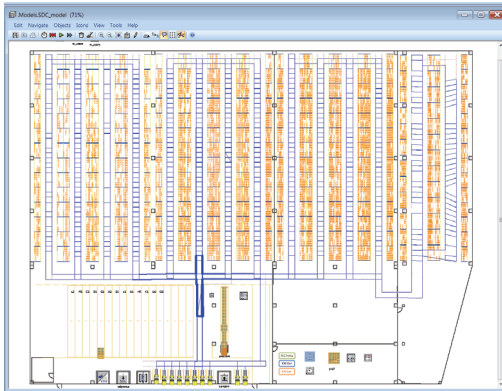
Vendar pa lahko opazimo, da viličarji bolj pogosto obiščejo hodnik z regali A7 in A8. Zato bomo v prvem poskusu zamenjali blago z regalov A7xx in A8xx z blagom v regalih B3xx in B4xx ter opazovali, ali je pot viličarjev krajša.

V naslednjem poskusu bomo povsem naključno razporedili blago v dvoranah A in B. Razporeditev blaga v dvoranah C in P pa bomo pustili nespremenjeno, saj so različnih višin, števila etaž in velikosti od regalov v dvoranah A in B.

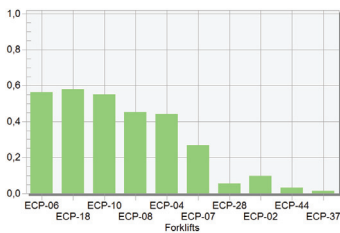
3.6.3.1 Poskus z zamenjavo blaga na lokacijah hodnika A7-A8 in B3-B4

Naslednje slike in preglednice prikazujejo poskus z zamenjavo blaga na lokacijah hodnika A7-A8 in B3-B4.

Slika 3.50: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



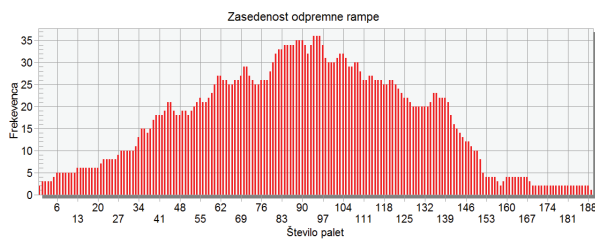
Slika 3.51: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivosti dveh izmen na dan



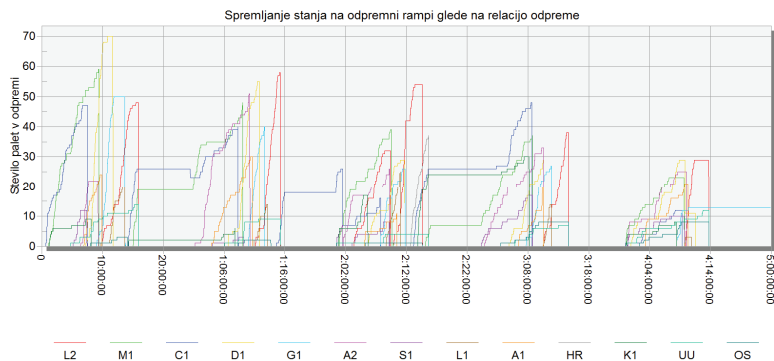
Preglednica 3.27: Skupna dolžina prevožene poti viličarjev s konkretno menjavo blaga

<i>Viličar</i>	<i>prevožena pot v metrih</i>
ECP(06)	51712,75
ECP(18)	46907,20
ECP(10)	42838,65
ECP(08)	41510,10
ECP(04)	26243,70
ECP(07)	27010,00
ECP(28)	6366,55
ECP(02)	12824,25
ECP(44)	3876,25
ECP(37)	2872,65
Skupaj	262162,10

Slika 3.52: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpreme rampe



Slika 3.53: Spremljanje stanja na odpremi rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.28: Točnost odpreme s konkretno zamenjavo blaga

Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	22 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	1:01:00:34.9172
Povprečna zamuda	7:41.0589

V kontrolo je prišlo 1593 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1483 različnih kod SSCC in 110 kod se je ponovilo.

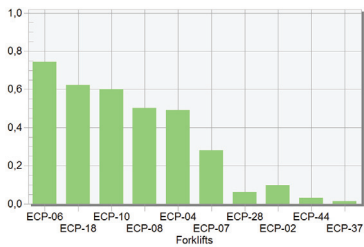
3.6.3.2 Poskus z naključno zamenjavo blaga na lokacijah v dvoranah A in B

Naslednje slike in preglednice prikazujejo rezultate poskusa z naključno zamenjavo blaga na lokacijah v dvoranah A in B.

Slika 3.54: Gostota toka oziroma voženj viličarjev



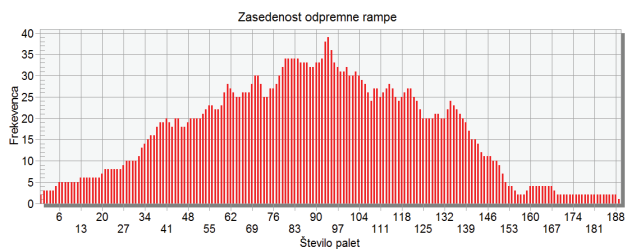
Slika 3.55: Izkoriščenost viličarjev glede na razpoložljivosti dveh izmen na dan



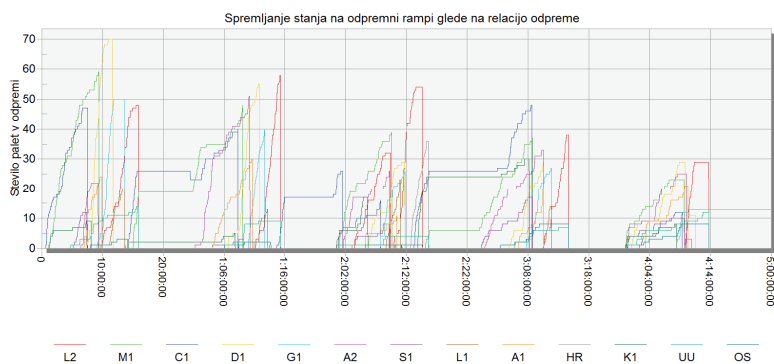
Preglednica 3.29: Skupna dolžina prevožene poti viličarjev z naključno zamenjavo blaga

<i>Viličar</i>	<i>prevožena pot v metrih</i>
ECP(06)	134810,50
ECP(18)	136436,80
ECP(10)	125639,85
ECP(08)	108109,10
ECP(04)	86671,65
ECP(07)	49038,30
ECP(28)	14441,50
ECP(02)	12877,15
ECP(44)	3882,95
ECP(37)	2925,30
Skupaj	674833,10

Slika 3.56: Frekvenca gotovih palet v odpremi oziroma zasedenost odpreme rampe



Slika 3.57: Spremljanje stanja na odpremi rampi glede na določeno relacijo



Preglednica 3.30: Točnost odpreme z naključno zamenjavo blaga

Število palet, ki so zamudile več kot eno uro	22 palet
Najmanjša zamuda	0
Največja zamuda	1:01:00:34.9172
Povprečna zamuda	7:43.7490

V kontrolo je prišlo 1593 transportnih enot s kodo SSCC. Od tega je bilo 1483 različnih kod SSCC in 110 kod se je ponovilo.

3.7 Povzetek poskušanj z modelom in razlaga rezultatov simulacij

Namen simulacije je bil na podlagi preizkušanja z digitalnim oziroma simulacijskim modelom ugotoviti strukturo in dinamične lastnosti opazovanega sistema ter predlagati ustrezne ukrepe za izboljšanje poslovanja, zato sta bila na podlagi opisa sistema in razpoložljivih podatkov izdelana formalni in nato še simulacijski model skladiščno-distribucijskega centra. Iz opisa sistema in formalnega modela ter na podlagi analize razpoložljivih podatkov o poslovanju sistema smo izpostavili možne ukrepe za izboljšave tehniške učinkovitosti sistema. V skladišču lahko zmanjšamo število viličarjev, drugače razporedimo blago za komisioniranje, povečamo prostor za odpremo ali pa na določeni lokaciji skladiščimo več različnega blaga. Glavno merilo tehnološke učinkovitosti izboljšav so izkoriščenost in dolžina prevožene poti viličarjev, zasedenost prostora za odpremo in zasedenost skladiščnih lokacij. Pri tem je merilo uspešnosti tudi zagotavljanje kakovosti oziroma izpolnjevanje časovnih in vsebinskih zahtev za določeno odpremo.

Osnova za primerjanje uspešnosti ukrepov je referenčni model oziroma rezultati **referenčnega poskusa** (poglavje 3.6.1). Rezultati modela poskušanja vsekakor niso omejeni le na prikazane kazalnike učinkovitosti in kakovosti (gostota toka, izkoriščenost viličarjev, dolžina prevožene poti viličarjev, frekvenca in časovni potek števila transportnih enot na prostoru za odpremo, točnost odpreme), ki so v tem primeru prilagojeni (omejeni) zahtevam in ciljem poskusov.

V preizkusih za ugotavljanje vpliva **števila viličarjev** na učinkovitost in kakovost poslovanja smo se odločili predvsem za zmanjšanje števila viličarjev. Povečanje števila viličarjev za komisioniranje namreč ni ukrep, ki bi vodil v izboljšanje kakovosti ali povečanje učinkovitosti. Zato smo naredili poskuse, kjer smo najbolj obremenjene viličarje (prvih šest v *preglednici 3.19*) nadomestili s petimi, štirimi in nazadnje s tremi viličarji. V bistvu smo naloge šestih viličarjev, ki opravijo 94 % vseh nabiranja v odpremo, razdelili med pet, štiri in tri viličarje. Ostali viličarji (od 7 do 10 v *preglednici 3.19*) so opravljali iste naloge po istem vrstnem redu nabiranja blaga v odpremo.

Poskus s **petimi viličarji** je proti pričakovanju pokazal, da je pet viličarjev manj obremenjenih oziroma izkoriščenih kot šest viličarjev iz referenčnega poskusa. To je lahko tudi posledica načina merjenja, ki za izkoriščenost upošteva razmerje med časom izvajanja nalogov in razpoložljivim časom. Viličar v modelu izvaja naloge, če je na njem transportna enota (paleta). Viličar naloži paleta na prvi lokaciji nabiranja blaga v odpremo za določeno izhodno kodo SSCC in jo odloži na kontroli. Ves vmesni čas je viličar v stanju dela, čeprav lahko ima v resnici odmor ali pa čaka, da bo blago razpoložljivo. V simulaciji namreč ne upoštevamo odmorov, saj predvidevamo, da je voznik viličarja

odšel na odmor, ko je končal določeno nalogo in odložil transportno enoto na kontroli. Pri razpoložljivosti pa predvidevamo, da je blago v resničnem sistemu bilo na lokaciji, ko je bilo na terminalu zabeleženo jemanje blaga v odpremo. Pri nabiranju v odpremo na neki lokaciji upoštevamo torej resnični čas, kot je bil potrjen na terminalu. Tako so časi jemanja tudi pri novi razdelitvi enaki ali pa večji od resničnega. S tem zagotovimo enako razpoložljivost blaga v simulaciji, kot je bila tudi dejansko v opazovanem primeru.

Na manjšo izkoriščenost viličarjev v poskusu s petimi viličarji pomembno vpliva predvsem **drugačna razdelitev** dela oziroma razporeditev nalogov. Pri novi razdelitvi dela smo upoštevali zaključenost določenega naloga (SIZG_ID), kar pomeni, da isti viličar nabere celotno odpremo za določen nalog. Prvi poskusi s petimi viličarji so pokazali celo manjše izkoriščenosti viličarjev. V predhodnih poskusih z referenčnim modelom smo namreč upoštevali, da viličar zapusti lokacijo in se odpelje na novo oziroma na kontrolo, ko je čas simulacije enak resničnemu času potrditve na terminalu. Če je viličar prišel v simulaciji na lokacijo pozneje od časa, zapsanega v preglednici vnosov na terminal, potem je lokacijo takoj zapustil. To je sprejemljivo samo v simulaciji, ko lahko zagotovimo, da je viličar na lokaciji dovolj zgodaj. Tak primer je simulacija z referenčnim modelom. Z drugačno razporeditvijo pa to več ne drži za vse vnose na terminalu, saj lahko pride viličar na določeno lokacijo pozneje. Zato je treba v simulaciji upoštevati tudi čas, ki ga komisionar porabi za delo na lokaciji. V predstavljenih poskusih smo zato za delo na lokaciji predvideli 45 sekund. Če je komisionar na lokaciji pred resničnim časom, na njej ostane od izteka tega časa oziroma vsaj 45 sekund. To smo ugotovili na podlagi izkušenj in s poskusi. Rezultati predhodnih poskusov so pokazali, da vsako povečanje časa nad 45 sekund že vpliva na izkoriščenost viličarjev tudi v referenčnem modelu (čas je odvisen od poskusov in ne pomeni splošno veljavnega povprečnega časa dela komisionarja na lokaciji).

Poskus s petimi viličarji je pokazal, da lahko v simulaciji z njimi uspešno nadomestimo šest viličarjev in pri tem zagotovimo kakovost poslovanja in izvedbo naročil oziroma odprem. Število palet, ki so zamudile v odpremo več kot eno uro, največja zamuda in povprečna zamuda (*preglednica 3.24*) so namreč ostali na ravni rezultatov referenčnega poskusa (*preglednica 3.22*). Prav tako je bila enaka skupna prevožena pot (*preglednica 3.21* in *preglednica 3.23*). Spremenila se je le največja zasedenost odpreme rampe (*slika 3.33* v primerjavi s *sliko 3.29*). Vzrok za to je lahko tudi povečanje števila transportnih enot z isto kodo SSCC (s 110 na 221). To se zgodi pri mešanih transportnih enotah (na isti paleti je blago za različne naročnike oziroma naročila), vendar pa o tem ni točnega podatka, saj v bazi ni zapisa o vsebini transportnih enot, ki so zapustile skladišče. Transportne oziroma logistične nalepke se v resničnem sistemu izpišejo in nalepijo na transportne enote, podatki o tem pa se ne shranijo. Edini podatek o izhodnih kodah SSCC je tako v preglednici vnosov na terminalu (SVSTNP), kjer pa se nekatere kode pojavijo pri različnih nalogih. To je odvisno od razporeditve nalogov komisionarjem. Pri novi razporeditvi se to spremeni in zato se v bistvu poveča število transportnih enot, ki pridejo iz komisioniranja v kontrolo. Izhodno število kod SSCC pa se praktično ne spremeni. Zato je zasedenost odpreme rampe relativen kazalnik.

Rezultati poskusa s **štirimi viličarji** kažejo, da so viličarji mnogo bolj obremenjeni oziroma izrabljeni kot v prejšnjih dveh poskusih. To je bilo tudi pričakovano. Dolžina poti se ni spremenila (zgolj v tolerančnih mejah srednje vrednosti), ni se spremenila niti zasedenost odpreme rampe. Povečalo se je število zamujenih transportnih enot, pa tudi največja in povprečna zamuda. Vendar to povečanje ni

tako izrazito, da bi lahko trdili, da s štirimi viličarji ne bi mogli dovolj kakovostno izvesti komisioriranja.

Povsem drugačna je izvedba komisioriranja s **tremi** namesto šestimi viličarji. Izkoriščenost viličarjev je 100-odstotna (*slika 3.32*), kar pomeni, da delujejo na zgornji meji zmogljivosti. Kljub temu so uspeli nabrati blago v vso odpremo oziroma izvesti vse planirane naloge. Vendar kakovost oziroma točnost odpreme ne izpolnjuje pričakovanj, saj je bilo kar 340 od 1485 transportnih enot vsaj za eno uro prepoznih glede na predvideni čas odpreme. Pomembno sta se povečali tudi najdaljša in povprečna zamuda (*preglednica 3.28*), kar kaže na to, da s tremi viličarji ne moremo izvesti zahtevanega plana naročil oziroma nalogov.

S poskusom z **novi razporeditvijo nalogov prvih šestih viličarjev** (*preglednica 3.19*) na istih šest viličarjev smo preverili in tudi potrdili vpliv drugačne razporeditve nalogov na število transportnih enot z isto kodo SSCC, ki pridejo iz komisioriranja na kontrolo. Na kontroli se združijo na isto transportno enoto, ki se odloži na rampo in nato naloži na vozilo. O tem pa ne moremo biti prepričani, saj za to ni dovolj podatkov v bazi. Pomemben rezultat tega poskusa je graf izkoriščenosti oziroma obremenjenosti viličarjev. Graf kaže, da so pri novi oziroma drugačni razporeditvi viličarji bolj enakomerno obremenjeni (*slika 3.42*) v primerjavi z referenčnim poskusom (*slika 3.28*). Njihova izkoriščenost oziroma obremenitev je tudi manjša. Vsi drugi kazalniki pa so skoraj enaki.

Zanimiv rezultat je dal poskus z **drugačno razmestitvijo blaga** za komisioriranje na lokacije v skladišču. Pričakovano je bilo, da lahko drugačna razmestitev da samo slabše rezultate, saj sistem vodi komisiorarja po najkrajši poti nabiranja v odpremo na določenem nalogu. Kljub temu je bilo pričakovati, da bo največja gostota toka viličarjev (*slika 3.27*) okoli mesta za kontrolo, kamor morajo vsi viličarji pripeljati transportne enote, nato pa se bo enakomerno porazdelila oziroma zmanjševala do najbolj oddaljenih lokacij. Največja gostota je vsekakor na mestih kontrole in v začetku hodnika nasproti nje, nato pa v hodniku z regali A7 in A8. Zato je bila poleg naključne razporeditve blaga na lokacije za začetek preizkušena tudi možnost premestitve samo nekaterih hodnikov z regali oziroma blagom na teh regalih.

Sprememba **lokacije blaga** iz hodnika z regali **A7 in A8** na lokacije v hodnik z regali **B3 in B4**, ki so bliže kontroli, bi morala dati krajšo pot in boljše rezultate. *Slika 3.45* kaže, da se je s spremembo lokacij blaga spremenila gostota toka viličarjev. Vendar pa se je skupna pot viličarjev kljub drugačnim pričakovanjem podaljšala (*preglednica 3.31* v primerjavi s *preglednico 3.21*). Poskus s povsem naključno razporeditvijo blaga na lokacije v dvoranah A in B pa je potrdil napovedi, saj je bila skupna pot za več kot dvakrat daljša. Iz tega lahko sklepamo, da je pot nabiranja v odpremo glede na lokacije blaga ustrežna (ne moremo pa trditi, da je optimalna, saj tega z modelom in simulacijo ne preverjamo).

Zamisli o preverjanju vpliva **povečanja prostora za pripravljeno odpremo** in vpliva skladiščenja več različnih SKU na eni lokaciji z modelom in simulacijo nismo oziroma nismo mogli izvesti. V modelu upoštevamo navidezno neomejen prostor in beležimo le število transportnih enot, ki so v določenem trenutku na prostoru za odpremo. V resničnem sistemu delavci v skladišču najdejo prostor za izhodne transportne enote, pa čeprav ne na mestu, ki je predviden za odpremo. To je v model težko preslikati dovolj natančno in točno.

Preverjanje vpliva skladiščenja **več različnega blaga na eni lokaciji** z modelom in simulacijo na podlagi obstoječih podatkov ni izvedljiva oziroma je povsem natančna. Poskusi s simulacijo in poznejša analiza so pokazali, da so podatki o blagu oziroma o velikosti skladiščnih enot v bazi premalo natančni. Delavec na sprejemu blaga v skladišče in voznik viličarja, ki blago uskladišči, vidita velikost palete in se temu primerno odločata, v bazi pa tega podatka niti njune odločitve ni. V bazi ni niti podatkov o uskladiščenju in preskladiščenju palet, zato za preverjanje uskladiščenja in preskladiščenja ni potrebnih vhodnih podatkov za simulacijo.

3.8 Sklepi in priporočila za management

Sklep 3.1: Za celovitejšo analizo poslovanja skladišča ni dovolj podatkov o poslovnih dogodkih v skladišču

Sistem za vodenje skladišča ne beleži vseh poslovnih dogodkov v skladišču. Sistem beleži vse izdaje na terminalu (nabiranje blaga v odpremo), ne beleži pa niti prevzema blaga in mesta skladiščenja blaga niti lokacije, iz katere je določen viličar dopolnil zalogo v conah za komisioniranje. Tako lahko natančno in točno analiziramo dogajanje na komisioniranju, ne pa tudi na uskladiščenju, preskladiščenju in popolnjevanju blaga na lokacijah. Poleg tega sistem ne beleži podatkov o kontroli transportnih enot in nakladanju blaga na vozila. Ti podatki so zabeleženi le na papirju (kontrolna knjiga in dobavnice kupcu). Tako tudi ni podatkov, v kakšni transportni enoti oziroma transportnem pakiranju je bilo blago odpeljano iz skladišča.

Priporočilo 3.1: Sprotno spremljanje in beleženje vseh poslovnih dogodkov v skladišču

Obstoječi sistem za vodenje skladišča ima možnost samodejnega beleženja vseh poslovnih dogodkov, ki jih operaterji dobijo in potrdijo na terminalu. Predlagamo, da se to beleženje vklopi in s tem preide iz spremljanja stanja zalog na lokacijah na spremljanje poslovnih dogodkov. To je osnova procesnega pristopa, ki poleg analize in simulacije omogoča tudi boljše poslovno poročanje.

Sklep 3.2: Odločitve zaposlenih v skladišču pomembno vplivajo na učinkovitost poslovanja

Iz opisa in analize opazovanega sistema smo ugotovili, da veliko odločitev, ki so bile načrtovane, da jih bo tvoril (sprejemal) sistem za vodenje skladišča samodejno, sprejemajo dispečer in vozniki viličarjev. Med njimi so razporejanje nalogov na relacije, proženje nalogov v izvršitev in izbira naloga na terminalu. Z drugačno oziroma bolj enakomerno razporeditvijo nalogov viličarjem smo v simulaciji pokazali, da lahko izboljšamo izkoriščenost viličarjev in tudi njihovo učinkovitost, predvsem pa zmanjšamo njihovo število. Vprašanje je, ali je to res mogoče doseči tudi v praksi. V modelu smo se odločali le na podlagi podatkov, ki so bili v bazi, nismo pa preverjali, ali so bila v času razvrščanja nalogov vsa naročila že končana. Glede na pravila o prenosu podatkov iz poslovnega informacijskega sistema v sistem za vodenje skladišča in zaključku naročil do 14. ure za dostavo naslednji dan to ne bi smelo biti vprašanje. S temi podatki sistem za vodenje skladišča predlaga razvrstitev po relacijah, dispečer pa jih ročno popravi oziroma dopolni in proži v izvršitev. Voznik viličarja ima v določenem trenutku na voljo odprte naloge, med katerimi izbere enega, ki ni nujno z vrha seznama. Ureditev seznama in vrstni red izvajanja nalogov pa sta glede na rezultate simulacije pomembna dejavnika učinkovitosti poslovanja.

Priporočilo 3.2: Zaposleni v skladišču naj upoštevajo informacijsko podporo

Obstoječi sistem za vodenje skladišča je v osnovnem načrtu skladiščno-distribucijskega centra omogočal in zagotavljal samodejno razporejanje in proženje nalogov. Sistem predlaga voznikom viličarjev zaporedje nalogov, ki mu jih prikaže na terminalu. Zaporedje je odvisno od več dejavnikov, najbolj pa od časa proženja (način »prvi pride, prvi je postrežen«). Zato predlagamo, da se preveri, ali je s samodejnim razvrščanjem in proženjem nalogov ter z doslednim upoštevanjem prvega predloga (prvi na seznamu na terminalu) pri izbiri naloga za izvršitev mogoče izboljšati poslovanje. To se lahko naredi s povezavo simulacije in resničnega sistema za vodenje skladišča. Model je za to pripravljen, saj dela na podlagi podatkov, ki so prilagojeni podatkovnemu modelu uporabljenega sistema za vodenje skladišča. S preizkušanjem resničnega sistema v digitalnem okolju se lahko preverijo tudi različne nastavitve ter postopki za samodejno razporejanje in planiranje obstoječega sistema za vodenje skladišča.

Sklep 3.3: Delo voznika viličarja pri nabiranju blaga v odpremo pomembno vpliva na učinkovitost poslovanja

Simulacija je pokazala, da čas, ki ga porabi voznik viličarja za komisioniranje, pomembno vpliva na učinkovitost opreme. Del tega časa je odvisen od vožnje na lokacijo, drugi pa od dela na lokaciji. Iz podatkov v bazi lahko ugotovimo povprečen čas med dvema vnosoma na terminal. Ne vemo pa, kakšen je vpliv razpoložljivosti blaga in koliko je ta čas odvisen od način dela s terminalom, branjem črne kode in potrjevanjem vnosov s pritiskom na tipke.

Priporočilo 3.3: Preveriti vplive na čas komisioniranja in razbremenitev komisionarja s sistemom govornega vodenja

Po vklopu beleženja vseh poslovnih dogodkov bo mogoča natančna analiza časov komisioniranja. Lahko se izdela tudi časovni standard za čase komisioniranja glede na različne tipe blaga (pakiranje, količina, masa ...). V povezavi simulacijskega modela s sistemom za vodenje skladišča se lahko nato preveri, kakšen je vpliv zmanjšanja časa nabiranja blaga z lokacije na transportno enoto za na primer 15 %, kolikor teoretično lahko dosežemo s sistemom govornega vodenja. Tovrstno preverjanje ne bo dalo praktično uporabnih rezultatov, če se tudi v resničnem sistemu zaposleni ne bodo držali zahtev organizacije in pravil poslovanja. Pri tem je pomembna tudi ustreznost komunikacija in opolnomočenje zaposlenih.

Sklep 3.4: Povečanje zmogljivosti skladišča je mogoče z razdelitvijo lokacij v manjše lokacije in s povečanjem števila lokacij v regalu

Skladiščenje več različnih artiklov na eni lokaciji je logistično sprejemljivo z delitvijo ene lokacije (ali okna regala) na več manjših lokacij za kartone in zaboje (delitev po širini, po globini pa ostane enako). Zmogljivost lahko povečamo tudi v kombinaciji z večjim številom oken v regalu (več etaž z manjšo višino okna). Osnovna analiza je namreč pokazala, da lokacije po višini niso povsem izrabljene (kolikor smo imeli na voljo točnih podatkov o višinah palet). Vsaka večja tehnološka sprememba, kot je na primer povečanje števila regalov, pa bi pomenila prevelik poseg, ki v primerjavi s širitvijo ali gradnjo novega skladišča ne bi bil ekonomsko upravičen.

Priporočilo 3.4: S simulacijo preveriti vpliv sprememb in določiti velikosti lokacij in števila etaž v regalih

Predlagamo, da pred uvedbo sprememb s povezavo sistema za vodenje skladišča in simulacijskega modela preverite vsako spremembo velikosti in števila lokacij. Simulacijski model samodejno nastavi število etaž in njihovo višino, lahko pa tudi določi nove lokacije v določenem oknu regala. Iz sistema za vodenje skladišča dobi simulacijski model napotke, kam naj kaj uskladišči, kam naj kaj preskladišči in kaj naj od kje izskladišči. S poskusi pri različnih konfiguracijah regalov oziroma skladiščnih lokacij lahko izberemo najboljšo glede na postavljena merila. Pri tem je treba poudariti, da s simulacijo resničnih sistemov ne moremo dobiti optimalne rešitve, lahko pa med vsemi preverjenimi možnostmi izberemo najboljšo. To velja tudi za preverjanje uspešnosti določenega sistema za vodenje skladišča. Preverjamo ga lahko le, če je sprotno povezan z modelom in simulacijo. Pa še takrat so rezultati relativni. Objektivno oceno lahko dobimo šele s primerjavo več sistemov za vodenje skladišča na podlagi rezultatov, dobljenih s simulacijo pri enakih pogojih oziroma podatkih za preverjanje.

4 Distribucija in optimizacija razvozov

4.1 Optimizacija distribucijskega procesa analiziranega podjetja

Ocena stanja po posnetku je pokazala, da je za reševanje konkretnih praktičnih izzivov s področja distribucije blaga nujno potrebna uporaba znanstvenih metod in orodij. V sklopu projekta smo tako tudi pokazali, da lahko z uporabo primerne modela optimizacije distribucije blaga v podjetjih, katerih dejavnost zajema distribucijo blaga, prihranimo stroške in zmanjšamo obremenjenost okolja.

4.1.1 Zbiranje, urejanje in priprava podatkov

Pri izvedbi optimizacij na cestnem omrežju so pomembne naslednje zbirke podatkov:

- geografski informacijski sistem (GIS) cestnega omrežja: geometrijski podatki v obliki krivulj o cestnih odsekih ter koordinate krajev,
- lokacije skladišča in prejemnikov,
- sezname dobrin za razvoz,
- parametri flote vozil (kapaciteta, cena na kilometer, regija delovanja).

4.1.2 Cestno omrežje iz GIS

Danes so na voljo različne podatkovne baze geografskih informacijskih sistemov, ki hranijo geometrijske podatke cestnih odsekov ter lokacije krajev (kjer so potencialno prejemniki). Praviloma so te baze plačljive, cene pa so odvisne od ažurnosti osveževanja. Kaj hitro se lahko zgodi, da v neažurni bazi ni pred kratkim odprtih novih cestnih odsekov ali pa zaprti cestni odseki niso odstranjeni (onemogočeni).

A za uporabo v našem modelu sami cestni odseki niso dovolj. Pomembna razlika je, ali cestni odsek predstavlja avtocestni odsek ali cestni odsek precej slabše kategorizacije, na primer makadamska cesta. Tako je poleg geografskih (geometrijskih) podatkov v GIS po navadi treba hraniti še dodatne podatke, kot so imena krajev, kategorizacija cest in podobno. Geografski informacijski sistemi se po navadi uporabljajo s podporo podatkovnih baz, ki so kombinacija klasičnih podatkovnih baz (podatki

so števila, besedila, binarni simboli) z nadgradnjo iskalnih mehanizmov nad geometrijskimi objekti v 2D ali 3D prostoru (poizvedbe glede lokacije, bližine, zračne razdalje itd.). Eden od znanih plačljivih GIS je Tele Atlas, ki ga najdemo v številnih profesionalnih aplikacijah.

Geodetske uprave na državni ravni so se v zadnjih letih preusmerile v digitaliziranje prostorskih podatkov, kar vključuje konfiguracije terena, delitev na parcele ter tudi razna omrežja (cestna, železniška, električna, vodovodna, plinovodna itn.). Tako je tudi Geodetska uprava Republike Slovenije v zadnjih letih vzpostavila Kataster javne gospodarske infrastrukture (Geodetska uprava 2010). Geodetska uprava omogoča dostop do podatkov v tem katastru fizičnim in pravnim osebam in glede na namen uporabe posredovanje podatkov iz tega GIS tudi ustrezno obračunava. Za specifične namene raziskav, predvsem s strani javnih raziskovalnih ustanov, pa Geodetska uprava Republike Slovenije omogoča brezplačen dostop do ustreznih podatkovnih baz, ki se potem lahko uporabijo kot vhodni podatki za različno programsko opremo.

Geometrijski podatki v geografskih informacijskih sistemih so podani v obliki točkovnih objektov, linijskih objektov (npr. poligonske črte) ali ploskovnih objektov (poligoni). Cestni odseki so podani kot linijski objekti, pri čemer lahko izračunamo koordinati začetne in končne točke ter dolžino odseka – ti podatki so namreč zanimivi za aplikacije, povezane z razvoji. Vsi podatki so v podani v kartezičnem koordinatnem sistemu (koordinati X in Y) v tako imenovanih Gauss-Kruegerjevih koordinatah.

Četudi geografski podatki natančno opisujejo geometrijske lastnosti cestnih odsekov (kje se začnejo, kako se vijajo, kje se končajo), je treba iz njih pridobiti ustrezno kombinatorično podatkovno strukturo, primerno za izvajanje algoritmov, povezanih z optimalnimi (najkrajšimi) potmi po odsekih.

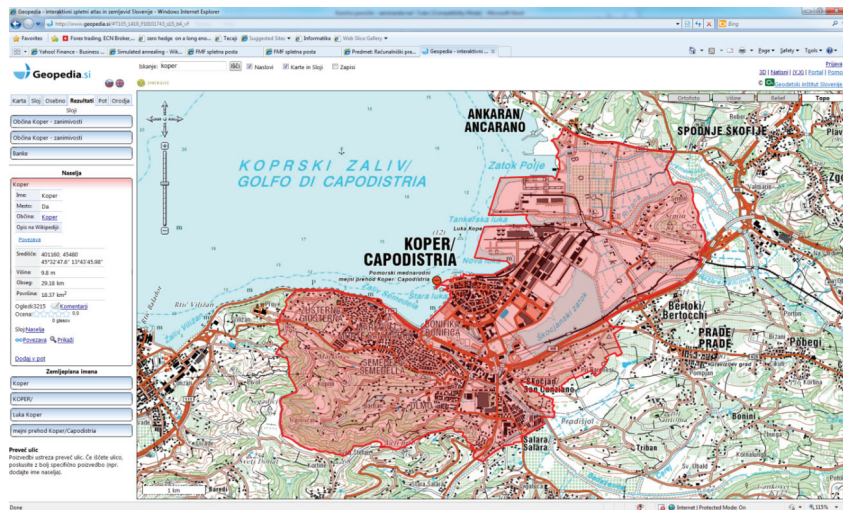
Primerna podatkovna struktura za cestno omrežje je utežen graf oziroma omrežje. Graf tvorijo vozlišča in povezave med njimi. V našem primeru so vozlišča kraji, križišča, stičišča itn., medtem ko so povezave cestni odseki med njimi. Pri uteženem grafu oziroma omrežju vozlišča in/ali povezave nosijo dodatne informacije (uteži). Tako so uteži na povezavah dolžine pripadajočih odsekov, kategorija ceste na odseku ipd. Uteži na vozliščih pa so po navadi imena lokacij (krajev).

Za sestavljanje grafa iz geometričnih podatkov za cestne odseke smo morali sestaviti robusten algoritem, ki upošteva majhne napake pri vnosu robnih točk odsekov. Zavedati se moramo, da so v GIS podani podatki cestni odseki, končki cestnih odsekov pa naj bi bili v vozliščih. Zaradi napak pri vnosu koordinat v GIS se kaj hitro lahko zgodi, da se koordinati koncev dveh odsekov v določenem križišču minimalno razlikujeta. Tudi če bi se razlikovali npr. samo za meter, je jasno, da gre za stik cestnih odsekov. Zato smo uporabili inačico algoritma sekajočih se sfer, kjer si predstavljamo vsako geometrijsko točko konca odsekov kot sfero določenega radija, npr. en meter. Če se sferi dveh koncev različnih odsekov sekata, s tem določata skupno vozlišče. Izkazuje se tudi, da v GIS, ki predstavlja slovensko cestno omrežje, obstajajo celo ciklične poti (začetek in konec ulice sta v istem križišču – npr. določene gozdne poti).

4.1.3 Lokacije skladišča in prejemnikov

Zahteven proces pa je tudi geografsko določanje koordinat prejemnikov iz njihovih naslovov. Naslove smo pridobili iz podatkovne baze proučevanega podjetja, Gauss-Kruegerjeve koordinate za GIS sisteme pa bi načeloma lahko poiskali s pomočjo GIS podatkovne baze, v kateri so vnesene koordinate za vse registrirane naslove v Sloveniji. Tako bazo je mogoče dobiti tudi od Geodetske uprave Republike Slovenije, na voljo pa je tudi prosto dostopna spletna storitev <http://geopedia.si> (razvilo jo je podjetje Cosylab), ki je zgrajena nad to podatkovno bazo. S pomočjo te storitve smo opravili popis več tisoč prejemnikov, ki so se pojavljali v opazovanem obdobju.

Slika 4.1: Geografske poizvedbe lahko izvedemo prek spletnega portala <http://geopedia.si>



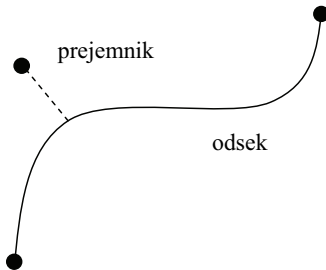
Seznam prejemnikov v opazovanem obdobju smo pridobili iz informacijskega sistema naročnika. Toda v praksi se lahko pojavijo anomalije, kot so napačni vnosi naslova prejemnika, npr. vnesena je lokacija sedeža, ne pa enote, ki dejansko potrebuje dostavo. Za namene osnovne simulacije, ki bo prikazala približen izračuna stanja in možnost izboljšav, to ni velik problem, saj pri opisu sistema to ni edina točka, kjer se pojavijo neznanke. Zavedati pa se moramo, da bo vzpostavljeni sistem dobra osnova za simuliranje dejanskega stanja, da bo pa praktično uporaben, mora biti ustrezno kalibriran in usklajevan z najnovejšimi podatki (stanje v cestnem omrežju, sprotna naročila itn.).

Pridobivanje Gauss-Kruegerjevih koordinat je proces, ki ga je v večji meri mogoče avtomatizirati (računalnik za dan seznam naslovov s poizvedbami v GIS poišče ustrezne koordinate). Zaradi človeških napak pri vnosu v informacijski sistem pa je treba določene naslove določiti ročno. V splošnem bi moralo veljati pravilo, da se vedno ob vnosu novega prejemnika v podatkovno bazo podjetja vnese istočasno še koordinate za dostavo.

Seveda se koordinate naročnikov ne ujemajo z vozlišči grafa cestnega omrežja. Prejemniki so namreč tipično nekoliko stran od cest ali ob cestnem odseku, le redkokdaj pa na koncu cestnega odseka. Za

potrebe kombinatoričnih optimizacij na grafu (najkrajše poti, razvozi) pa moramo sestaviti graf cestnega omrežja, v katerem so prejemniki vozlišča. Potem se formulacija našega problema reducira na iskanje najkrajših poti oziroma razvozov po grafu cestnega omrežja, kjer so prejemniki vozlišča tega grafa. Prejemnike lahko dodamo v graf kot vozlišča tako, da jih postavimo po koordinatah na najbližji konec nekega odseka, če pa hočemo večjo natančnost, subdividiramo odseke na najbližji točki najbližjega cestnega odseka in v graf vstavimo novo točko, ki predstavlja prejemnika.

Slika 4.1: Cestni odsek in lokaciji prejemnika najbližja točka na cestnem odseku



Opomba: Stik črtkane črte in krivulje odseka predstavlja položaj za subdivizijo (razdelitev) odseka, ki jo izvedemo z vrivanjem nove točke.

Upoštevajoč vse to smo morali pripraviti ustrezno podatkovno bazo. Začrtali smo si izdelavo platforme na odprtokodni podatkovni bazi PostgreSQL, ki ima tudi dodatek PostGIS za podporo geografskih informacijskih sistemov. Za specifične raziskovalne namene lahko raziskovalne organizacije dobijo od Geodetske uprave Republike Slovenije geometrijske podatke iz katastra brezplačno in jih uvozijo v bazo PostgreSQL z dodatkom PostGIS. Kot bomo videli v nadaljevanju, bomo samo podatkovno bazo uporabili še za shranjevanje drugih podatkov (npr. dolžine odsekov, kategorizacijo, podatke za razvoze).

Za izvedbo optimizacije razvozov potrebujemo torej abstraktno podatkovno strukturo uteženega grafa, v katerem so vozlišča stikališča cestnih odsekov ter lokacije prejemnikov, povezave pa cestni odseki. Vsako vozlišče, ki predstavlja določenega prejemnika, je opremljeno z informacijo o tem prejemniku, vsaka povezava pa povezuje dve vozlišči in vsebuje informacijo o dolžini. Koristno pa je, da vsebuje tudi informacijo o smeri, če gre za enosmerno cesto. Tako dejansko dobimo podatkovno strukturo usmerjenega cestnega omrežja z lokacijami za dostavo. Cestno omrežje v Sloveniji je razdeljeno na več kot 100.000 odsekov. Za namen naše uporabe bomo vnesli približno 3.000 lokacij za dostavo.

Slika 4.2: Primer dela seznama lokacij za dostavo

10013335 9873 - M TEHNIKA ŠENTJANŽ	ŠENTJANŽ PRI DRAVOGRADU 73	2373 ŠENTJANŽ PRI DRAVOGRADU	503386	503386
10013359 BPT d.d.Podljubelj-051/696-693 g Gros	PODLJUBEJ 251	4290 TRŽIČ	444931	139783
10013363 NOVO MESTO LJUBLJ.C.32/ODR.DO20.UR	LJUBLJANSKA CESTA 32	8000 NOVO MESTO	512456	74825
10013387 MERCATOR ŽELEZNIINA SENOVO-6490-	TITOVA CESTA 96	8281 SENOVO	537300	97488
10013391 DOSTAVA PTUJ	VOLKMERJEVA CESTA 20	2250 PTUJ	567174	143003
10013407 HIDRIA IMP KLIMA, PE LJUBLJANA, VOJKOVA	VOJKOVA CESTA 58	1000 LJUBLJANA	463063	102901

Opomba: Prvi stolpec je ID koda lokacije, drugi stolpec je naziv prejemnika, tretji, četrti in peti stolpec so naslov, zadnja stolpca pa X in Y v Gauss-Kruegerjevi koordinati lokacije.

4.1.4 Seznamei dobrin za razvoz

Iz posnetka podatkovne baze analiziranega podjetja smo povzeli relevantne podatke in jih izvozili v podatkovno bazo PostgreSQL. Popis je vključeval prepisovanje transportnih kod ter število in tip (volumen, teža, tip pakiranja) transportnih enot za vsako naročilo. Naročilo je seznam postavk, ki jih dostavimo prejemniku.

Medtem ko so seznamei dobrin za dostavo (oziroma seznamei naročila) nujna komponenta vseh poslovnih informacijskih sistemov, se kvantificiranje transportnih enot opravi v postopku komisioniranja v skladišču. Podatke o številu in tipu transportnih enot ustvarijo komisionarji in so znani šele po tem, ko komisionarji opravijo svoje delo. So pa to nujni podatki, ki bi moral biti vneseni v informacijski sistem, da bi omogočali nadaljnjo optimizacijo razvozov. Le če vemo, koliko in kakšne transportne enote moramo razvoziti na dane lokacije, lahko sestavimo avtomatične algoritme, ki pri upoštevanju kapacitet razvoznih vozil tovar ustrezno razporedijo nanje. Razporeditev potem določa tudi pot razvoza in je torej ključna komponenta optimizacije. Teh podatkov v preteklosti niso vnašali v informacijski sistem, saj podjetja niso imela optimizacijskih algoritmov za razvoze. Zaradi lastne dokumentacije pa so te podatke hranili na papirju v obliki dobavnic. Podatki torej obstajajo, za izvajanje optimizacij pa bi jih bilo treba ročno vnesti v ustrezno podatkovno bazo. To smo za izbrano obdobje tudi storili in tako imamo v digitalni obliki tudi te podatke.

4.1.5 Parametri flote vozil (kapaciteta, cena na kilometer, regija delovanja)

Če imamo podatke o številu in tipu transportnih enot, pri čemer vsako transportno enoto dostavimo le na eno lokacijo, transportne enote pa so standardizirane (npr. palete, kontejnerji, škatle), kvantificirane (volumen, teža) ali pa imajo zanemarljiv volumen oziroma težo (škatle, mape, pisma ...), lahko glede na kapacitete in zmognosti razvoznih vozil (tovornjakov, kombiniranih vozil, avtomobilov ...) avtomatično določimo, koliko transportnih enot lahko naložimo na posamezno vozilo.

Transportne enote, naložene na vozilo, v veliki meri določajo relacijo razvoza. Treba je le še določiti vrstni red vožnje. Vsako razvozno vozilo pa ima parametre, ki določajo končno ceno razvoza. Takšni parametri so npr. cena razvoza na kilometer, cena posamezne dostave. Poleg tega ima vsako vozilo parametre, ki določajo omejitve, kot so maksimalna teža, maksimalni volumen ter možnosti razporejanja transportnih enot z večjim volumnom (npr. koliko palet lahko naložimo nanj). Te podatke je lahko pridobiti in so odvisni od najete ali lastne flote vozil.

4.2 Model za optimizacijo razvozov

4.2.1 Teoretična izhodišča

Pri abstrahiranju konkretnih problemov pri razvažanju dobrin iz enega ali več skladišč k vnaprej znanim prejemnikom praviloma vedno naletimo na krovni problem razvoza, ki je znan kot Vehicle Routing Problem (ali skrajšano VRP, glej Toth 2002). V osnovi gre za problem, pri katerem imamo dan seznam prejemnikov in dobrin, ki jih moramo dostaviti iz enega ali več skladišč s pomočjo izbrane flote vozil. To želimo izvesti čim bolj poceni, kar pomeni, da minimiziramo prevoženo pot vozil. Problem predstavimo kot optimizacijsko nalogo, kar pomeni, da podamo opis problema, opis množice kandidatov za rešitve (oziroma »konfiguracij«, kot jih bomo poimenovali pozneje), kriterijsko funkcijo, ki vrne ceno za vsako od možnih konfiguracij, ter cilj (minimizacija ali maksimizacija).

Posvetimo se najprej opisu problema. Dana je množica n dobrin ($g_1, g_2 \dots g_n$), ki jih moramo dostaviti z lokacije skladišča l_0 na m lokacij prejemnikov $L = (l_1, l_2, \dots, l_m)$ prek cestnega omrežja. Označimo z $loc(g_i)$ ciljno lokacijo za dobrino g_i . Kot smo že omenili, cestno omrežje modeliramo s pomočjo uteženega grafa G , katerega vozlišča poleg lokacij prejemnikov predstavljajo še stičišča cestnih odsekov in križišča, povezave (odseki) pa so tipično usmerjene. Vsaka povezava (odsek) s je utežena z dolžino odseka $len(s)$, ob vsaki povezavi pa vodimo še podatek pričakovanega trajanja potovanja po tem odseku $dur(s)$ (ali alternativno – povprečno hitrost). Vsaka dobrina g_i ima svojo težo w_i in svoj volumen v_i . Nadalje imamo na voljo floto k vozil za dostavo (V_1, V_2, \dots, V_k). Vsako od vozil V_j ima omejitev maksimalne teže tovora $wcap_j$ in lahko prepelje skupen volumen vol_j , poleg tega pa ima specifično ceno za prevožen kilometer c_j . Naj bo x_{ij} celoštevilška spremenljivka vrednosti 0 ali 1, ki izraža to, ali je dobrina g_i pri razvozu (izbrani rešitvi) naložena na vozilo V_j . Naj bo $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ in naj bo $L_j = \{loc(g_i) \mid x_{ij} = 1\}$ množica lokacij za dostavo dobrin na vozilu V_j . Za vsak X_j določimo tudi zaporedje dostav Z_j . Označimo z $len(X_j, Z_j)$ dolžino najkrajšega obhoda v grafu G , ki se začne na lokaciji skladišča l_0 in obišče vse lokacije v L_j v zaporedju, določenem z Z_j , ter se na koncu vrne v l_0 . Dolžino obhoda dobimo tako, da seštejemo dolžine povezav (segmentov, $len(s)$), ki jih prehodimo. Podobno naj $dur(X_j)$ predstavlja trajanje takega obhoda. Potem lahko definiramo kriterijsko funkcijo kot

$$f((X_1, Z_1), \dots, (X_k, Z_k)) = \sum_{j=1}^k c_j \cdot len(X_j, Z_j).$$

Iščemo takšno rešitev (torej takšne X_j in Z_j), da dosežemo minimum kriterijske funkcije. Cena je premosorazmerna s skupno dolžino prevožene poti vseh vozil, odvisna pa je lahko tudi od števila in tipa angažiranih vozil in števila postankov posameznega vozila (glede na fiksne stroške). Če vozila V_j ne uporabimo, je pripadajoči seznam Z_j prazen.

Običajne omejitve pri VRP vključujejo omejitev skupne mase in skupnega volumna dobrin, naloženih na tovornjak.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} w_i \leq wcap_j, \text{ za vsako vozilo } V_j$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} v_i \leq vol_j, \text{ za vsako vozilo } V_j$$

Poleg teh omejitev velja še, da dobrino lahko naložimo le na eno vozilo. V praksi je smiselno, da dodamo še kakšno omejitev. V Sloveniji velja na primer za profesionalne voznike omejitev vožnje na 8 ur na dan, zato $dur(X_j)$ ne sme presežati tega časa za vsa vozila. Razvoz je v celoti določen s spremenljivkami X_j in Z_j .

Naš cilj je pri danih omejitvah in možnostih poiskati optimalen razvoz. Obstajajo še bolj zapletene inačice VRP, kjer praviloma nastopajo še dodatni pogoji.

Seznam danih dobrin ni prevelik, tako da obstaja možnost, da izvedemo razvoz tako, da hkrati naložimo dobrine na vozila, ki lahko potem istočasno izvedejo razvoz. V praksi ta teoretični pogoj pomeni večinoma le, da imamo v danem dnevu vnaprej znan seznam dobrin, vsako vozilo pa praviloma uporabimo le enkrat na dan (naložimo in to opravi razvoz).

Ko imamo vhodne podatke in preden se lotimo optimizacije, potrebujemo kriterijsko funkcijo, ki jo optimiziramo (minimiziramo). Po navadi je kriterijska funkcija določena z minimizacijo stroškov. Vrednost kriterijske funkcije izračunamo za dan razvoza. Razvoz je določen z izbiro vozil, določitvijo dobrin, ki gredo na to vozilo, ter s potjo, ki jo mora to vozilo prevoziti, da obišče ustrezne prejemnike.

Iz teorije izračunljivosti vemo, da je VRP računsko težek problem oziroma NP-težek, če uporabimo terminologijo iz teoretičnega računalništva (Garey in Johnson 1979). NP-težek problem v praksi pomeni, da ne obstaja (oziroma ni natančneje znan) algoritem, ki bi problem zagotovljeno rešil v manj kot eksponentnem času v odvisnosti od velikosti problema, ki se pri nas meri z dolžino seznama. To je z vidika izračunljivosti zelo huda ovira, saj praktično pomeni, da če npr. problem eksaktno rešimo za seznam dobrin dolžine 100 v 1 minuti, bo za 101 dobrino algoritem tekel vsaj 2 minuti, za 102 vsaj 4 minute in se bo tako čas izračuna vsaj podvajal za vsako nadaljnjo dobrino, vključeno v seznam. Hitro uvidimo, da so taki algoritmi v praksi neuporabni, saj npr. pri 120 dobrinah presežemo čas izvajanja milijon minut.

Današnji računalniki reševanju takih problemov niso kos. Zato se po navadi zatekamo k približnim algoritmom, ki nam v dokaj hitrem času dajo dovolj dobro rešitev, ki je precej boljša (in hitreje skonstruirana), kot če bi rešitev iskali »na roke«. Reševanje takega problema računalniku predstavimo nekako tako:

- Sestavimo začetni, še dopusten razvoz.
- Definiramo družino operacij, ki iz danega razvoza konstruira »sosednje« podobne razvoze. Operacije si lahko predstavljamo kot množico načinov, kako iz nekega razvoza generiramo nove.
- S pomočjo pregledovanja sosednjih razvozov glede na kriterijsko funkcijo identificiramo med njimi najboljšega glede na kriterijsko funkcijo. Potem postopek generiranja sosednjih razvozov ponovimo iz tega novega razvoza. Na ta način se pomikamo k boljšim in boljšim razvozom.

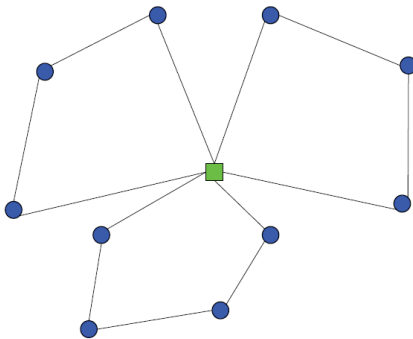
- Ko bodisi dosežemo razvoz, iz katerega operacije ne generirajo nobenega boljšega razvoza, bodisi ko že »dovolj dolgo« pregledujemo potencialne razvoze (glede na računske kapacitete, ki so za nas še sprejemljive), končamo in vrnemo najboljše najdeni razvoz.

Zgoraj navedeni postopek je rešitev za probleme, ki jih ni mogoče drugače reševati, kot da sistematično pregledamo čim več možnosti. In prav tega tipa so NP-težki problemi.

Nekoliko bolj formalno in konsistentno formuliran zgornji postopek imenujemo »lokalna optimizacija«, ki deluje po naslednjem principu:

- Vsak razvoz, dober ali slab, dopusten ali nedopusten (dopustnost pride v poštev, če dodamo še dodatne omejitve), imenujemo »konfiguracija«. Pri nas je konfiguracija določena z izbiro vozil, razporeditvijo dobrin na vozila ter določitvijo poti za posamezno vozilo (glede na zgornji opis je konfiguracija razvoz, ki je določen s spremenljivkama X_j in Z_j).

Slika 4.3: Shematski prikaz konfiguracije



Opomba: Kvadratna centralna točka predstavlja skladišče, okrogle točke pa lokacije prejemnikov. Cikli predstavljajo razvoze posameznih vozil (po navadi so še usmerjeni). Povezava med dvema lokacijama prejemnikov predstavlja najkrajšo pot med dvema prejemnikoma (in lahko v grafu omrežja obsega več vozlišč, ki predstavljajo spoje, križišča ...).

- Dana je množica operacij, s pomočjo katerih lahko iz vsake konfiguracije pridelamo nove konfiguracije. Te operacije so praviloma reverzibilne (obrnjive), v množici operacij pa jih je le končno mnogo. Množico vseh konfiguracij, ki jih dobimo z apliciranjem operacij na dano konfiguracijo, imenujemo »okolica« dane konfiguracije.
- Pri lokalni optimizaciji pregledamo okolico dane konfiguracije in se potem pomaknemo v optimalno konfiguracijo v okolici. Potem ta postopek ponovimo v novi konfiguraciji.
- Zgoraj navedeni postopek nas vedno pripelje do boljše konfiguracije ali konfiguracije, ki je od vseh konfiguracij v njeni okolici optimalna (lokalni optimum).

V obliki psevdo kode bi lokalno optimizacijo lahko zapisali na naslednji način:

k = začetna konfiguracija

$n = k$ // trenutno najboljša znana konfiguracija

$v = f(k)$ // vrednost najboljše znane konfiguracije; f je kriterijska funkcija

ponavljaj

O = okolica iz k

za vsako konfiguracijo r iz O

če ($f(r) < v$) { //smo dobili novo, boljše rešitev v okolici?

$n = r$

$v = f(r)$

če pri pregledu vseh r ni strogo boljše rešitve od k , končaj ponavljanje

$k = v$

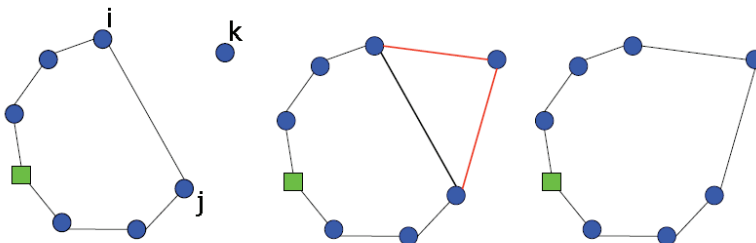
najboljša najdena vrednost je v

najboljša najdena rešitev je n

Poglejmo nekaj konkretnih operacij, s pomočjo katerih za dano konfiguracijo pridelamo sosednje konfiguracije!

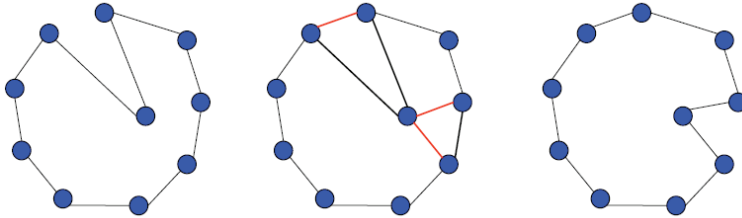
Najbolj enostavna operacija je operacija vstavljanja (angl. insertion): med dve obstoječi lokaciji v obhodu vstavimo novo lokacijo. Pri tem imamo toliko možnosti vstavljanja, kolikor je parov zaporednih lokacij. V obhodu imamo več možnosti, kamor lahko vstavimo novo lokacijo in s tem podaljšamo razvoz. To pomeni, da opis operacije v resnici predstavlja družino operacij, katere velikost je odvisna od velikosti cikla, ki ga predelujemo. Ta operacija nam omogoča sestavljanje ciklov za razvoze.

Slika 4.4: Operacija vstavljanja



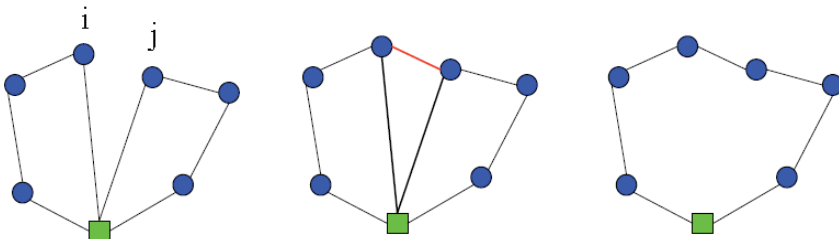
Operacijo vstavljanja uporabljamo v kombinaciji z operacijo brisanja v nekem drugem ciklu (preprosto odstranimo točko iz cikla ter sosednji točki direktno povežemo). Kombinacijo brisanja in vstavljanja imenujemo enotno kot operacijo »1-relocate«: vozlišče iztrgamo iz enega dela cikla (ali morda v drugem ciklu) in jo vstavimo v drugi del cikla (ali v del drugega cikla). To lahko naredimo tudi med dvema različnima cikloma (v resnici uporabimo operacijo odstranjevanja, ki je tu ne navajamo posebej, ter operacijo vstavljanja).

Slika 4.5: Operacija 1-relocate



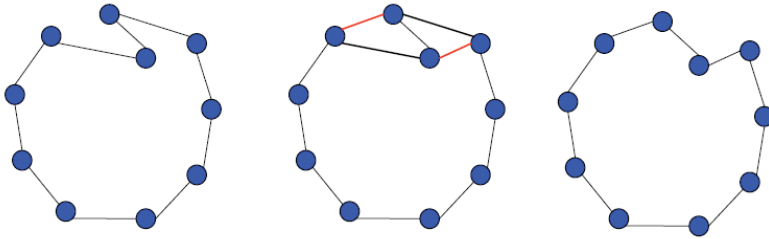
Pri operaciji Savings združimo dva cikla razvozov dveh vozil v enega in s tem zmanjšamo število vozil. To storimo seveda le, če ugotovimo, da je dolžina odseka i - j krajša kot dolžina povezav koncev obhodov, ki ju nadomestimo. Na sliki si moramo predstavljati, da povezave predstavljajo najkrajše možne poti med dvema lokacijama (v grafu omrežja je lahko na mestu povezav najkrajša pot čez več vozlišč, ki predstavljajo križišča, stičišča).

Slika 4.6: Operacija savings



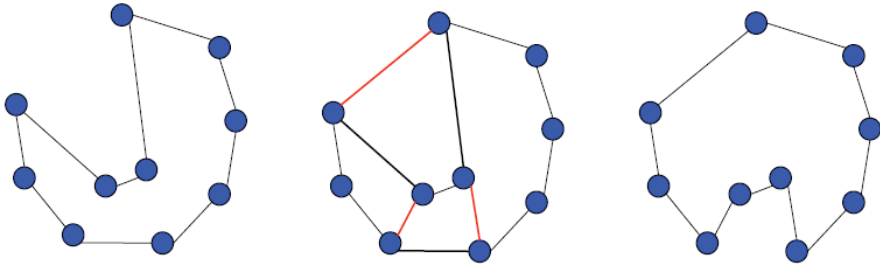
Pri operaciji 2-opt s prevezavo para v ciklu ustvarimo nov cikel.

Slika 4.7: Operacija 2-opt



Pri operaciji 2-relocate par zaporednih vozlišč iztrgamo iz enega dela cikla in ga vstavimo v drugi del cikla.

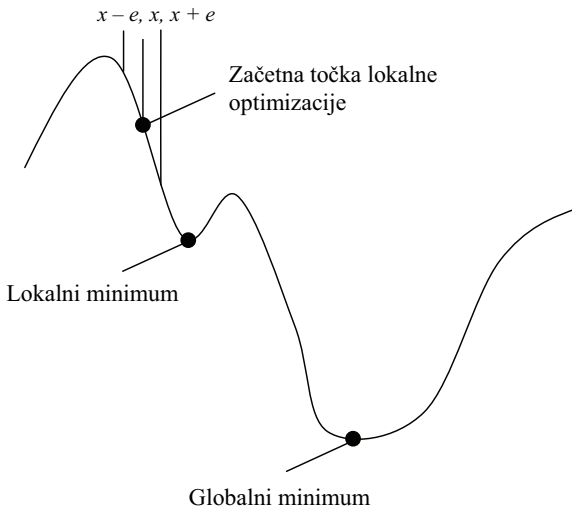
Slika 4.8: Operacija 2-relocate



Obstajajo še drugačne operacije, a zgoraj naštetje so najbolj preproste in tudi najbolj uporabljene. Za operacije, ki generirajo okolice, izberemo določeno (kratko) zaporedje izbranih operacij, pri čemer na vsaki ravni lahko izbiramo med vsemi smiselnimi operacijami v družini (npr. pri operaciji insertion to izvedemo za vse možnosti v vsakem ciklu). Kombinacija operacije 1-relocate med cikli za kreiranje drugačnih ciklov ter operacije 2-opt na posameznih ciklih je relativno enostavna in tudi učinkovita. S prvo zamenjujemo prejemnike med cikli, z drugo pa popravljamo posamezne cikle. Na ta način iz dane konfiguracije npr. najprej z uporabo 1-relocate, potem pa še z uporabo 2-opt in z izvedbo vseh možnih parov teh dveh operacij, generiramo okolico, v kateri potem najdemo trenutni optimum.

Postopek lokalne optimizacije je v splošnem torej relativno preprost – pogledamo sosedje in se vedno pomikamo v smeri boljšega. Lokalno optimizacijo si lahko lepo predstavimo na grafu funkcije, na katerem iščemo minimum. V poenostavitvi si predstavljamo, da x koordinate predstavljajo konfiguracije, okolice pa dobimo, če x rahlo povečamo ali zmanjšamo (npr. za določeno izbrano vrednost e). Če začnemo v začetni točki spodnje slike, nas bo lokalna optimizacija vodila v desno (in navzdol), saj je najmanjša vrednost v najbolj desni točki okolice. V prvem koraku se pomaknemo v $x + e$, nato bi se pomaknili še bolj v desno, dokler ne bi prišli v lokalni minimum. Potem bi se postopek ustavil.

Slika 4.9: Prikaz principa lokalne optimizacije za iskanje minimuma grafa funkcije



Vidimo, da nas ob nesrečno izbrani začetni konfiguraciji postopek lokalne optimizacije pripelje le do lokalnega minimuma. Pri NP težkih problemih je veliko lokalnih minimumov pri izbiri kakršnih koli smiselno majhnih okolice (torej dovolj majhnih družin operacij). Zato se kaj hitro zatakemo v kateri od njih. Alternativa je, če postopek ponovimo večkrat z različnimi začetnimi konfiguracijami. Glede na razpoložljivi procesorski čas lahko postopek ustreznokrat ponovimo. Na koncu izberemo najboljšega od lokalnih ekstremov.

Toda lokalni ekstremi so po svoje tudi pasti. Lokalna optimizacija nas namreč pripelje le do določenega lokalnega ekstrema. Bolj učinkovite so tako imenovane metahevrstike. Metahevrstike si lahko predstavljamo kot strategije upravljanja iskanj pri lokalni optimizaciji. Te strategije nam omogočajo, da izvajamo bolj učinkovito iskanje lokalnega ekstrema. Primeri takih metahevrstik so genetski algoritmi, simulirano ohlajanje in tabu iskanje. Algoritmi, ki uporabljajo tabu iskanje, so se izkazali kot relativno enostavni in učinkoviti za probleme, povezane z VRP. Danes pa so najmodernejši algoritmi tako imenovani »hibridni« algoritmi, ki kombinirajo vrsto različnih metahevrstik (Toth 2002).

Postopek simuliranega ohlajanja je nadgradnja postopka lokalne optimizacije. Med pregledovanjem konfiguracij znotraj enega iskanja pri lokalni optimizaciji (od začetne konfiguracije do lokalnega minimuma) simuliramo funkcijo padajoče temperature. Višina temperature nam predstavlja verjetnost, da bomo namesto premika v minimum okolice izvedli premik v smeri naključnega elementa okolice z verjetnostjo, enako vrednosti temperature. Na začetku iskanja je ta verjetnost večja, na koncu pa se zmanjša na 0. Postopek imitira naraven postopek iskanja toplotnega minimuma sistema, pri čemer lahko delci na začetku »divjajo«, potem pa se ustalijo. Ta način, seveda z ustrezno nastavljenostjo

temperaturo, nam omogoča, da z določeno dovolj majhno verjetnostjo raje skačemo v nepričakovane smeri iskanja, kot da bi slepo sledili minimumu.

Metahevrstika »tabu iskanje« (angl. tabu search) nam omogoča »bežanje« iz lokalnih ekstremov na ta način, da glede na zaporedje potovanja med konfiguracijami med izvajanjem lokalne optimizacije na določen način prepovemo, da bi se vračali v že pregledane konfiguracije. To po navadi storimo tako, da prepovemo premikanje v določene konfiguracije iz okolice, npr. tiste, iz katerih smo prišli oziroma smo jih že pregledali. Po navadi je prepoved nekoliko bolj drastična, in sicer v obliki prepovedi določenih operacij za generiranje okolice.

Na primeru iskanja minimuma v grafu bi si lahko predstavljali, da ko enkrat pridemo v lokalni minimum iz leve, smemo iti samo še strogo v desno za vsaj določen fiksen korak. Tako se ne smemo vračati v levo, četudi so tam boljše (manjše) vrednosti, temveč smo prisiljeni iskati najboljšo od slabših rešitev. Tako lahko pobegnemo iz lokalnega minimuma.

Ker moramo za vsako konfiguracijo pregledati njeno okolico, iskanje izboljšamo, če pregledujemo le sosednje konfiguracije, ki jih še nismo pregledali. Praviloma se namreč okolici zaporednih konfiguracij pri lokalni optimizaciji v velikem delu ujemata.

Pri genetskih algoritmihi namesto pregledovanja okolice vodimo zbirko trenutno najbolj perspektivnih konfiguracij (izbrana populacija). Med njimi izberemo nekaj najboljših in potem s pomočjo različnih operacij, ki praviloma vključujejo produkcijo novih konfiguracij iz parov obstoječih, generiramo novo generacijo rešitev. Slabše konfiguracije nadomestimo z novonastalimi boljšimi in tako načeloma izboljšamo zbirko trenutno najboljših konfiguracij. Načini generiranja novih konfiguracij iz prejšnjih morda niso tako očitni. Predstavljamo si jih kot kombiniranje razvoznih ciklov iz različnih konfiguracij (»križanje«) ter dodatno naključno popravljanje (»mutacije«). Tako dobimo novo generacijo konfiguracij. Psevdo koda genetskih algoritmov je približno taka:

Izberemo začetno populacijo
Ovrednotimo člane populacije s kriterijsko funkcijo
ponavljaj
 iz populacije izberemo množico najboljših konfiguracij za reprodukcijo
 vzgojimo novo generacijo (s križanjem in mutiranjem)
 ovrednotimo člane nove generacije
 slabše člane obstoječe generacije zamenjamo z boljšimi novimi

V našem primeru genetskih algoritmov in simuliranega ohlajanja nismo uporabili, saj se je tabu iskanje izkazalo kot dovolj dobro. Prav tako smo naredili premišljen pregled okolice, pri katerem pregledujemo le dele okolice, ki jih še nismo pregledali.

Sicer pa je konkreten način uvedbe tabu iskanja v naš algoritem nekoliko bolj zapleten, saj je treba prepovedovati izvedbo določenih kombinacij operacij glede na to, kako je potekalo iskanje, in opis tega bomo tu preskočili (Taillard 1997).

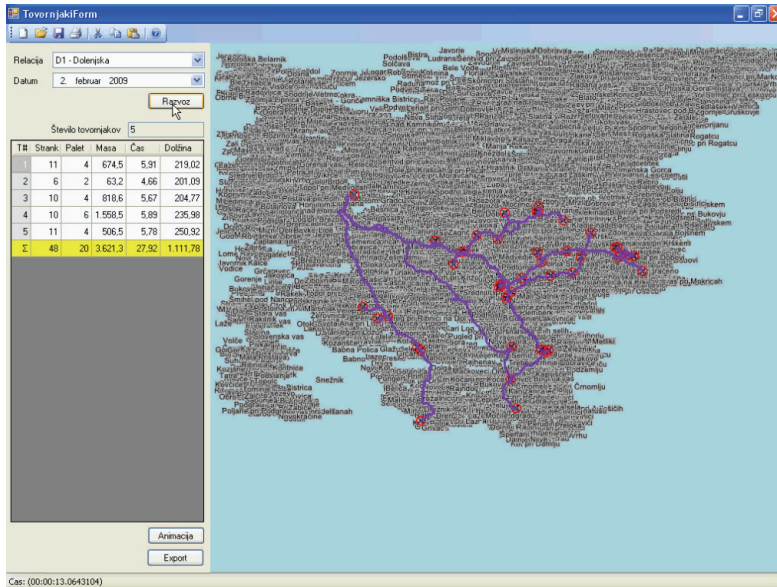
Pri takem načinu iskanja je zelo pomembna kriterijska funkcija ter odločitev, kaj so dopustne konfiguracije. Nekatere konfiguracije bi lahko bile nedopustne, bodisi zato, ker so cikli predolgi, bodisi zato, ker uporabljamo preveč vozil, ipd. Če določene konfiguracije proglasimo za nedopustne, so potem generirane okolice velikokrat manjše, ko pridemo do konfiguracij na meji dopustnosti. S tem dejansko omejujemo prostor iskanja na relativno grob način.

Klasičen alternativni pristop pa je, da določene konfiguracije raje penaliziramo v kriterijski funkciji, namesto da jih proglasimo za nedopustne. Tako dobimo nekoliko bolj zapleteno kriterijsko funkcijo, v kateri je več členov. Pri konfiguracijah, ki se nam zdijo smiselne, se upošteva le kriterije, ki so povezani s samim problemom, medtem ko pri konfiguracijah, ki pa prekršijo določene omejitve (in bi jih sicer proglasili kot nedopustne), komponento, ki tvori nedopustnost, dodatno penaliziramo, s čimer postane konfiguracija neugodna in algoritem bo poskušal »bežati stran od nje«. Tako lahko penaliziramo predolge poti, preveliko število tovornjakov, neenakomernost razporeditve na tovornjake ipd. Na ta način dosežemo veliko večjo svobodo pri iskanju rešitev glede na dosti bolj kompleksne omejitve. Dodajanje dodatnih omejitev je tu olajšano. Na ta način se lahko lotimo tudi bolj zapletenih in različnih VRP, to je VRP z dodatno omejitvijo dolžine poti (ki je smiselna, saj posamezen voznik lahko vozi le do 8 ur na dan) ter z omejitvijo terminov dostave (če npr. določene stranke želijo dostavo v določenem časovnem oknu). Omenjena problema sta znana pod kraticama VRPD (VRP with duration) in VRPTW (VRP with time windows).

Kot smo že omenili, uporabljamo za osnovno podatkovno strukturo graf cestnega omrežja, optimizacijo pa izvajamo na podgrafu, katerega vozlišča so lokacije dostave, povezave med lokacijami pa so najkrajše poti v cestnem omrežju. Glede računske intenzivnosti se je izkazalo, da je bolj smiselno računati najkrajše poti sproti in jih shranjevati, ne pa jih vnaprej preračunati. Za iskanje najkrajših poti se po navadi uporablja klasičen Dijkstrov algoritem (glej Wikipedijo). Ta omogoča iskanje najkrajših poti po grafu iz ene točke do preostalih. Četudi je število lokacij za dostavo nekaj 100, pa ima graf omrežja precej več točk (še križišča, stičišča ...). Dijkstrov algoritem sistematično dodaja povezave do novih vozlišč k obstoječemu podgrafu (drevesu) najkrajših poti s korenem v izbranem izhodiščnem vozlišču po principu, da dodamo povezavo do naslednje točke u , le če ta povezava tvori najkrajšo pot od izhodiščnega vozlišča do vozlišča u prek omenjenega drevesa. Načeloma na ta način izračunamo vse najkrajše poti od izhodiščnega vozlišča do vseh ostalih vozlišč, kar pomeni veliko odvečnega dela, saj nas prvenstveno zanima zgolj razdalja med dvema točkama. Z upoštevanjem zračnih razdalj med kraji lahko pregledovanje vozlišč, ki zaradi prevelike zračne oddaljenosti postanejo neperspektivna, odlagamo na čim poznejše pregledovanje v upanju, da bomo vmes že uspeli najti najkrajšo pot in nam teh vozlišč in možnosti poti prek njih ne bo treba obravnavati. Algoritmi, ki izvajajo iskanje možnosti na tak način, spadajo v družino tako imenovanih A* algoritmov. Tako tudi mi za iskanje najkrajše poti uporabljamo hibrid Dijkstrovega in A* algoritma, pri čemer najkrajše poti po potrebi sproti računamo in jih hranimo za poznejšo uporabo. Zavedati se moramo, da je shranjevanje najkrajših poti na omrežju z nekaj 10.000 vozlišči praktično neizvedljivo, saj bi porabili za nekaj 100 milijonov različnih najkrajših možnih poti preveč spomina.

Pri programskem orodju je za uporabo pomembna tudi vizualizacija, ki uporabniku omogoča izvedbo analize. Za prikaz GIS podatkov in izvedbo vizualnih simulacij izračunanih razvozov smo uporabili odprtokodno programsko rešitev SharpMap (vir: SharpMap 2009).

Slika 4.10: Uporabniški vmesnik programa aplikacije za optimizacijo



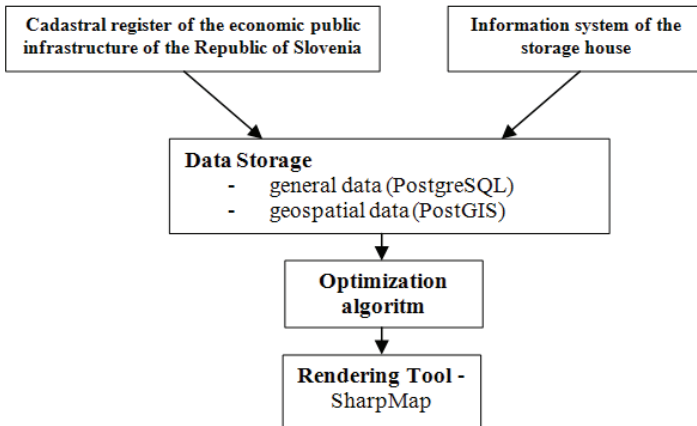
4.2.2 Testiranje in simulacije

Razvoj samega modela je vključeval implementacijo sicer že znanih algoritmov za optimizacijo razvozov in iskanje najkrajših poti, a ker gre za specifičen problem, je bila izbira postopka za lokalno optimizacijo in tabu iskanje prilagojena in uglasena na našo uporabo. Ker smo želeli, da bi sistem v zadovoljivem času rešil probleme velikosti, kot se pojavljajo v praksi (tj. do 800 dostav na dan), smo morali algoritme implementirati čim bolj učinkovito. V ta namen smo ustrezen računalniški program zasnovali tako, da je mogoče že izračunane podatke shraniti in pozneje vnovič uporabiti, s čimer smo si prihranili veliko računanja in zato izvedli boljši pregled prostora konfiguracij. Za optimizacijo dodeljevanja prevozov vozilom smo uporabili lokalno optimizacijo z večkratnim startom ali tabu iskanjem, kombinirano s kazenskimi metodami za penaliziranje kršenja omejitev. S tem smo dosegli precejšnjo pospešitev programa, torej s skrbnim vodenjem že izračunanih cen bližnjih rešitev in delnimi spremembami teh. V ta namen smo morali razviti posebno obliko vrste s prednostjo (podatkovna struktura za vodenje najboljših kandidatov po nekem kriteriju). Ker lahko iskanje z lokalno optimizacijo za različne startne konfiguracije izvajamo vzporedno, smo algoritme iskanja zasnovali tako, da lahko izkoristimo večprocesorsko in večjedrno arhitekturo današnjih modernih računalnikov, pri čemer si procesorji delijo isti spomin in tako lahko rezultate posameznih izračunov

(predvsem najkrajših poti) ta iskanja souporabljajo. Ker je prostor konfiguracij praviloma preobsežen, da bi ga lahko v doglednem času pregledali, ga vsakič pregledamo le del in praviloma se že po statistiki konfiguracije iz različnih, celo vzporednih, iskanj prekrivajo z zelo majhno verjetnostjo.

Arhitektura programskega orodja je prikazana na sliki 4.11.

Slika 4.11: Arhitektura programskega orodja



Simulacije so pokazale, da probleme razvozov s približno 500 lokacijami za dostavo lahko rešimo na klasičnem namiznem računalniku v manj kot petih minutah.

Konkretna specifikacija problema je bila naslednja:

- eno centralno skladišče v Ljubljani,
- stranke po vsej Sloveniji,
- 400–800 naročil na dan,
- okoli 30 transportnih vozil na voljo za razvoz,
- različni tipi vozil: kombiji, 8-tonski in 15-tonski tovornjaki,
- stroški premosorazmerni s prevoženo razdaljo in odvisni od tipov vozil.

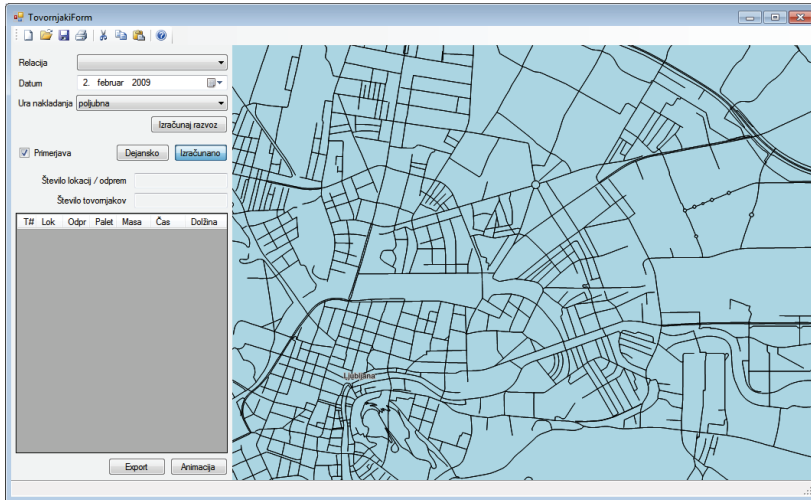
Omejitve, ki jih je bilo treba upoštevati, so bile naslednje:

- kapaciteta vozila (dovoljena teža oziroma število palet),
- časovni intervali za dostavo (določene stranke želijo dostavo ob določenih urah),
- omejitev dolžine razvoza enega vozila (poklicni vozniki lahko vozijo največ 8 ur na dan),
- pogodbene obveze (vsak ponudnik razvoza mora na mesec opraviti določeno minimalno število razvozov),
- razvozi so organizirani po regijah (tak način izhaja iz zatečenega stanja zaradi lažje »ad-hoc« optimizacije; regije lahko pozneje opustimo).

4.2.3 Predstavitev aplikacije

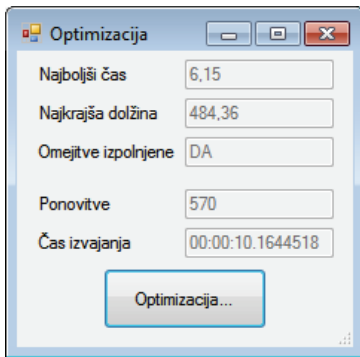
V naslednjih slikah prikazujemo aplikacijo.

Slika 4.12: Slika uporabniškega vmesnika aplikacije

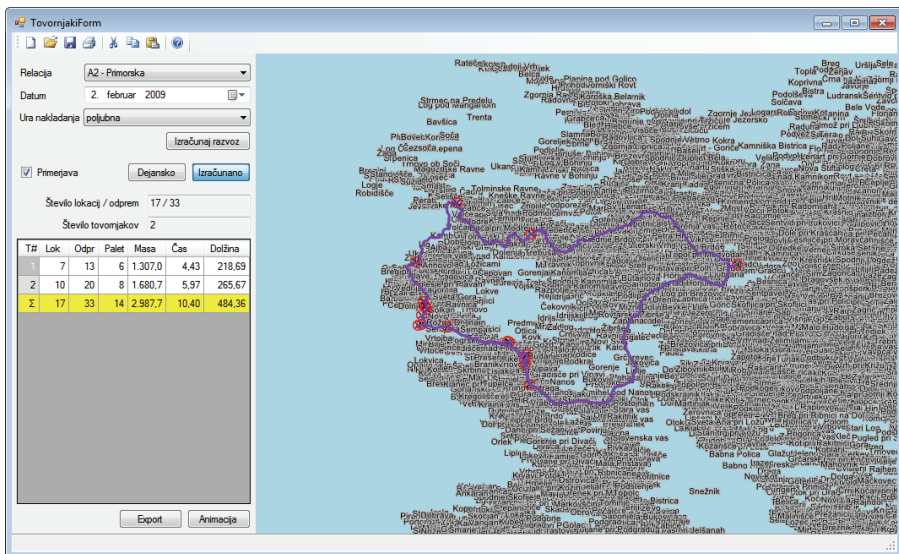


V začetnem oknu aplikacije so v levem delu nastavitve, v desnem delu pa je okviren izris cestnega omrežja, ki ga je mogoče premikati, povečevati in pomanjševati. Iz padajočega menija lahko izberemo relacijo, ki jo opazujemo in s tem razvažamo le dobrine, ki so bile namenjene za distribucijo na določeni relaciji na izbrani dan oziroma datum. Mogoče pa je optimirati razvoze vseh dobrin po vsej Sloveniji. V polju datum lahko nastavimo datum opazovanja (optimizacije). V podatkovni bazi aplikacije so trenutno le podatki za opazovano obdobje, tj. prva polovica februarja 2009. V polju ura nakladanja lahko izberemo uro nakladanja in se s tem osredotočimo na optimizacijo razvoza dobrin ob določeni uri. Z gumbom 'Izračunaj razvoj' začnemo postopek optimizacije. Pokaže se spodnje okno, v katerem vidimo napredek optimizacijskega postopka in ga lahko prekinemo, če predolgo traja, in za rezultat vzamemo trenutno najboljšo rešitev.

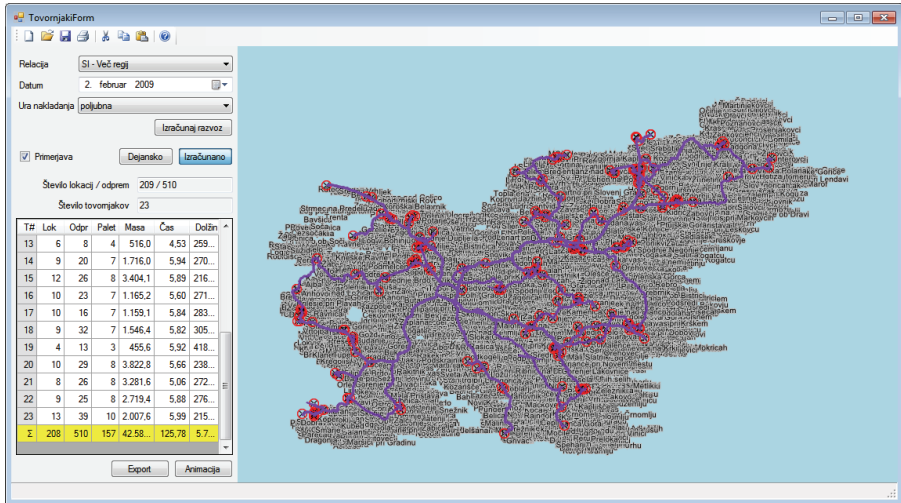
Slika 4.13: Okno za prikaz napredka optimizacije in za izvedbo preinitve



Slika 4.14: Primer optimizacije za regijo A2 – Primorska

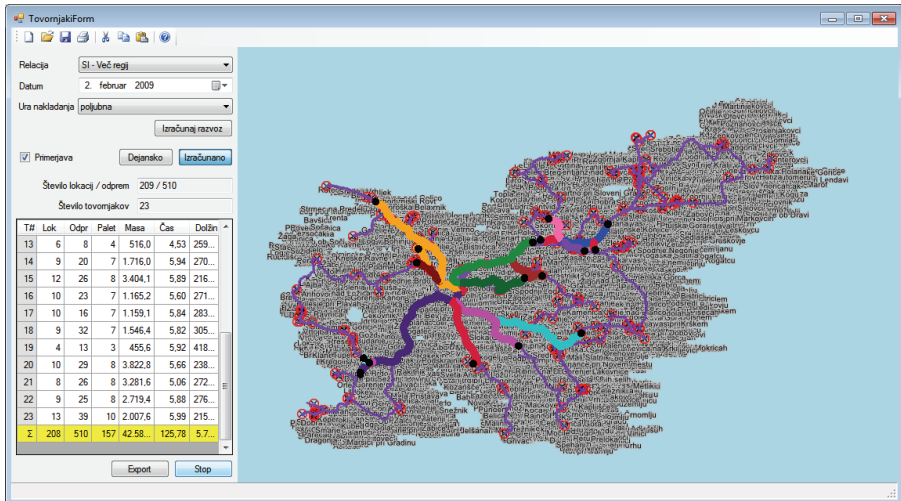


Slika 4.15: Primer optimizacije za vso Slovenijo



Slika kaže primer izračuna celodnevnega razvoza po vsej Sloveniji za dan 2. februar 2009. Ko je razvoj izračunan, lahko s pritiskom na gumb Animacija izvedemo animacijo, ki nakaže, kako bi potekala optimalna organiziranost razvozov.

Slika 4.16: Animacija razvozov



S pritiskom na gumb Export lahko dobimo podatke o razvozih v besedilni obliki.

4.2.4 Sklepi in priporočila za management

Sklep 4.1. Obstaja potencial za optimiranje razvozov. Za obdobje prve polovice februarja 2009 smo primerjali naše rešitve za optimalne razvoze ter optimalne razvoze glede na vozila, ki so bila dejansko naložena v tem obdobju. Ugotovili smo, da obstaja potencial okoli 10 % izboljšanja pri enakih podatkih za oba tipa razvozov, kar se tiče cestnega omrežja (tj. specifikke posameznih cestnih odsekov niso upoštevane v celoti, npr. zelo ovinkasta cesta, cesta v hrib, cesta slabe kakovosti, tvegana cesta glede zastojev).

Sklep 4.2. Mogoče je, da prevozniki napihujejo cene. Glede na to, da trenutno ni mogoče dobiti hitre ocene predvidene dolžine poti glede na dispečirane dobavnice za posamezno vozilo, ter glede na to, da vozniki v zahtevke ne vključujejo dnevnih prevoženih poti, temveč v zahtevku podajo le število prevoženih kilometrov na 14 dni, obstaja manevrski prostor za manipulacije, ki ga vozniki gotovo izkoriščajo po grobi oceni za vsaj 10 %, zelo verjetno pa tudi za več. Naročnik sicer lahko posamezen zahtevek analizira, vendar ima na voljo le kumulativne podatke in nima orodja za oceno optimalne dolžine poti. Če bi naročnik tako orodje imel, bi lahko hitro ugotovil, ali voznikov zahtevek pomembno odstopa od ocene, in ukrepal.

Priporočilo 4.1. Odprava izgube informacijske sledljivosti tipov transportnih enot za posamezno dobavnico. Največje ozko grlo za prehod na optimizacijo je informacijska luknja, kjer se izgubi elektronska sledljivost podatkov o tipih transportnih enot, ki pripadajo določeni dobavnici. Kontrolorji namreč te podatke napišejo na dobavnice ročno, v računalniški obliki pa jih ni. Ker tega podatka ni v računalniški obliki, ni mogoče izvesti avtomatičnih optimizacij niti obsežnejših analiz za preteklost, saj ni elektronskih podatkov o tipu transportnih enot, ki zapuščajo skladišča zaradi posameznih dobavnic.

Zaradi tega vodstvo skladišča ne more imeti resnejše avtomatične ali statistično-analitične kontrole nad razvozi, optimizacija razvozov pa je tehnično onemogočena. Da bi odpravili to informacijsko luknjo, bi moral kontrolor ob kontroli za vsako dobavnico v računalnik vnesti tipe transportnih enot (npr. 3 palete, 4 škatle). Glede na trenutni promet v skladišču bi to pomenilo 400–800 dnevnih vnosov v računalnik. Ti vnosi bi lahko bili relativno hitri in varni (z vidika možnosti napak), če bi kontrolor imel terminal, na dobavninah pa bi bile črtni kode. Kontrolor bi poskeniral kodo dobavnice in SSCC kodo transportne enote, ki bi ji na terminalu določil tip (paleta, škatla, karton ...).

Priporočilo 4.2. Vodenje geolokacijskih koordinat prejemnikov. Ob vnosu vsakega prejemnika se zanj iz ustreznih podatkovnih zbirk določi Gauss-Kruegerjeve koordinate za dostavo. Trenutno pri določenih strankah vlada zmeda, saj je podan sedež podjetja, lokacija za dostavo pa je drugače. Ob naročilu bi moral biti podatek o koordinatah za dostavo merodajen.

Priporočilo 4.3. Elektronsko vodenje informacij o prevoženih poteh. Tehnologija je že tako napredovala, da imajo novejši telefoni srednjega ali boljšega kakovostnega razreda že vgrajene GPS sprejemnike, hkrati pa je mogoče na teh telefonih, ki imajo že operacijske sisteme, podobne tistim na računalnikih, enostavno razviti različne aplikacije. Take telefone je mogoče enostavno prirediti v naprave za sledenje potovanja voznikov in beleženje poti v realnem času. Priporočamo, da se ob morebitni nadgraditvi informacijskega sistema vključi še to funkcionalnost in s tem omogoči popolno

sledljivost izvajanja zunanjih storitev razvoza. Predvidevamo, da bi bila cena uvedbe take storitve ob trenutni zmožnosti dostopnih tehnologij relativno majhna. Je pa ta odločitev tesno povezana s celovito prenovo informacijskega sistema v smislu priporočila 1.

Priporočilo 4.4. Smiselna uvedba sistema za optimizacijo razvozov. Ocenjujemo, da bi verjetno bile mogoče izboljšave pri optimizaciji razvozov za okoli 10 % iz naslova boljših poti, zelo verjetno pa celo za več kot 10 % iz naslova kontroliranja in preprečevanja »napihovanja« stroškov, ki jih prijavljajo vozniki. Glede na to, da je mesečnih stroškov razvozov po naši oceni za okoli 150.000 evrov, bi s ciljno usmerjeno naložbo v vrednosti okoli 200.000 evrov, ki predstavlja manj kot 10 % skupne letne cene razvozov, lahko nadgradili informacijski sistem in ustvarili storitev, ki bi dolgoročno omogočila obvladovanje in znižanje stroškov razvozov. Seveda pa bi bil pri tem potreben dostop do vseh relevantnih podatkov v obstoječih podatkovnih bazah. Naročnik bi se lahko odločil za nakup tuje storitve ali pa bi angažiral domače visokotehnoško podjetje, ki se ukvarja z razvojem lastnih rešitev. Taka podjetja so v bližnji preteklosti nastala kot spin-off podjetja iz univerz in inštitutov. Nekatera takšna podjetja tudi tesno sodelujejo z IMFM in FM na podobnih projektih.

4.2.5 Navodila za nameščanje programske opreme

Programska oprema, ki je bila razvita v projektu, je prototipne narave. Gre za funkcionalen prototip (tipa »proof-of-concept«), ki pa bi ga lahko, če bi naročnik imel ambicije za dejansko uporabo, nadgradili do te mere, da bi postal praktično uporabno orodje v procesih. Zahteve za namestitve so naslednje:

- Microsoft Visual Studio 2008 – razvojno okolje v programskem jeziku C#,
- PostgreSQL – odprtokodna podatkovna baza,
- PostGIS – dodatek za upravljanje z GIS podatki na podatkovni bazi PostgreSQL,
- SharpMap – odprtokodna programska knjižnica za vizualizacijo GIS podatkov.

V prototipnem sistemu smo ustvarili lastno podatkovno bazo, ki temelji na naslednjih podatkih:

- naročila iz SVS Skladko za prvo polovico februarja 2009,
- kode dobavnic in transportne enote za prvo polovico februarja 2009 (popisano na roke),
- Gauss-Kruegerjeve koordinate lokacij prejemnikov v prvi polovici 2009,
- preglednica karakteristik tovornih vozil (povzeto iz podatkov, ki jih je posredoval naročnik),
- graf cestnega omrežja, pridobljen iz GIS podatkov o cestnem omrežju leta 2009, rekonstruiran iz Katastra javne gospodarske infrastrukture. Za te podatke smo dobili dovoljenje Geodetske uprave Republike Slovenije za uporabo za raziskovalne namene za obdobje trajanja projekta.

Če bi naročnik želel na podlagi tega orodja izdelati aplikacijo, ki bi dejansko podpirala proces dispečiranja v izbranem skladišču, bi bilo treba izvesti naslednje korake:

- kupiti komercialno licenco za cestno omrežje v Sloveniji (npr. TeleAtlas), ki se uporablja v GPS sistemih za navigacijo v vozilih in ki vsebuje tako cestno omrežje kot tudi naslove vseh možnih prejemnikov. Alternativa so GIS podatki Geodetske uprave Republike Slovenije, ki pa so zgolj osnovni podatki in niso tako natančno opremljeni s potrebnimi meta podatki za razvoze, zaradi česar bi bilo treba to omrežje opremljati z novimi in novimi podatki, ki bi jih posredovali vozniki (kritične ceste, zaprte ceste, hitrosti na odsekih itn.);
- izdelati ustrezen vmesnik na »živo« podatkovno bazo SVS Skladko;

- izdelati ustrezne grafične vmesnike za dispečerja (določitev razvozov), kontrolorja (vpis transportnih enot za dobavnice) in preverjevalca. Kontrolor bi po izvedbi kontrole moral za vsako dobavnico vnesti SSCC kode ustreznih transportnih enot (palet, škatel, ovojnic ipd.). Na podlagi teh podatkov bi dispečer s pomočjo aplikacije lahko oblikoval ustrezne razvoze in izvedel dispečiranje ter voznikom predpisal trase razvozov. Preverjevalci bi pri izplačilu zahtevkov voznikov kontrolirali njihove zahtevke in identificirali večja odstopanja, ki bi jih morali vozniki utemeljiti. Na podlagi utemeljitev bi v sistem vnašali dodatne informacije (npr. nevarni odseki, zaprte ceste), s čimer bi postal sistem bolj zanesljiv.

5 Optimizacija izrabe skladiščnega prostora

S procesnega vidika so skladišča enote začasnega hranjenja artiklov na poti od proizvajalca do stranke v logistični verigi. Uporabljamo jih bodisi za kratkoročno hrambo artiklov z namenom ohranjanja potrebnih zalog za distribucijo bodisi za dolgoročno hranjenje. V dolgoročno hrambo gredo artikli, ki se bodo predvidoma distribuirali po daljšem časovnem obdobju in so bili nabavljeni bodisi zaradi ugodne cene (običajno zunaj sezone) bodisi jih je treba hraniti zaradi relativno visoke vrednosti v primerjavi s stroški skladiščenja v pričakovanju čimprejšnje prodaje (pri čemer čas prodaje ni znan vnaprej).

Od tega, kakšen je namen posameznega skladišča (hramba za distribuiranje ali daljša hramba), je odvisen tudi režim delovanja skladišča, opremljenost, število zaposlenih, informatizacija, logistična dostopnost in podobno. Posvetili smo se predvsem informacijskemu vidiku oziroma podpori delovanja opazovanega skladišča SDC. Naše naloge so bile naslednje:

1. analiza podatkovnega modela (podatkovne baze) v obstoječem informacijskem sistemu,
2. identifikacija možnosti za nadgradnjo podatkovnega modela,
3. identifikacija možnosti za optimizacijo izrabe skladiščnega prostora,
4. razvoj za orodja za podporo optimizaciji izrabe skladiščnega prostora,
5. predstavitev izsledkov.

5.1 Analiza podatkovnega modela (podatkovne baze) v obstoječem informacijskem sistemu

Proučili in analizirali smo podatkovni model programa SVS Skladko. Gre za klasičen WMS (angl. Warehouse Management System), kjer artikle v danih pakiranjih sledimo po EAN kodah, transportne enote pa po SSCC kodah. Za vsako pakiranje (tj. za vsako EAN kodo) imamo na voljo osnovne enote mere artikla, ki so za artikel istega tipa v različnih pakiranjih normalizirana enota, če želimo opazovati pretok dobrin skozi skladišče. Na vhodni strani skladišča (dobava) se v bazi beležijo datumi naročil, ne pa tudi datumi dejanske dobave v skladišče. V splošnem določene transportne enote direktno končajo na lokacijah v skladišču in ohranijo SSCC kodo, druge se razporedijo na drugačne transportne enote in generira se nova SSCC koda. Stanje na lokacijah se vodi za vsako lokacijo posebej. Na posamezni lokaciji je lahko le en artikel in v podatkovni bazi se hrani le trenutno stanje na lokaciji. Na izhodu se med komisioniranjem beleži vsak odvzem z lokacije, s čimer je natančno določen odtok s posamezne lokacije in s tem odtok iz skladišča.

Največja slabost podatkovnega modela je, da se na lokacijah ne beležijo vse transakcije, tj. vsaka transakcija odvzema (poleg komisioniranja) in vsaka transakcija dodajanja oziroma spreminjanja. V podatkovni bazi se beleži le trenutno stanje. Ko se pojavi sprememba, se podatki o trenutnem stanju popravijo, zgodovina aktivnosti pa se izgubi.

Z vidika delovanja skladišča podatki o spremembah na lokacijah niso ključni, saj je pomembno le trenutno stanje. Z vidika sledljivosti pa je podatkovni model popolnoma neustrezen. Posledica tega je, da je samo iz podatkovne baze nemogoče ugotoviti, kdaj je določeno blago prišlo v skladišče in na katere lokacije je bilo na začetku razporejeno. Predvidevamo, da je podatke o tem, kaj od naročenega blaga je dejansko prišlo v skladišče, mogoče dobiti iz dobavnic, ki pa so na papirju in so za analize na velikih podatkovjih neuporabni, saj bi to zahtevalo ročno vnašanje množice podatkov in angažiranje večjega števila ljudi, kar pa ne bi bilo smiselno. Tako moramo to točko označiti kot informacijsko ozko grlo, ker ni informatizirana. Podobna situacija se dogaja na izhodu iz skladišča, kjer je informacija o tem, kaj gre na katero transportno vozilo, določena ročno (dispečer) in obstaja le na papirju (natisnjenih dobavnica). Zato s pomočjo elektronskih podatkov ni mogoče ugotoviti, kdo je odpeljal kakšno transportno enoto, razen če bi pregledovali veliko število dobavnic.

Prav tako ni mogoče izvedeti ničesar o tem, kako se je prelagalo blago v skladišču niti kakšno je bilo stanje na določen dan v skladišču. Sicer je slednje deloma rešeno s posnetki stanj lokacij na vsakih 14 dni, ki se uporabljajo za analizo obrata zaloga, a so brez natančnih podatkov o vstopu in izstopu blaga le deloma uporabni. Vse to je posledica navidez nedolžne odločitve, da se transakcije znotraj skladišča ne beležijo v podatkovni bazi. Ta odločitev je bila verjetno sprejeta na začetku delovanja skladišča okoli leta 2000, saj bi takrat beleženje transakcij znotraj skladišča pomenilo za nekaj faktorjev večjo podatkovno intenzivnost, kot jo predstavlja današnja podatkovna baza. Leta 2000 je bila to morda racionalna rešitev, ker so bili računalniki in spominske zmogljivosti precej bolj omejene, odločitev pa bi lahko implicirala precej višjo ceno informatizacijske opreme. Posledica te odločitve pa je, da je dogajanje v skladišču v preteklosti mogoče rekonstruirati le v omejenem obsegu.

5.2 Identifikacija možnosti za nadgradnjo podatkovnega modela

Če namerava družba dolgoročno uporabljati to skladišče s ciljem optimirati delovanje, predlagamo, da začne nadgrajevati informacijski sistem, da bi zapolnila navedene informacijske vrzeli. Naj jih naštejemo:

- a) Elektronsko beleženje vseh transakcij znotraj skladišča. Kot transakcije se šteje vsaj to:
 - o odvzem X enot mere/pakirnih enot/transportne enote iz lokacije L ob zabeleženem času,
 - o dodajanje X enot mere/pakirnih enot/transportne enote na lokacijo L ob zabeleženem času,
 - o izpraznjenje lokacije,
 - o zasedanje prazne lokacije.
- b) Elektronsko beleženje časa in količine naročenega blaga glede na naročilo (kaj je prispelo, kdaj in koliko).
- c) Elektronsko beleženje velikosti oziroma tipov transportnih enot pri komisioniranju.

- d) Elektronsko beleženje določitve razporeditve transportnih enot na vozila pri razvozu.

Tako bo vzpostavitev a) omogočila natančno sledljivost dogajanja v skladišču in pretoka blaga. Vzpostavitev b) bo prispevala k natančnejšemu popisu vstopanja blaga in kontrole vhoda blaga v skladišče. Vzpostavitev c) je osnova za morebitno avtomatično optimizacijo dispečiranja in določanje razvozov. Trenutno smo morali za 14 dni informacijsko vrzel za potrebe preizkusa algoritmov zapolniti tako, da smo ročno vnesli šest 10 centimetrov debelih fasciklov dobavnic. Vzpostavitev d) bo omogočila sledljivost razvozov in analizo.

Zavedati se je treba, da je narava podatkov v skladišču sezonska. Trendi iz prejšnjega leta nam lahko pomagajo pri odločanju za naročila v naslednjih letih (s pomočjo ustrezne informacijske podpore). Če ne poznamo dogajanja v skladišču natančno, je praktično nemogoče izkoristiti zmožnosti elektronske obdelave podatkov za ustrezno podpre odločanju.

Če bi bile izpolnjene vsaj te informacijske vrzeli, bi bilo mogoče razviti sistem, ki bi omogočal inteligentno avtomatično ugotavljanje ležečih zalog in avtomatično naročanje. Ležeče zaloge so zaloge blaga, ki zasedajo skladiščne lokacije za daljše obdobje (za nekaj mesecev) in njihova premestitev v drugo skladišče ne bi vplivala na kakovost oskrbovanja. Ležeče zaloge se pojavijo, ko zaradi ekonomskih razlogov kupujemo poceni in »na zalogo«, da bi lahko pozneje prodajali z večjimi zaslužki. Tudi ležeče zaloge so pomembne z ekonomskega vidika. Z vidika učinkovitega tekočega oskrbovanja strank iz distribucijskega skladišča pa ležeče zaloge zasedajo »dragocene« lokacije in povzročajo občutek, da je skladišče premajhno. Identificiranje ležečih zalog in premik v druga skladišča je ključen pristop za sproščanje nepotrebno zasedenih lokacij in izboljšanje obrata zalog.

5.3 Identifikacija možnosti za optimizacijo izrabe skladiščnega prostora

Na voljo so nam bili naslednji podatki za obdobje 1. 1. 2008–1. 5. 2009, s pomočjo katerih smo lahko analizirali učinkovitost delovanja skladišča:

- posnetek stanja na vseh lokacijah na vsakih 14 dni,
- vsi odvzemi blaga na lokacijah pri komisioniranju,
- za vsak artikel v različnih pakiranjih je mogoče meriti količino blaga tega artikla v enotah mere (EM),
- datumi, količina in pakiranje naročil posameznega artikla (ne pa tudi datumi dejanskega prihoda v skladišče).

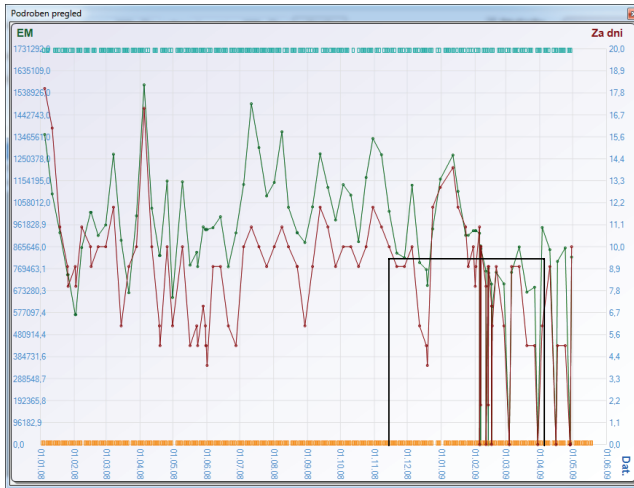
Na podlagi teh podatkov lahko določimo:

- stanje zalog v EM na vsakih 14 dni,
- v koliko dneh bi zaloga pošla glede na tekočo porabo,
- datume naročil in datume odpreme (komisioniranja).

Glede na to, da je treba vsak tip artikla gledati vsebinsko (na primer poraba gum je jeseni precej večja kot v ostalih obdobjih v letu), je za morebitne optimizacije nujno predvsem dobro orodje za analizo. Osnovna ideja je naslednja. Če se zaloge za določen artikel v EM nikoli ne zmanjšajo na nič, je to že znak možnosti za ležečo zalogo. Minimum zalog bi lahko bila ležeča zaloga. Ta del zaloge bi lahko

premaknili v drugo skladišče, da ne bi po nepotrebnem obremenjevala lokacij. A zavedati se je treba, da to potencialno poruši robustnost (zanesljivost) zalog. Če se zaloge v določenem trenutku zmanjšajo na nič in če zaradi določenega razloga zamudi dobava, se znajdemo v nerodni situaciji, ko ne moremo ponuditi (prodati) produkta. To utegne odvrniti stranke. Zato je treba takšne ležeče zaloge zmanjšati le do mere, da ne pridemo v omenjeno situacijo. Poglejmo primer (slika 5.1).

Slika 5.1: Primer zaloge cigaret



Na zgornjem grafu zelena črta nakazuje linearno interpolirano zalogo (vseh) cigaret v EM (skala na levi). Rdeča črta prikazuje število dni do pojava zalog (skala na desni strani). Črna horizontalna črta nakazuje minimum zalog v obdobju med črnima navpičnima črtama. Iz podatkov bi lahko razbrali, da je povprečje EM cigaret na lokacijo okoli 5.000. Približen račun $800.000/5.000 = 160$. Tako bi lahko v tem obdobju privarčevali 160 lokacij, če bi lahko v katerem koli trenutku spet nabavili ustrezne zaloge. Tako lahko ugotovimo, da nam trenutnih 160 »odvečnih« lokacij zagotavlja v tem obdobju približno 9 dni neodvisnosti. Če so naši viri za dobavo dovolj zanesljivi, da bi nam zadostovalo zgolj 5 dni zalog, bi lahko v tem obdobju sprostili $4/9 * 160 \sim 71$ lokacij. V tem primeru, ko gre za analizo kumulativnih podatkov za vse cigarete, je analiza morda nekoliko tvegana, če je variabilnost rokov dobave različnih dobaviteljev prevelika. Če bi šlo za en produkt, bi lahko zmanjšanje zalog dosegli s počasnejšo dobavo ali pa s preskladiščenjem.

V nadaljevanju bomo pogledali nekaj drugih primerov.

5.4 Razvoj orodja za podporo optimizaciji izrabe skladiščnega prostora

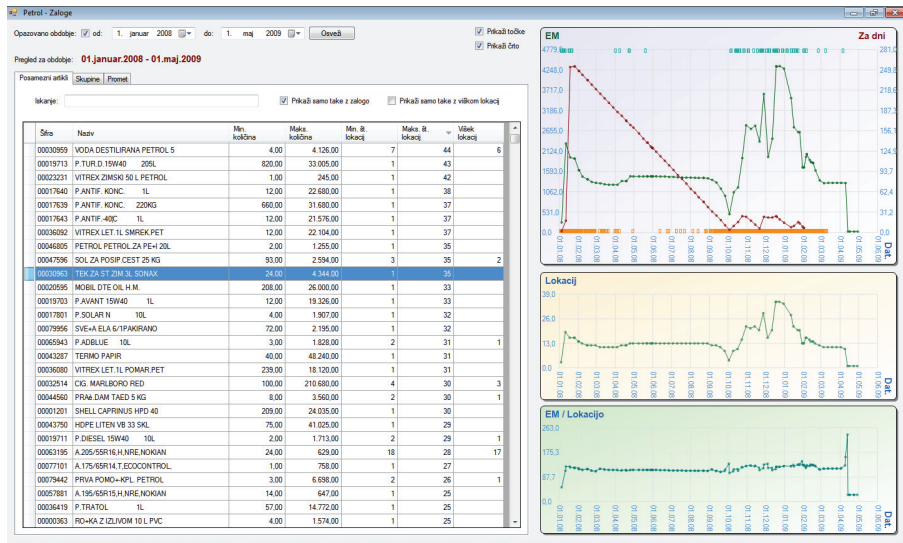
Za potrebe interaktivnih analiz smo razvili posebno eksperimentalno orodje za pregled podatkovne baze in izris ustreznih grafov. Orodje temelji na .NET platformi, izgrajeno je v okolju Visual Studio 2008, v programskem jeziku C#, kot podatkovno bazo pa uporablja Microsoft SQL. Orodje omogoča izbor časovnega intervala pregleda in v tem intervalu:

Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema

- pregled količine artikla (v EM), trajanje zaloge (v številu dni), termine naročil ter komisijoniranj, število lokacij in povprečje EM na lokacijo za posamezen artikel,
- pregled količine artikla (v EM), trajanje zaloge (v številu dni), termine naročil ter komisijoniranj, število lokacij in povprečje EM na lokacijo za skupine artiklov,
- pregled nabav in komisijoniranj.

Rezultati se prikazujejo tabelarično in v obliki grafa, ki se lahko linearno interpolira ali pa se nariše zgolj po točkah.

Slika 5.2: Uporabniški vmesnik aplikacije

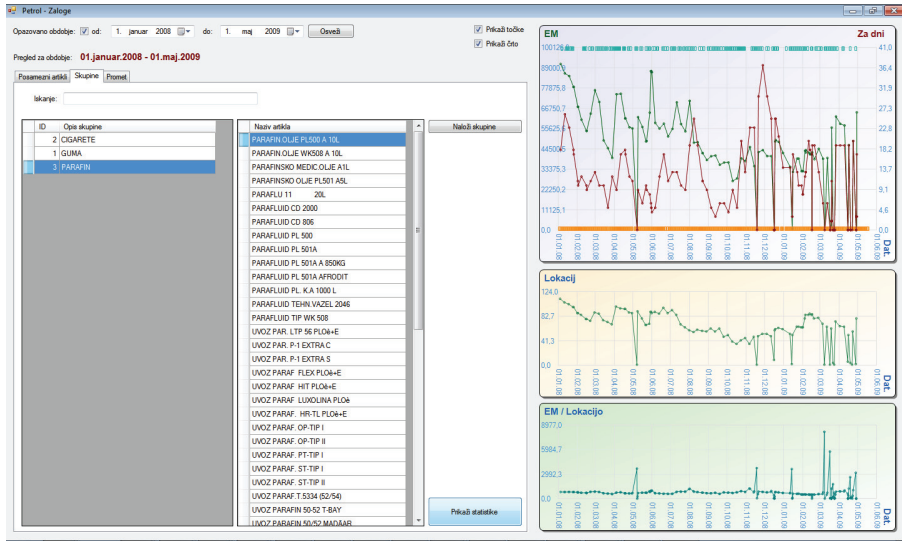


Grafični vmesnik aplikacije je relativno preprost. S pomočjo vnosnih polj za datume vnesemo opazovano obdobje in pritisnemo gumb Osveži. V preglednici na levem delu okna se nam izpišejo artikli z osnovnimi podatki, kot so šifra, naziv, minimalna količina v EM, maksimalna količina v EM, minimalno število zasedenih lokacij, maksimalno število zasedenih lokacij in višek lokacij, ki je definiran kot minimum lokacij, zmanjšan za 1, če je minimum večji od 1. Vsi ti podatki veljajo za opazovano obdobje. S pomočjo polja za iskanje lahko poiščemo posamezen artikel po nazivu ali po kakem drugem podatku. Za izpis preglednice pa lahko uporabimo filtra s prikazom samo artiklov z zalogo oziroma s prikazom samo artiklov z viškom lokacij. Na desni strani so grafi, ki prikazujejo zalogo v EM na 14 dni (leva skala, 1. graf), trajanje zalog, če ne bi bilo več dobav (desna skala, 1. graf), število zasedenih lokacij (2. graf) in povprečno število EM na lokacijo.

Na levi strani lahko namesto osnovnega in prvega zavihka Posamezni artikli izberemo zavihek Skupine. S pritiskom na gumb Naloži skupine lahko naložimo dodatne datoteke, ki definirajo nove skupine. Datoteke naj bi bile v formatu CSV, v 1. stolpcu naj bi bila šifra artikla, v drugem pa ime skupine, v katero ga uvrščamo.

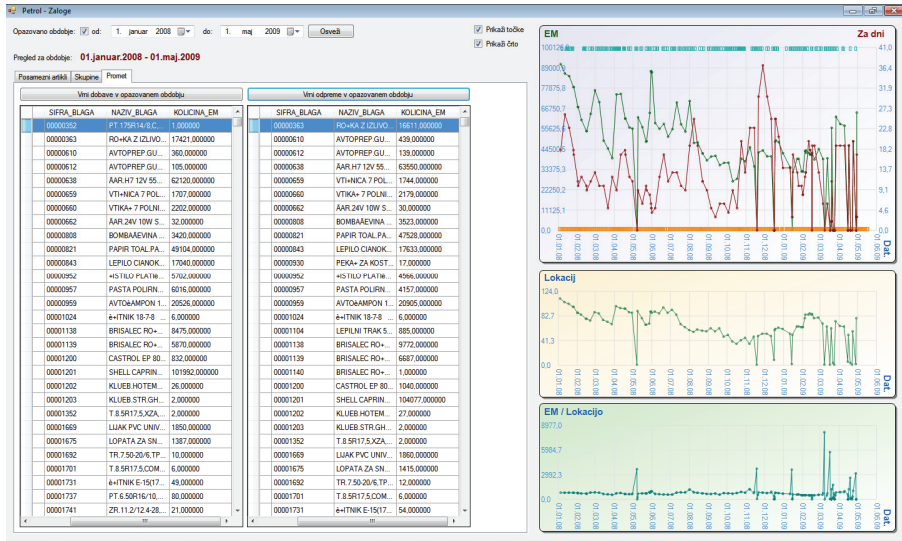
Prikazovalno okno je sestavljeno iz dveh stolpcev. V prvem so navedene skupine, v drugem pa artikli v posamezni skupini, in sicer v tisti, ki je izbrana v prvem stolpcu. S pritiskom na gumb Prikaži statistike se generirajo informacije za grafe na desni strani, ki prikazujejo kumulativne informacije za artikle v skupini.

Slika 5.3: Zavihek Skupine



Zadnji zavihek Promet prikazuje v prvem stolpcu izpise naročenih artiklov s šiframi, nazivom in količino v EM, v drugem stolpcu pa izpise odpredanih artiklov, prav tako s šifro, nazivom in količino v EM.

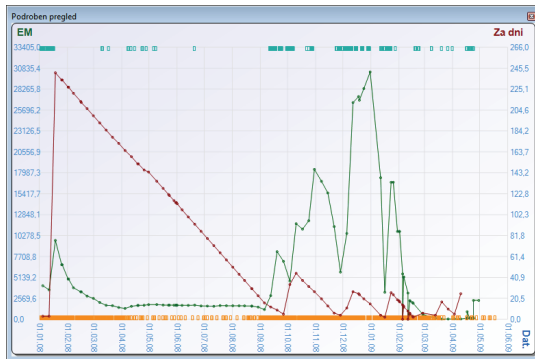
Slika 5.4: Zavihek Promet



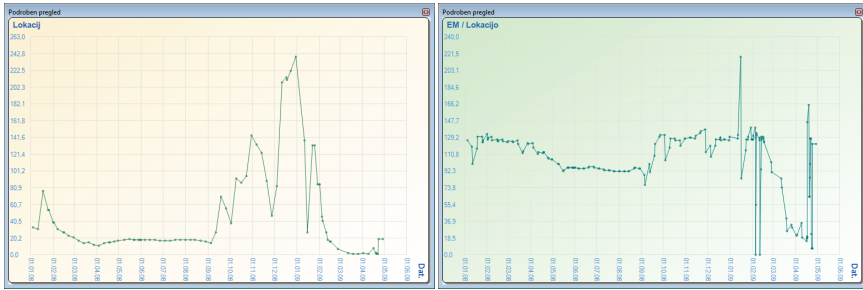
5.5 Analiza skladiščenja artiklov, ki v konicah zasedajo več kot 30 lokacij

V naslednjih slikah prikazujemo rezultate analize skladiščenja artiklov, ki v konicah zasedajo več kot 30 lokacij.

Slika 5.5: Vitrex (zimski, 4 I)

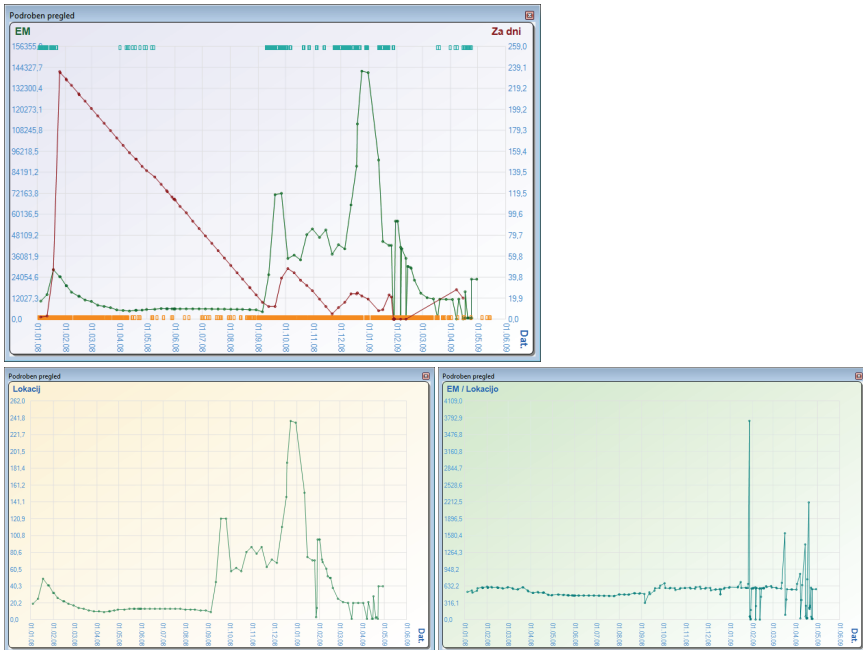


Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



Artikel Vitrex (zimski , 4 l) je v obdobju od februarja do julija 2008 po nepotrebnem zasedal približno 10 lokacij, ki bi jih bilo mogoče preseliti v drugo skladišče. Leta 2009 je bilo skladiščenje izvedeno bolj optimalno in lokacije niso bile po nepotrebnem zasedene. Zima je obdobje, ko je povpraševanje po tem artiklu povečano in preseže 240 lokacij.

Slika 5.6: Vitrex (zimski, 1 l)



Situacija pri artiklu Vitrex (zimski, 1 l) je podobna kot pri artiklu Vitrex (zimski, 4 l).

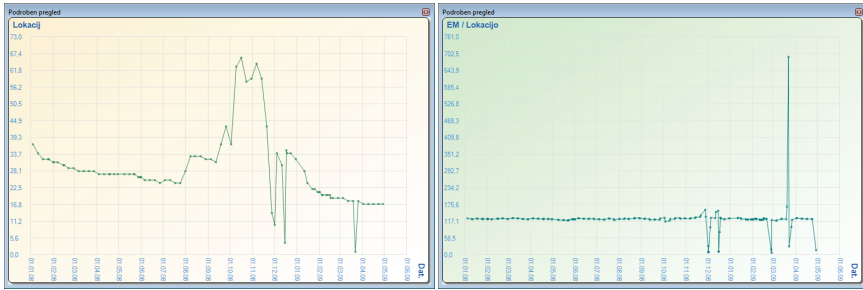
Slika 5.7: Oglje (3 kg)



Pri artiklu Oglje (3 kg) je v obdobju od maja do novembra 2008 obstaja potencial sprostitve 10–20 lokacij, če bi te izdelke preskladiščili. Povečanje zalog je povezano najverjetneje z nizko ceno po sezoni.

Slika 5.8: Antifriz (konc., 4 l)





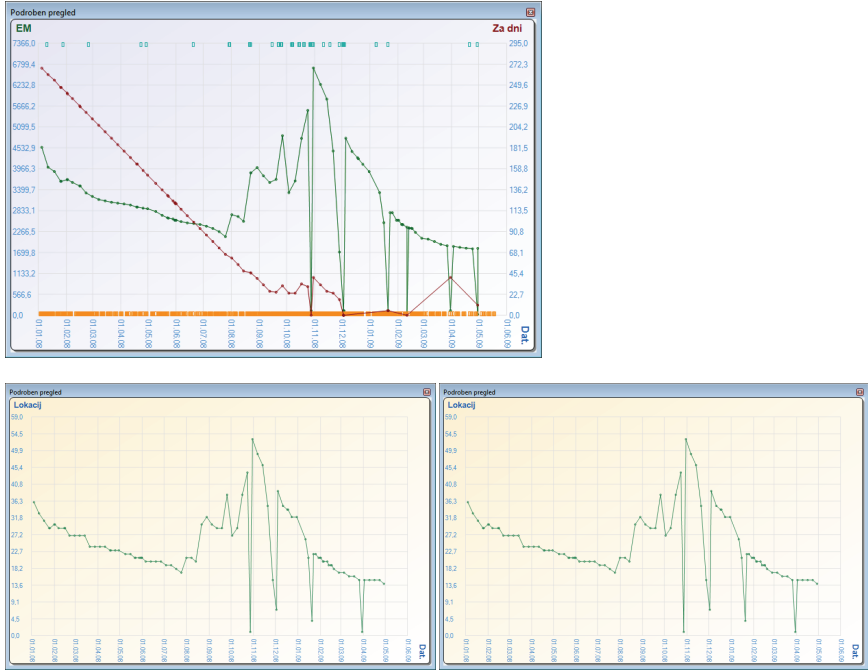
Pred začetkom leta 2008 so bile v skladišču velike zaloge artikla Antifriz (konc., 4 l) iz prejšnjih let (lahko bi preskladiščili 10–20 lokacij), ki pa se v začetku zime praktično hitro skoraj izprazni. Po tem se kaže trend padanja ležčih zalog.

Slika 5.9: Voda (destilirana, 50 l)



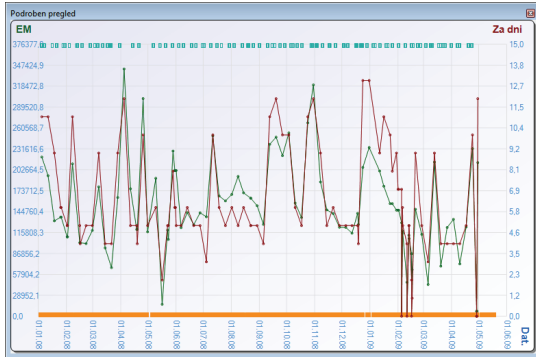
Pri artiklu Voda (destilirana, 50 l) se kaže trend velikega povpraševanja poleti, hkrati pa kopičenja zalog ob koncu poletja (verjetno zaradi ugodnih cen). V času največjih zalog se trajanje zalog giblje od 20 do 30 dni, čeprav kaže, da bi od septembra do novembra okoli 10 lokacij lahko preskladiščili.

Slika 5.10: Antifriz (-40 °C, 4 l)

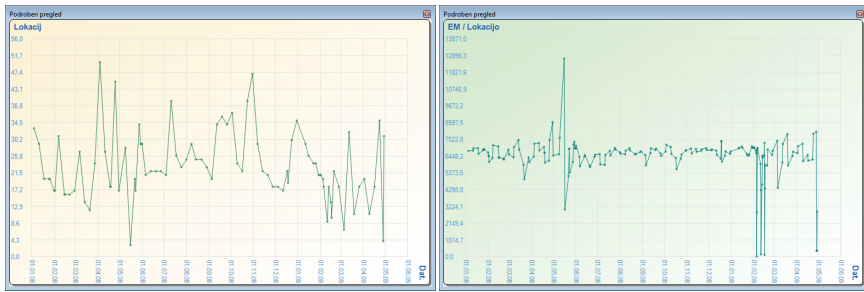


Pri artiklu Antifriz (-40 °C, 4 l) je bila podobna situacija kot pri artiklu Antifriz (konc., 4 l).

Slika 5.11: Cigarete Marlboro Gold



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



Ker gre za pri cigaretah Marlboro Gold za izdelek, ki ima visoko vrednost po volumnu, je iz grafov jasno vidna izrazita pozornost pri upravljanju zalog vse leto. Povprečje trajanja zalog je okoli 4 dni, kar je zelo blizu optimumu.

Slika 5.12: Sveča X



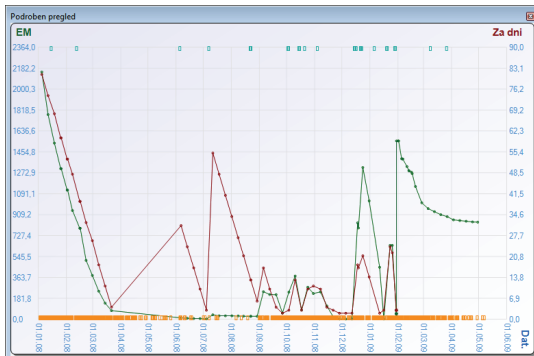
Sveča X ima čez leto relativno zmerno povpraševanje z izrazitim povpraševanjem okoli 1. novembra. Iz grafa je razvidno, da je bilo nabavljenih zelo veliko zalog, ki so potem še 2 meseca zasedale lokacije v skladišču. Ker gre za relativno kratko obdobje, to verjetno ni problematično.

Slika 5.13: Briketi (3 kg)

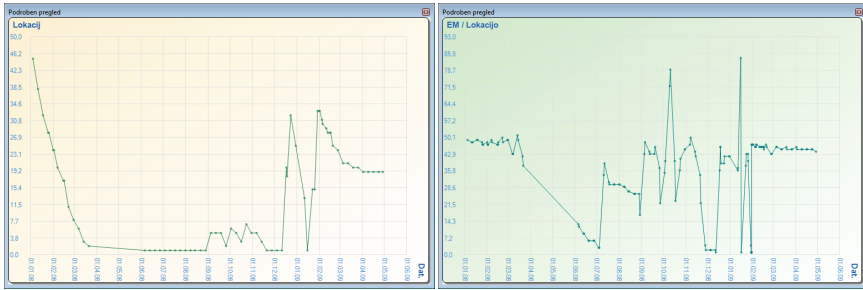


V obdobju od novembra 2008 do marca 2009 so imeli ležeče zaloge briketov (3 kg), ki so posledica nabav po poletni močni porabi. Vendar pa te ležeče zaloge pomenijo samo nekaj lokacij.

Slika 5.14: Petrolej (20 l)

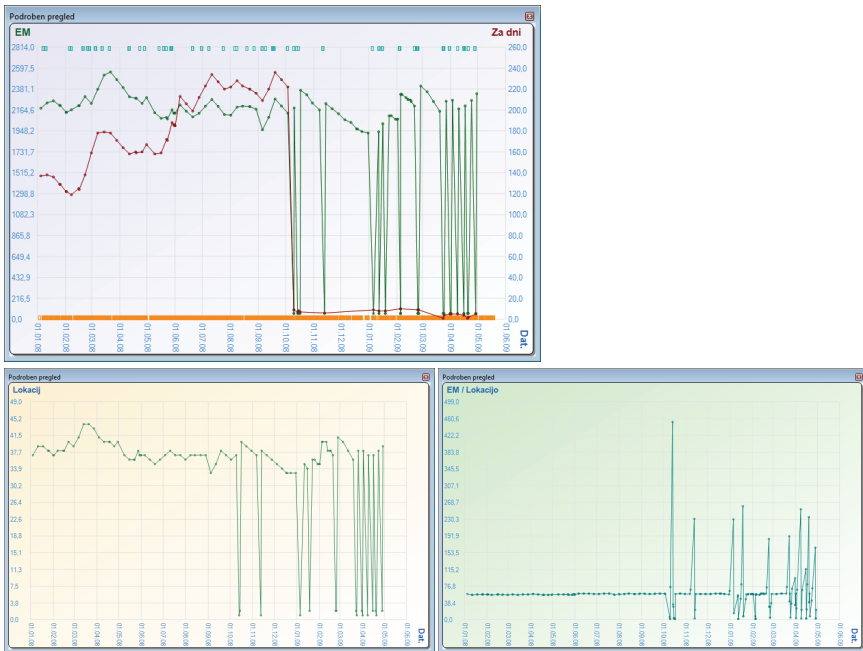


Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



Pred začetkom leta 2008 se je v skladišču nakopičila ogromna zaloga petroleja (20 l), ki je pokrila celotno povpraševanje čez zimo. Potem je zalog zelo malo. V zimi 2009 so se spet začele kopičiti zaloge pred zimo, a tokrat manj.

Slika 5.15: Motorno olje A (10 l)



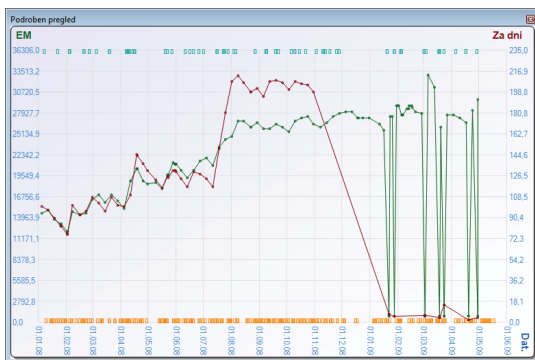
V prvem delu 2008 (do oktobra) podatki nakazujejo ležeče zaloge artikla Motorno olje A (10 l) na 10–20 lokacijah (trajanje zalog je zelo dolgo). Od oktobra 2008 naprej se dogajajo hitre izpraznitve zalog.

Slika 5.16: Voda (destilirana, 5 l)

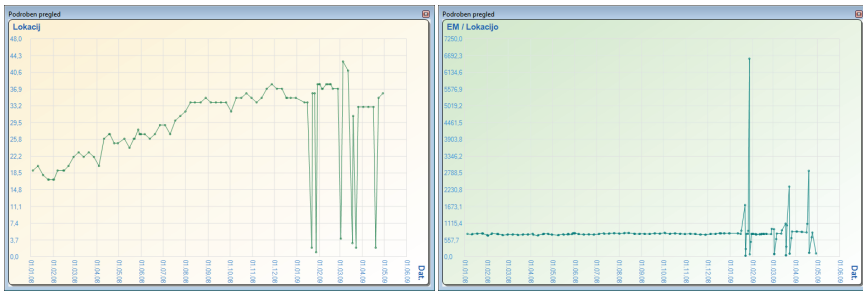


Glede na to, da je trajanje zalog artikla Voda (destilirana, 5 l) v povprečju okoli 15 dni, kaže, da je upravljanje s tem artiklom primerno.

Slika 5.17: Motorno olje B (20 l)



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



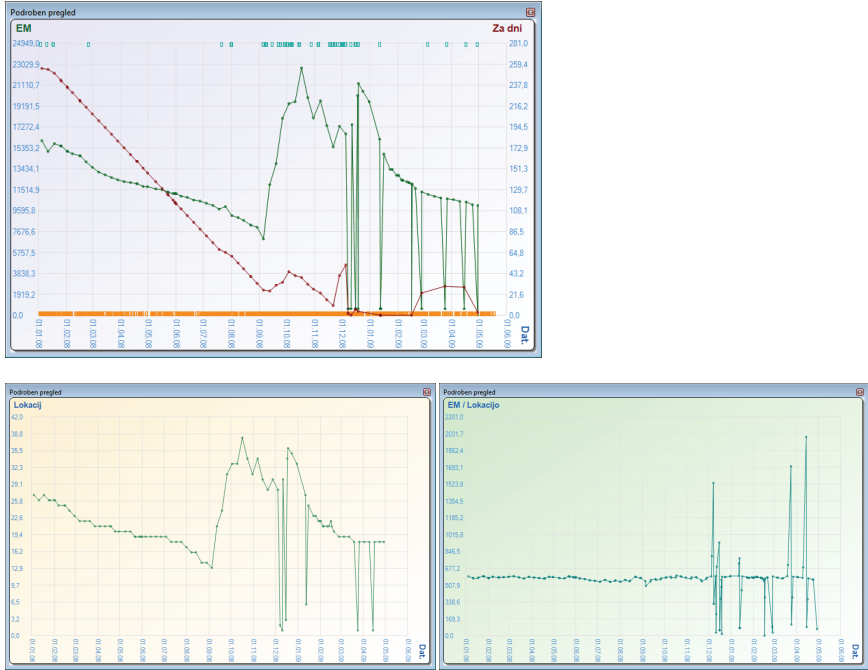
Pri artiklu Motorno olje B (20 l) so se leta 2008 začele kopičiti zaloge in do oktobra 2008 bi lahko preskladiščili do 10 lokacij.

Slika 5.18: Vitrex (zimski, 50 l)



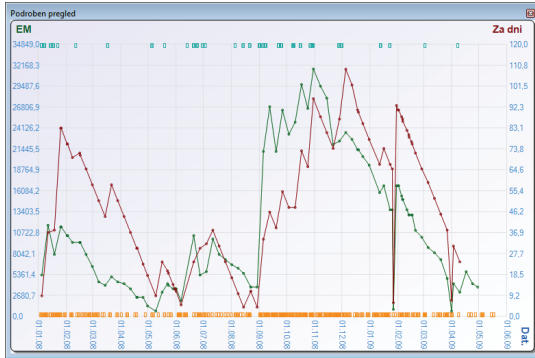
Poraba artikla Vitrex (zimski, 50 l) je v poletnem času zelo majhna in takrat bi lahko privarčevali nekaj lokacij.

Slika 5.19: Antifriz (konc., 1 l)



Pri artiklu Antifriz (konc., 1 l) je bila podobna situacija kot pri artiklu Antifriz (konc., 4 l).

Slika 5.20: Antifriz (konc., 220 kg)

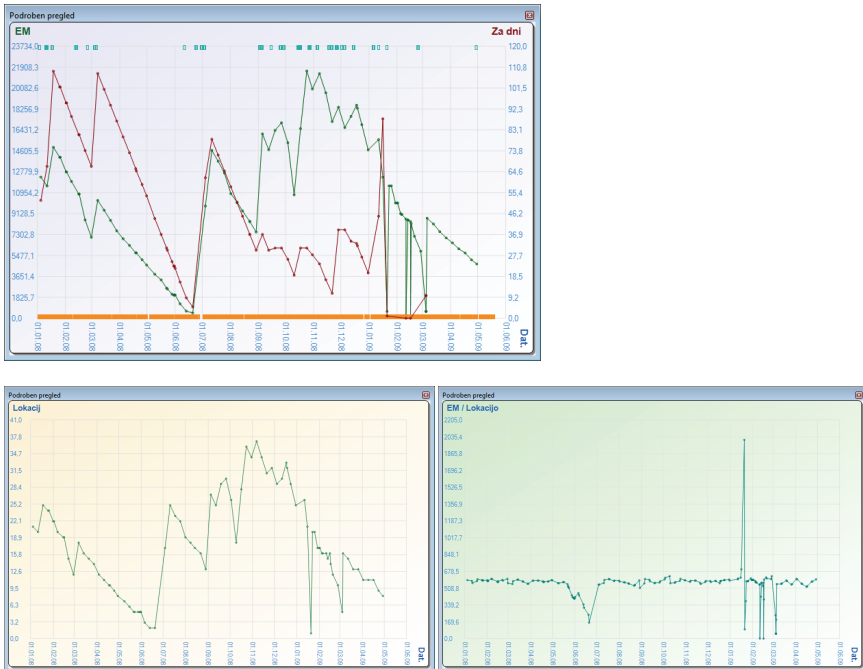


Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



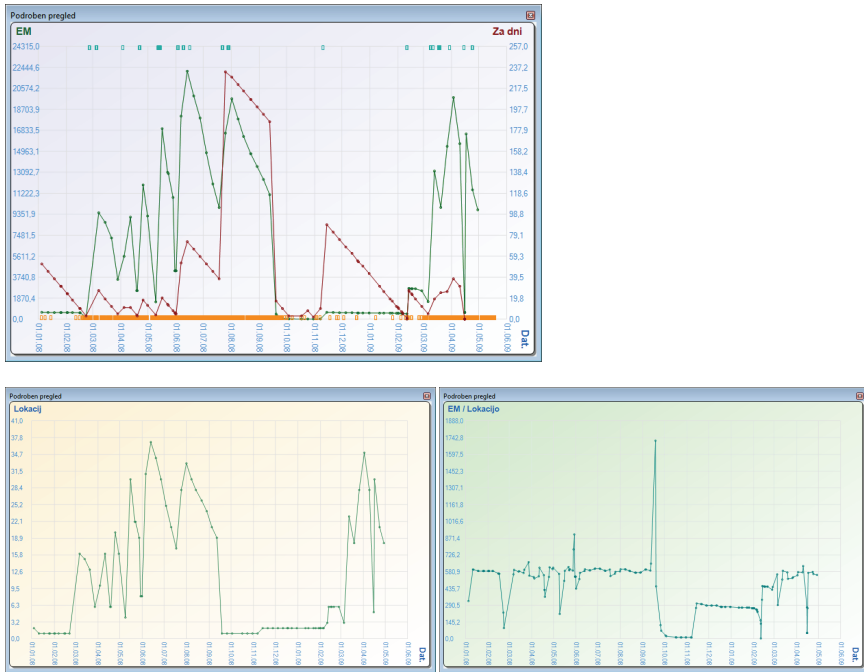
Če bi bila nabava artikla Antifriz (konc., 220 kg) bolj enakomerno razporejena od oktobra 2008 do januarja 2009, bi privarčevali 5–10 lokacij. Večji delež nabav je bil narejen tik pred zimo.

Slika 5.21: Antifriz (−40 °C, 1 l)



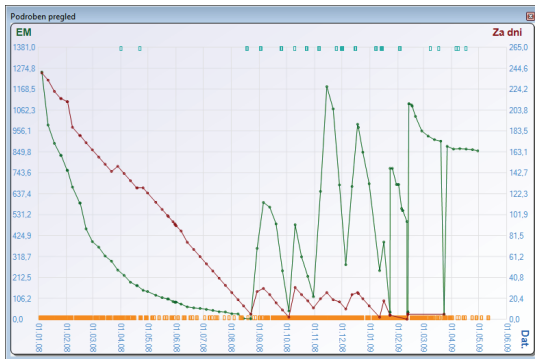
Pri artiklu Antifriz (−40 °C, 1 l) je vidna sezonska poraba artikla (jesen, zima). Po koncu sezone ostane okoli 20 lokacij zaloge, ki se počasi praznijo do poletja.

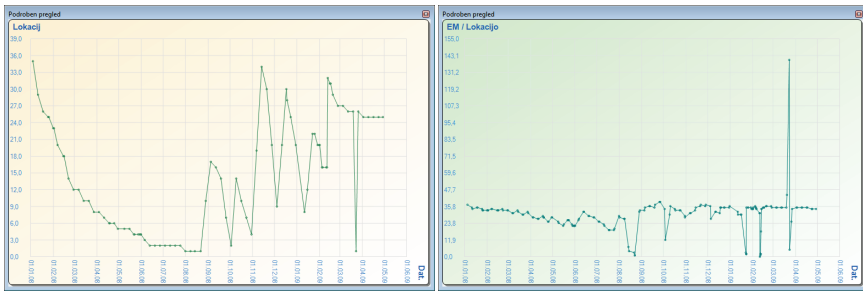
Slika 5.22: Vitrex (letni A, 1 l)



Konec poletja je prišlo pri artiklu Vitrex (letni A, 1 l) verjetno do »strateške« nabave, rezultata tega so bile ležeče zaloge na okoli 10 lokacijah za obdobje dveh mesecev.

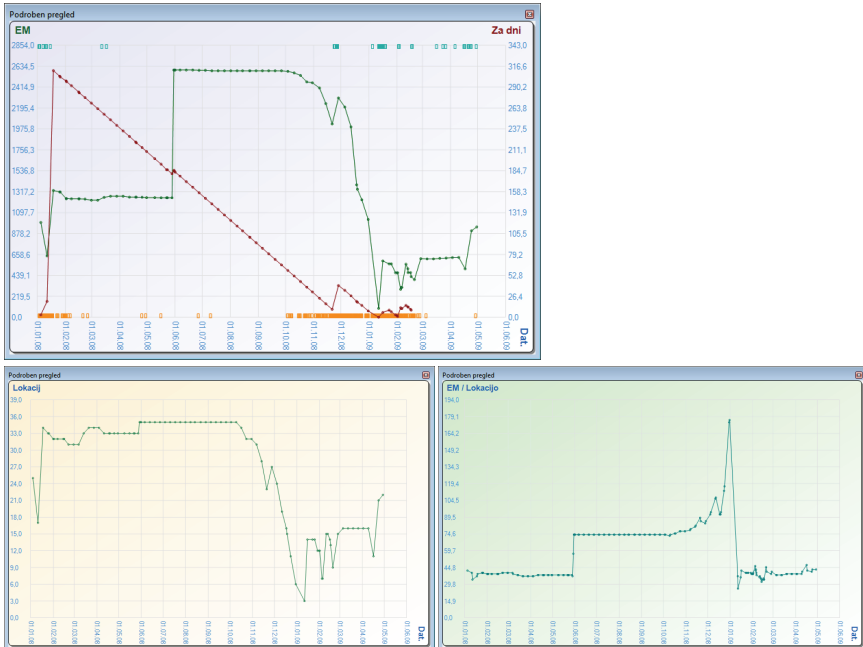
Slika 5.23: Artikel PE+I (20 l)





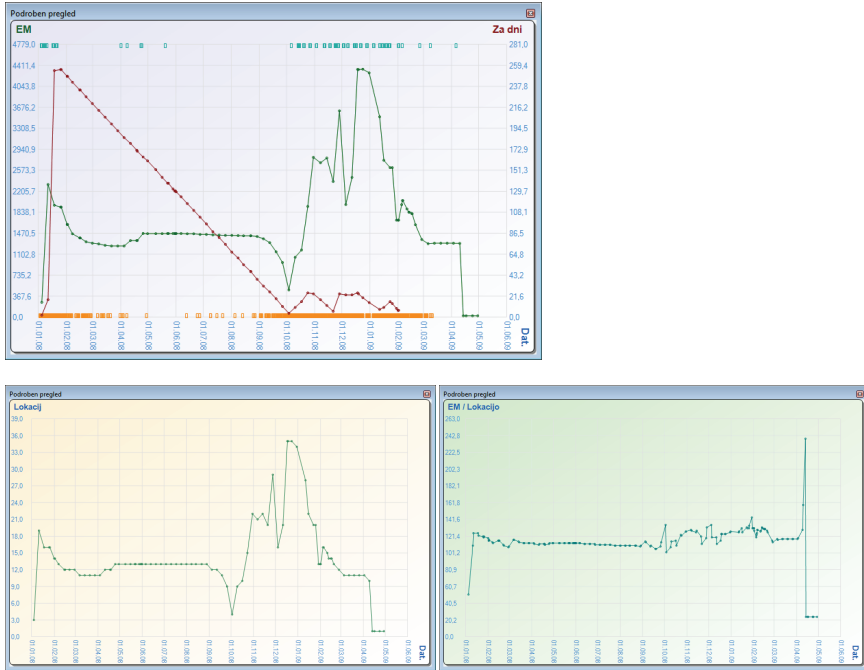
Artikel PE+I (20 l) je produkt z izrazito sezonsko porabo (jesen, zima). Kaže, da je bila v začetku leta 2008 velika količina vnaprej nabavljenih zalog.

Slika 5.24: Sol za posip cest (25 kg)



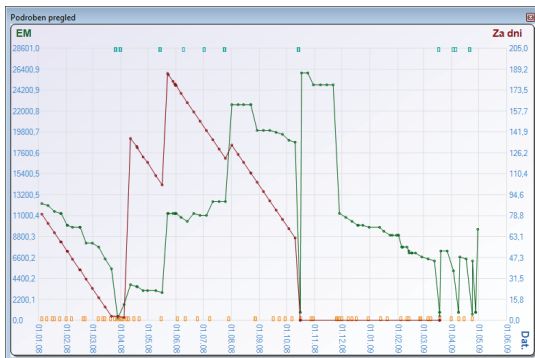
V začetku leta 2008 so obstajale velike zaloge soli za posipanje cest, ki so v skladišču stale do zime in so jih potem prodali. Sredi leta so se zaloge podvojile, ker pa so bile lokacije le delno zasedene, se je podvojitev izvedla z dopolnitvijo lokacij. S preskladiščenjem bi lahko za večji del leta 2008 privarčevali okoli 20 lokacij.

Slika 5.25: Tekočina za čiščenje stekel (3 l)



Tekočina za čiščenje stekel (3 l) je produkt, ki gre izrazito v prodajo v začetku jeseni in v prvi polovici zime, spomladi in poleti pa prodaja ni velika. Od maja do avgusta 2008 bi lahko preskladiščili okoli 10 lokacij.

Slika 5.26: Motorno olje C



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



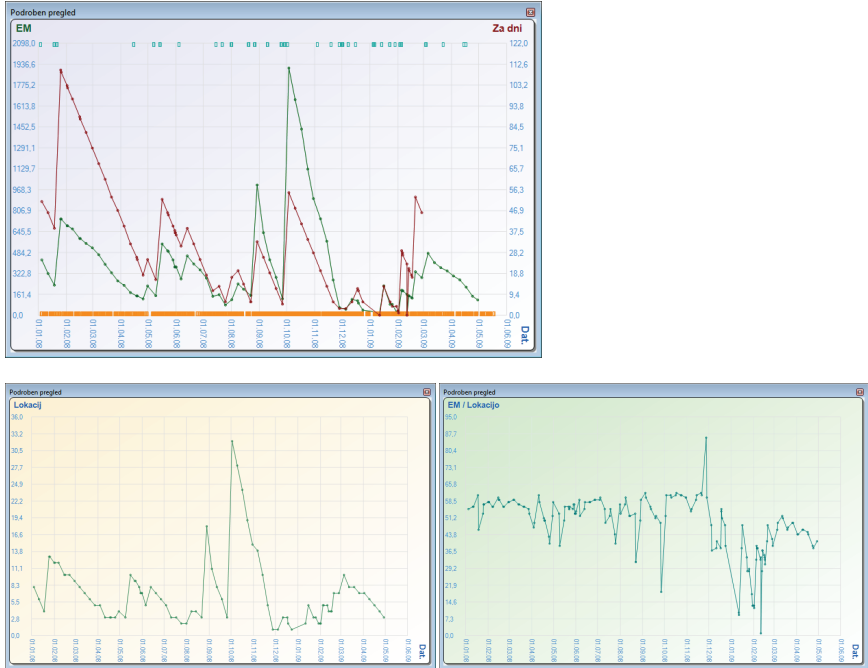
Povpraševanje po artiklu Motorno olje C je poleti manjše, zato bi morda bilo smiselno poleti artikel preskladiščiti (okoli 10 lokacij).

Slika 5.27: Motorno olje D (1 l)



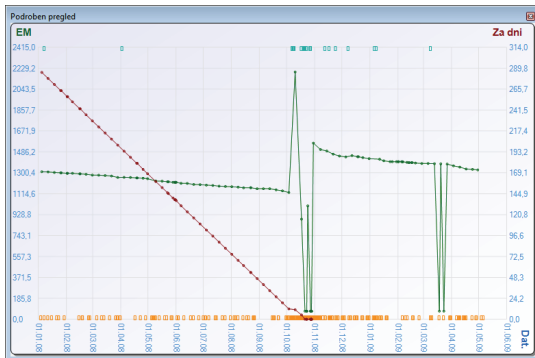
V drugi polovici 2008 bi artikel Motorno olje D (1 l) lahko preskladiščili (5–10 lokacij).

Slika 5.28: Sredstvo za centralno kurjavo (10 l)

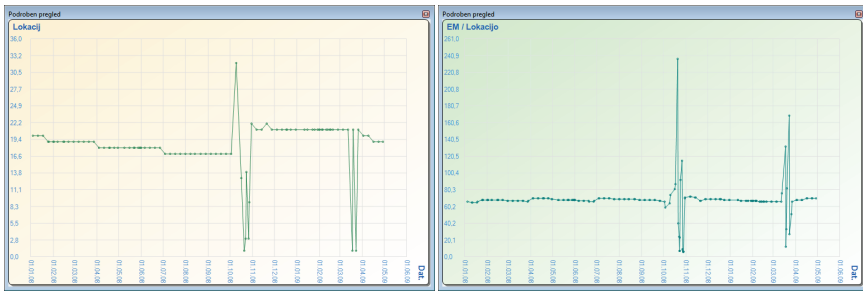


Skladiščenje artikla Sredstvo za centralno kurjavo (10 l) je zgledno urejeno in bistvenega števila sproščenih lokacij ne moremo doseči.

Slika 5.29: Sveča Y (6/1 pakirano)

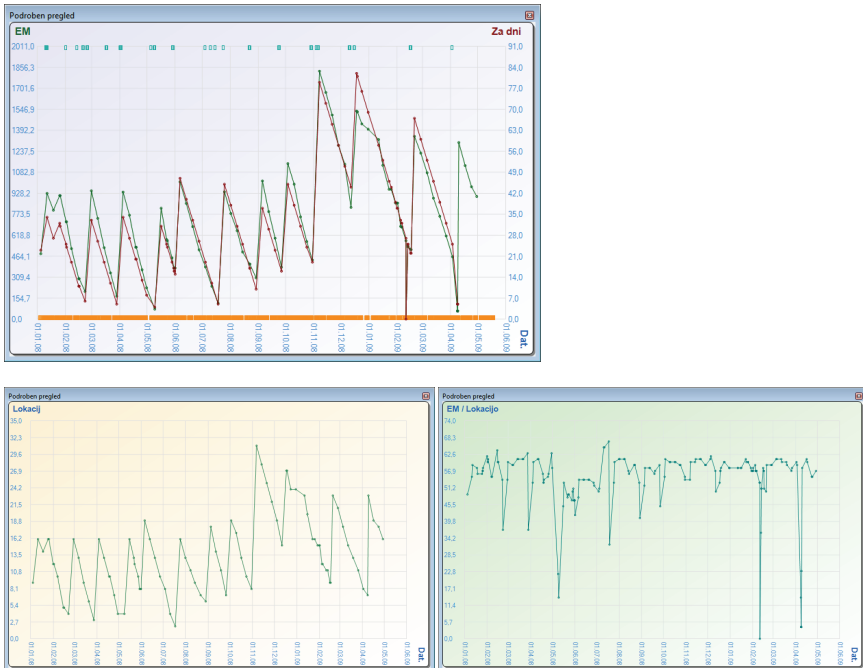


Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



Artikel Sveča Y (6/1 pakirano) ima ogromno povpraševanja v času 1. novembra. Artikel sicer pomeni ležeco zalogo in bi s preskladiščenjem lahko sprostili okoli 13 lokacij.

Slika 5.30: Dodatek za čist izpuh (10 l)



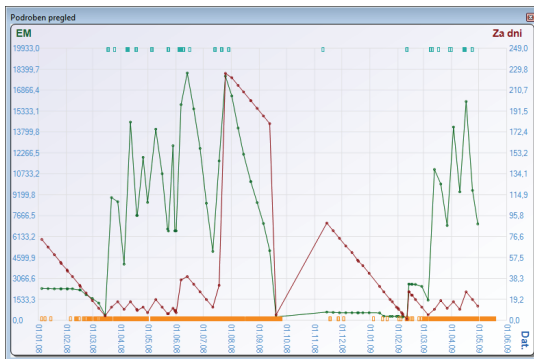
Artikel Dodatek za čist izpuh (10 l) ima periodično enakomerno povpraševanje. Konec leta 2008 in v začetku leta 2009 se je nabava povečala, kar je povzročilo ležeco zalogo na okoli 10 lokacijah.

Slika 5.31: Termo papir

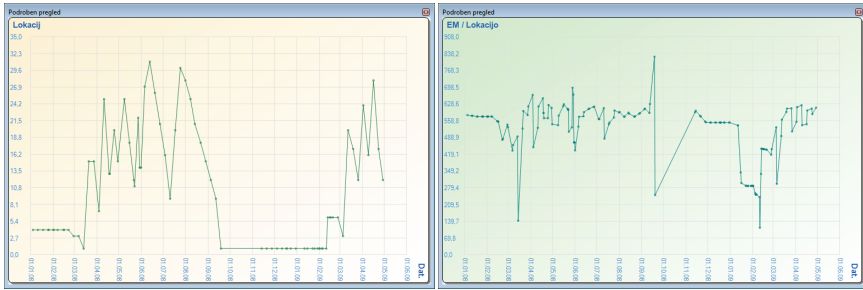


Vzorec skladiščenja artikla Termo papir kaže, da so se leta 2008 kopičile zalog zaradi pogostih dobav. Od novembra 2008 pa nabav praktično ni bilo in je zaloga v naslednjem obdobju počasi pojenjala.

Slika 5.32: Vitrex (letni B, 1 I)



Tehnična in ekonomska optimizacija logističnega sistema



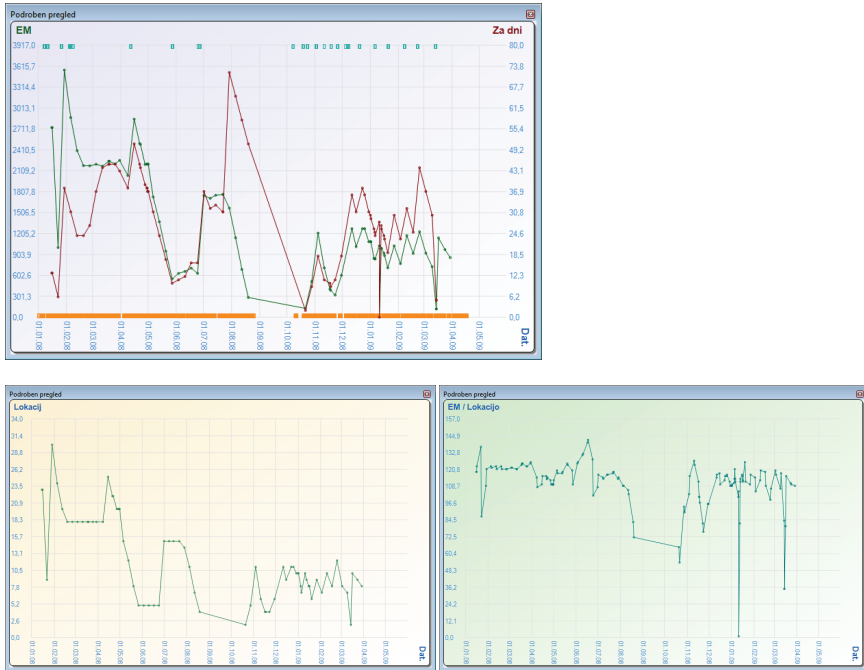
Ker gre za letno čisto, je povpraševanje po artiklu Vitrex (letni B, 1 l) večje spomladi in poleti. Jeseni in pozimi pa ga skoraj ni. Takrat so tudi zaloge minimalne.

Slika 5.33: Cigarete Marlboro Red



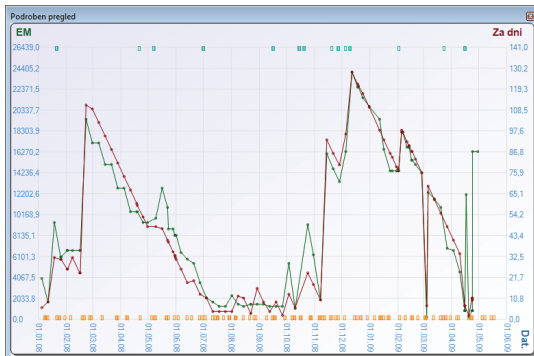
Zaloge cigaret Marlboro Red se upravljajo ustrezno.

Slika 5.34: Pralni prašek (5 kg)



Vidno je nakopičenje zalog artikla Pralni prašek (5 kg) spomladi 2008 na okoli 10 lokacijah. Vzrok anomalije je zaustavitev povpraševanja septembra 2008.

Slika 5.35: Motorno olje E



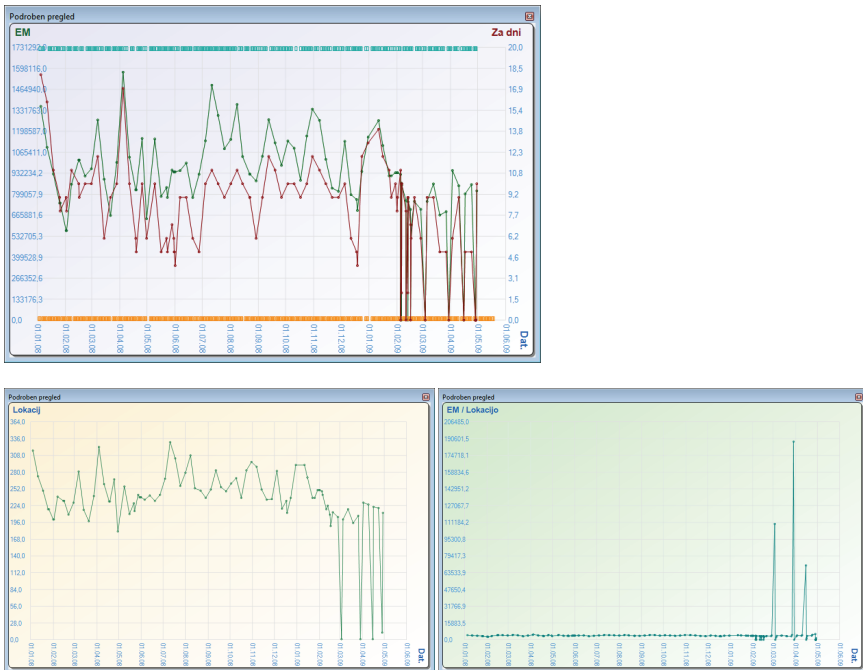


Pri artiklu Motorno olje E se najverjetneje kaže sprememba tipa pakiranja, ki povzroči porast števila lokacij leta 2009 glede na leto 2008.

5.6 Analiza po skupinah artiklov

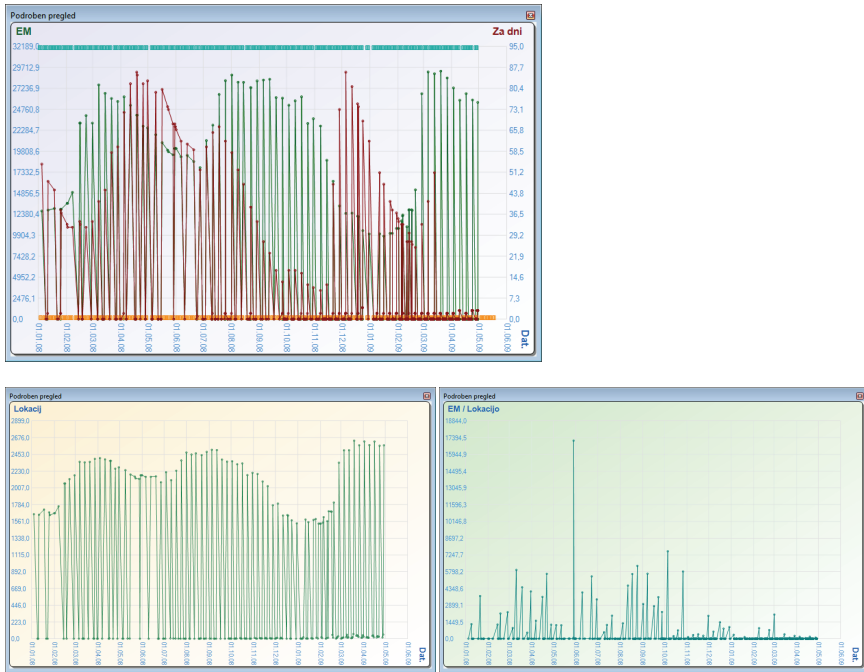
Aplikacija omogoča tudi analizo skladiščenja skupin artiklov. Kot reprezentativne skupine smo izbrali cigarete, gume in parafin.

Slika 5.36: Cigarete



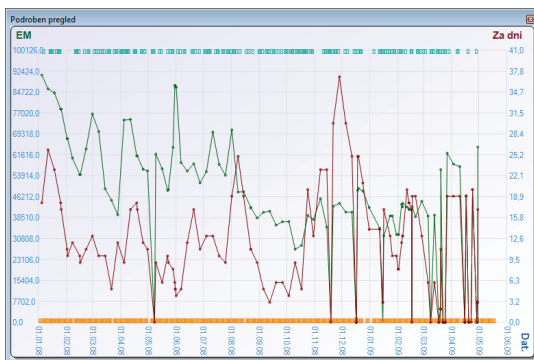
Glede na to, da znaša trajanje zalog cigaret med 4 in 10 dni čez vse leto, lahko sklepamo, da se zaloge cigaret kot skupina artiklov v splošnem dobro skladiščijo.

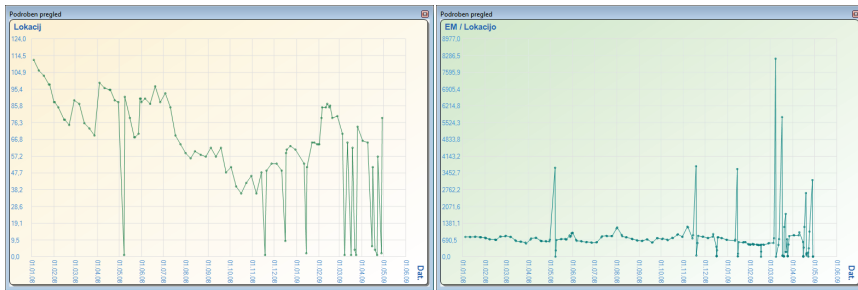
Slika 5.37: Gume



Zaradi napak v podatkih lahko z grafov razberemo le določene podatke, na primer to, da gume kot skupina artiklov zasedajo tudi med 1600 do 2600 lokacij. Razen na začetku zime, ko se trajanje zalog zmanjša na okoli 10 dni, so gume velik vir ležečih zalog – od marca do avgusta trajajo zaloge več kot 50 dni. Glede na to, da gre za množico različnih produktov, pa je vprašljivo, ali bi lahko zmanjšali število lokacij, ne da bi pomembno zmanjšali preglednost skladišča.

Slika 5.38: Parafin





Glede na to da znašajo zaloge parafina v povprečju okoli 10 dni, je v splošnem skupina artiklov »parafin« dobro upravljana. Za kratko obdobje (1 mesec) se ležeče zaloge pojavijo takoj po 1. novembru (parafin se uporablja za proizvodnjo sveč).

5.7 Povzetek in zaključek

Iz analiz posameznih artiklov, ki zasedajo največ lokacij v skladišču, lahko sklepamo, da bi bilo mogoče v posameznih obdobjih pridobiti še nekaj 10 lokacij, če bi določene artikle preskladiščili. Opažamo, da se je upravljanje skladiščenja določenih artiklov izboljšalo. To je lahko po eni strani posledica zavestnega nadziranja skladiščenja, po drugi strani pa posledica gospodarske krize (zmanjšanje viškov zalog). Upravljanje določenih artiklov je zelo skrbno, na primer cigarete. Povpraševanje po določenih artiklih je sezonsko, pri čemer je treba kupovati poceni zunaj sezone in prodajati v sezoni. Na ta način se ustvarjajo predvidljive ležeče zaloge, ki bi jih bilo mogoče sproti preskladiščiti.

5.8 Sklepi in priporočila za management

Sklep 5.1. Podatkovni model skladišča ne omogoča popolne sledljivosti dogajanja v skladišču. Zaradi odločitve v preteklosti, da se zaradi preobilice podatkov ne beleži vseh transakcij v skladišču, je sledljivost zelo omejena. Posledično ni mogoče ugotoviti trenutka uskladiščenja blaga in stanja v skladišču na izbrani trenutek. Popolna sledljivost je zelo pomembna, saj bo v bližnji prihodnosti omogočala natančne in predvsem avtomatične analize dogajanja v skladišču ter napovedi glede na dogajanja v preteklih letih.

Sklep 5.2. Podatkovni model omogoča analizo stanja na lokacijah in trajanja zalog na 14 dni. Stanje skladišča glede zasedenosti lokacij je mogoče analizirati v korakih po 14 dni. V teh korakih natančno vemo, kaj je bilo na lokacijah v skladišču. Skupaj s podatki o komisioniranju (tu se dejansko beležijo transakcije) lahko dokaj natančno analiziramo odtok blaga iz skladišča.

Sklep 5.3. Obstajajo možnosti za sproščanje lokacij zaradi ležečega blaga. Določeni artikli oziroma skupine artiklov v določenih obdobjih ležijo v skladišču in bi jih bilo za namene sproščanja lokacij smiselno preskladiščiti v drugo skladišče za določeno obdobje.

Priporočilo 5.1. Nadgradnja podatkovnega modela. Da bi omogočili popolno sledljivost dogajanja v skladišču in s tem odprli možnosti za avtomatične optimizacije, je treba nadgraditi podatkovni model predvsem s tem, da se beleži vse transakcije nalaganja, prelaganja in odzemanja artiklov z lokacij. S

pomočjo teh podatkov je mogoče računalniško rekonstruirati stanje skladišča v katerem koli trenutku v preteklosti. Poleg možnosti optimiranja bo popolna sledljivost omogočila identificiranje nepravilnosti in morda prevar, ki prav tako povzročajo izgube.

Priporočilo 5.2. Sprotno spremljanje dogajanja v skladišču z ustreznimi analitičnimi orodji. Iz 14-dnevnih posnetkov stanj skladišča lahko naročnik z našo aplikacijo sledi dogajanju v skladišču. Po naših podatkih pri naročniku nekaj podobnega že počnejo, a žal dejanskih tipov analiz, ki jih trenutno izvajajo, nismo videli.

6 Zaključek

Raziskovalni projekt, katerega izvedbo predstavljamo v tej monografiji, je imel deset ciljev.

Prvi cilj se je navezoval na deskriptivno analizo state-of-the-art metodologij za optimizacijo logističnih sistemov. Cilj je bil uspešno dosežen, kar je dokumentirano v tistem delu monografije, ki se nanaša na opis teoretičnih izhodišč. Rezultate predstavljenih teoretičnih raziskav smo uporabili za utemeljitev izbranega pristopa k optimizaciji izbranega aplikativnega primera.

Tudi drugi cilj projekta je teoretične narave. Navezuje se na deskriptivno analizo metod diskretne simulacije za tehnološko optimizacijo logističnega sistema. Cilj je bil uspešno dosežen, kar je prav tako dokumentirano v delu poročila, ki se nanaša na opis teoretičnih izhodišč. Določeni izsledki tega dela raziskave so bili tudi objavljeni in predstavljeni na različnih mednarodnih konferencah v Sloveniji in tujini.

Tretji cilj je teoretična analiza obstoja in narave vzročno posledične zveze med tehnično in stroškovno učinkovitostjo. Gre za deskriptivno analizo mikroekonomske teorije proizvodne in stroškovne funkcije. Spoznanja so bila osnova za zasnovo in samo izdelavo algoritma za optimizacijo distribucijskih tokov. Cilj je bil uspešno uresničen, kar je dokumentirano tudi v delu monografije, ki se nanaša na opis teoretičnih izhodišč.

Četrti in peti cilj sta aplikativne narave in se navezujeta na izdelavo posnetka celovitega stanja logističnega sistema. Cilj je bil v celoti uresničen, kar je dokumentirano v poglavjih 2.1 in 2.2. pričujoče monografije.

Šesti cilj se navezuje na izdelavo digitalnega modela delovanja logističnega sistema. Cilj je bil v celoti uresničen, kar je dokumentirano v poglavjih 2.6, 3.4, in 3.5.

Sedmi cilj je aplikacija modela, razvitega v sklopu šestega cilja. Cilj je bil v celoti uresničen, kar je dokumentirano v poglavjih 3.6 in 3.7.

Osmi in deveti cilj se vsebinsko navezujeta na sedmi cilj, le da smo ju razširili na optimizacijo distribucijskih tokov. Oba cilja sta bila dosežena, kar je dokumentirano v četrtem in petem poglavju pričujoče monografije.

Deseti cilj se navezuje na akademsko diseminacijo rezultatov. Temu cilju smo sledili ves čas izvajanja projekta v obliki udeležb na konferencah ter objavah v uglednih mednarodnih in domačih revijah. Na Univerzi na Primorskem, Fakulteti za management, pa smo na osnovi posameznih spoznanj zasnovali tudi predmeta, ki smo ju tudi izvedli v študijskem letu 2009/2010 v sklopu izobraževalnih programov 1. in 2. stopnje študijskega programa Management. Pri izvedbi aplikativnega projekta in nastanku pričujoče monografije so sodelovali tudi podiplomski študenti Univerze na Primorskem, Fakultete za management. V času trajanja projekta sta bili izdelani tudi dve magistrski nalogi.

7 Literatura in viri

Literatura

- Becker, J., in M. Rosemann. 1993. *Logistik und CIM. Die effiziente Material und Informationsflussgestaltung im Industrieunternehmen*. Berlin: Springer.
- Bertsimas, D. J., in G. Van Ryzin. 1991. »A Stochastic and Dynamic Vehicle Routing Problem in the Euclidean Plane.« *Operations Research* 39 (4): 601–615.
- Braysy, O., in M. Gendreau. 2005. »Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms.« *Transportation Science* 39 (1): 104–118.
- Braysy, O., in M. Gendreau. 2005. »Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part II: Metaheuristics.« *Transportation Science* 39 (1): 119–139.
- Commission of the European Communities. 2006. »Freight transport logistics in Europe.« http://ec.europa.eu/transport/logistics/overview/doc/2006_06_28_communication_en.pdf
- Drucker, P. 1962. *Technology, Management and Society*. New York: Harper & Row.
- Garey, M. R., in D. S. Johnson. 1979. *Computers and intractability: A guide to the theory of NP-completeness*. New York: W. H. Freeman.
- Golden, B. L., in A. A. Assad. 1988. »Vehicle Routing: Methods and Studies.« *Studies in Management Science and Systems* 16: 7–45.
- Glaab, H. 2002. »A New Variant of a Vehicle Routing Problem: Lower and Upper Bounds.« *European Journal of Operational Research* 139: 557–577.
- Koletnik, D. 2010. »Razvoj modela optimizacije distribucije blaga – študija primera.« Magistrska naloga, Fakulteta za management Univerze na Primorskem, Koper.
- Lambert, D. M., J. R. Stock in L. M. Ellram. 1998. *Fundamentals of Logistics Management*. Boston, MA: Irwin McGraw-Hill.
- Maffioli, F. 2003. »The Vehicle Routing Problem: A book review.« *Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies* 1: 149–153.
- Mulcahy, D. E. 2007. *Eaches or Pieces Order Fulfillment, Design, and Operations Handbook*. Boca Raton, FL: Auerbach.
- Psaraftis, H. N. 1988. »Dynamic Vehicle Routing Problems.« *Vehicle Routing: Methods and Studies* 16: 223–248.
- Stock, J. R., in D. M. Lambert. 2001. *Strategic Logistics Management*. 4. izd. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.
- Taillard, E., P. Badeau, M. Gendreau, F. Guertin in J.-Y. Potvin. 1997. »A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows.« *Transportation Science* 31: 170–186.
- Toth, P., D. Vigo. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia, PA: SIAM.
- Wilson, J. R., in J. J. Watkins. 1990. *Graphs: An Introductory Approach*. New York: Wiley.

Internetni viri

CLM – Council of Logistics Management. »Glossary of Terms.«
<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>

Geodetska uprava RS. <http://e-prostor.gov.si/>

PostGIS. <http://postgis.refractor.net/>

PostgreSQL. <http://www.postgresql.org/>

SharpMap – Geospatial application Framework for the CLR. <http://www.codeplex.com/SharpMap>

WebVRP. <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/>

an



ISBN 978-961-266-129-8
Univerza na Primorskem
Fakulteta za management Koper
www.fm-kp.si

