

Kai Häkkinen, Jukka Hemilä, Mikko Uoti,
 Erno Salmela, Ari Happonen, Harri Hämäläinen,
 Eero Siniluhta, Jukka Nousiainen &
 Mikko Kärkkäinen

VMI teollisuudessa

| Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia

VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES 2406

VMI teollisuudessa

Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia

Kai Häkkinen, Jukka Hemilä & Mikko Uoti

VTT

Erno Salmela, Ari Happonen, Harri Hämäläinen,
Eero Siniluhta & Jukka Nousiainen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Mikko Kärkkäinen

RELEX Oy



ISBN 978-951-38-6956-4 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-6957-1 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 5888

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 5888

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 5888

Toimitus Maini Manninen

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Häkkinen, Kai, Hemilä, Jukka, Uoti, Mikko, Salmela, Erno, Happonen, Ari, Hämäläinen, Harri, Siniluhta, Eero, Nousiainen, Jukka & Kärkkäinen, Mikko. VMI teollisuudessa. Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia [VMI in industry – theories, technologies and applications]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2406. 142 s.

Avainsanat VMI, inbound logistics, technical distributor, industry

Tiivistelmä

Hankintalogistiikan ulkoistaminen eri tavoin on yleistymässä teollisuudessa. Tavanomaisin toimintamalli on C-nimikkeiden ja MRO¹-nimikkeiden hyllyttäminen ulkopuolisen tavarantoimittajan voimin. Vallitsevat VMI-sovellukset perustuvat tyypillisesti manuaaliseen työhön. Tietotekniikan soveltaminen VMI-malleissa on melko vähäistä.

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää mobiilipohjainen VMI²-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori, sekä rakentaa toimiva prototyyppijärjestelmä käytännön VMI-sovelluksia varten.

Tutkimuksen alussa selvitettiin VMI-toiminnan teoreettisia lähtökohtia perustuen CPFR³-filosofiaan ja transaktiokustannusteoriaan. Prototyyppijärjestelmän rakentamista ajatellen perehdyttiin myös varastohallinnan teknologioihin. Prototyyppijärjestelmäksi valittiin varastohyllyihin asennettava vaakajärjestelmä, joka punnitsee tavaramääriä jatkuvasti ja lähettää Internetin kautta mobiiliteknologioihin perustuen saldotietoja toimittajalle. Lisäksi selvitettiin kameran käyttämistä varastojen etävalvonnassa.

Edellä esitettyjen lisäksi VMI-tietojärjestelmän perusfilosofiaa ja rakennetta kehitettiin sekä luotiin yleispätevä suunnitelma järjestelmän perusrakenteeksi. Näiden pohjalta luotiin lisäksi VMI-toiminnan kustannusmalli, jonka pohjalta tehtiin vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi.

Yhteenvedonä voidaan todeta, että mobiiliteknologioiden hyödyntäminen näyttää olevan taloudellisesti kannattavaa ja että teknologisia esteitä toteutukselle ei ole.

¹ MRO = Maintenance, repair and operation items

² VMI = Vendor Managed Inventory

³ CPFR = Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment

Häkkinen, Kai, Hemilä, Jukka, Uoti, Mikko, Salmela, Erno, Happonen, Ari, Hämäläinen, Harri, Siniluhta, Eero, Nousiainen, Jukka & Kärkkäinen, Mikko. VMI teollisuudessa. Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia [VMI in industry – theories, technologies and applications]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2406. 142 p.

Keywords VMI, inbound logistics, technical distributor, industry

Abstract

The outsourcing of the inbound logistics is an increasingly growing area in industry. A very typical operation model concerning so called C-class and MRO-class items is based on replenishment carried out by an external supplier. The prevailing Vendor Managed Inventory (VMI)-applications are usually based on manual work. There are only few ICT-technology based applications found yet.

The goal of this study was to develop a mobile technology based VMI-model where the ICT-service could be offered by an external operator and then to construct a prototype system for practical applications. In the beginning of the study, the CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) philosophy and the transaction cost theory were discussed in relation to the VMI-models. A cost model of the VMI-operation was designed.

In order to design a functioning prototype system, the prevailing warehouse related ICT-technologies were explored. The basic component of the prototype storing rack system was a weighting application which was connected to the Internet server via mobile equipment.

Additionally, the possibility to use a digital camera in the remote control of inventories was studied. Consequently, the philosophy of the VMI-information system was discussed. The basic structure of the system was innovated. Further, the basis for the system was designed. The profitability analysis of the weighting application based remote control system showed that the utilization of the mobile-technologies in VMI-operation seems to be economically profitable and that there seem not to be any technological major problems to design a functioning system. So, the work performed in the project can be utilised as a basis for feasible and profitable practical applications.

Alkusanat

Julkaisuun on koottu TEMO-projektin (Teollisuuden mobiilipohjaiset VMI-ratkaisut) keskeiset tulokset. Projektissa selvitettiin mobiiliteknologioiden soveltamista VMI-toimintaan.

Tutkimukseen osallistuivat seuraavat yritykset:

Wurth Oy

Etola Oy

Elektroskandia Oy

Mercantile Oy

Suomen Posti Oyj

Vallog Oy

HUB Logistics Oy

TietoEnator Oyj.

Projektia rahoittivat yritysten lisäksi Tekes (VAMOS-ohjelma) ja VTT, joille kaikille kiitokset rahoituksesta ja luottamuksesta.

Tutkimus tehtiin VTT:n ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston välisenä yhteishankkeena. VTT:sta projektiin osallistuivat erikoistutkija Kai Häkkinen, joka toimi myös projektipäällikkönä sekä tutkijat Jukka Hemilä ja Mikko Uoti. Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta tutkimukseen osallistuivat professori Anita Lukka sekä tutkijat Erno Salmela ja Ari Happonen sekä tekniikan ylioppilaat Eero Siniluhta ja Jukka Nousiainen. Lisäksi tekniikan tohtori Mikko Kärkkäinen Relex Oy:stä kirjoitti riippumattoman kysynnän ennustamisesta.

Tutkimus toteutettiin ajalla 1.2.2006–31.5.2007. Projektin kotisivut ovat osoitteessa <http://partnet.vtt.fi/temo/>.

Tämä raportti käsittää useita toisistaan riippumattomia osia, joiden alussa on mainittu kirjoittajien nimet. Joistakin osista on lisäksi laadittu erillinen raportti joko VTT:n tai Lappeenrannan teknillisen yliopiston sarjajulkaisuihin.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1. Johdanto	10
1.1 Tutkimuksen taustaa	10
1.2 VMI-mallien yleiskuvausta	11
1.3 Tutkimuksen tavoite	15
1.4 Tutkimuksen rakenne	16
2. VMI-toimintamallit kirjallisuudessa	17
2.1 Vendor Managed Inventory -toimintamalli	17
2.2 VMI:n historia	20
2.3 VMI:n variaatioita	20
2.4 Käytännön VMI-palvelumallit teollisuudessa	23
2.4.1 Sovelluskohteet	26
2.4.2 Logistiikan palvelutarjoajan hyödyntäminen VMI-toiminnassa	28
2.4.3 Informaationäkökulma	30
2.4.4 VMI-toiminnan edut ja haitat	31
2.5 VMI:n tulevaisuus	32
Lähteet	32
3. Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisen tukkukaupan toimitusketjuun	34
3.1 Johdanto	34
3.2 Metodologia	35
3.3 CPFR-filosofia	36
3.4 Tutkitun toimitusketjun kuvaus	38
3.5 Tulokset	41
3.5.1 CPFR:n soveltuvuus tutkittuun toimitusketjuun	41
3.5.2 Kollaboraation nykytila tutkitussa toimitusketjussa	43
3.6 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	45
Lähteet	47

4.	VMI ja transaktiokustannusteoria	50
4.1	Johdanto	50
4.2	Transaktiokustannusteoria	50
4.3	Transaktiokustannusten syntymismekanismiluonnos	56
4.4	VMI-mallien tarkastelua transaktiokustannusteorian valossa	58
4.4.1	Transaktiodimensiot	59
4.4.2	Yhteenveto taulukkomuodossa	62
4.5	VMI-toiminnan kustannusmalli	63
4.5.1	Johdanto	63
4.5.2	Kustannusmallin lähtökohdat	63
4.5.3	Kustannusmallin rakenne	64
4.5.4	Kustannusten tarkastelua	67
4.5.5	Loppupäätelmiä	68
	Lähteet	69
5.	Hajanaisen kysynnän tuotteiden täydennyksen tehostaminen	70
5.1	Hajanaisen kysynnän hallinnan haasteet	70
5.2	Täydennysprosessin toiminta ja kustannukset	71
5.3	Hajanaisen kysynnän täydennysprosessin tehostaminen	72
6.	VMI-tietojärjestelmän rakentaminen	75
6.1	Lähtökohtia	75
6.2	Täydennyspyynnön laukaisumekanismeja	75
6.3	Hyllytystoiminnan organisointimalleja	76
6.4	Hyllytystoiminnan nykyisistä tietotekniikkaratkaisuksista	76
6.4.1	Toimittajan kehittämä VMI-malli	76
6.4.2	Logistiikkaoperaattorimalli	77
6.5	VMI-tietojärjestelmän filosofiasta ja rakenteesta	78
6.5.1	Toiminnan ja tietojärjestelmän filosofiasta	78
6.5.2	Toiminnan kuvausta	79
6.5.3	VMI-tietojärjestelmän rakenteesta	82
6.5.4	VMI-tietojärjestelmän käsitelmä	84
6.5.5	VMI-tietojärjestelmän liittymät	85
6.5.6	Yhteenveto	87
7.	Varastohallinnan teknologiat VMI-toimintamallissa	89
7.1	Johdanto	89
7.2	Nykytila ja nykyiset sovellukset	89

7.2.1	Tunnistaminen ja tiedonkeruu.....	90
7.2.2	Varaston saldoseuranta ja tiedonkeruu.....	94
7.3	Kaupalliset laitteet ja ratkaisut	95
7.3.1	Yrityskontaktit.....	95
7.3.2	Yhteenveto teknologioista ja laitteista	96
7.3.3	Havaintoja ja kokemuksia, uusia mahdollisuuksia.....	98
7.4	Anturitekniikka ja sen soveltaminen varastoissa.....	99
7.4.1	Yleistä tunnistamisesta, mittaamisesta ja antureista.....	99
7.4.2	Anturityypit.....	100
7.4.3	Staattinen tunnistaminen	102
7.4.4	Dynaaminen tunnistaminen.....	102
7.5	Yhteenveto.....	103
8.	Kameran käyttö varastojen etävalvonnassa	104
8.1	Kameravalvontajärjestelmän arkkitehtuuri.....	104
8.1.1	Kuvapankkiin perustuvat ratkaisut.....	104
8.1.2	Kuvan lähettäminen sähköpostiin	106
8.2	Kameravalvontajärjestelmän suunnitteleminen.....	107
8.2.1	Kameran fyysinen sijoittaminen.....	107
8.2.2	Tilausrajan merkitseminen	108
8.2.3	Kuvan analysoiminen.....	108
8.2.4	Tietoliikenneyhteydet.....	109
8.3	Kuvanlaatumittausten järjestelyt ja parametrisointi	110
8.4	Mittaustulokset	110
8.4.1	Kohinamittaukset	111
8.4.2	Kuvanlaatutestit.....	113
8.5	Yhteenveto.....	114
9.	Vaakavalvontajärjestelmän prototyyppi	115
9.1	Vaakateknologiaan perustuvan VMI-etävalvonnan prosessimalli	115
9.1.1	Kenttäjärjestelmä.....	116
9.1.2	Varastonhallintapalvelu.....	118
9.1.3	Vaakavalvontajärjestelmän yleiset piirteet.....	118
9.2	Prototyypitoteutus.....	119
9.2.1	Laitteisto.....	121
9.2.2	Ohjelmisto	125
9.3	Prototyypilaitteiston toiminnallinen kuvaus.....	126

9.3.1	Kenttäjärjestelmän toiminta	127
9.3.2	Tiedonhallintajärjestelmän toiminta.....	128
9.4	Analyysi ja ehdotus järjestelmäkomponenttien valinnaksi.....	130
9.4.1	Suunnittelukriteerit.....	130
9.4.2	Toteuttaminen	131
9.4.3	Esimerkkejä huoltotilanteista ja yksityiskohdista	134
9.5	Vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi	136
9.5.1	Lähtökohdat	136
9.5.2	Hyllykön investointikustannukset.....	137
9.5.3	VMI-tietojärjestelmän investointikustannukset	138
9.5.4	Tietoliikennekustannukset.....	139
9.5.5	Hyllytyskustannukset	139
9.5.6	Kannattavuuslaskelma.....	140
9.5.7	Johtopäätöksiä	140
9.6	Yhteenveto.....	141
10.	Yhteenveto.....	142

1. Johdanto

1.1 Tutkimuksen taustaa

Hankintalogistiikan ulkoistaminen eri tavoin on yleistymässä teollisuudessa. Sovellettavat toimintamallit vaihtelevat suuresti hankittavista tuotteista riippuen. Tällä hetkellä tavanomaisin toimintamalli on ns. C-nimikkeiden⁴ ja MRO⁵-nimikkeiden hyllyttäminen ulkopuolisen tavarantoimittajan voimin. Materiaalivirrat näissä malleissa koostuvat tavallisesti vähäarvoisista standardituotteista, joita on yleisesti saatavilla. Näitä tuotteita valmistavat tyypillisesti useat eri valmistajat, minkä takia toimitusriskit ovat hallinnassa.

Aiemmissä tutkimuksissa on noussut esiin teollisuuden voimakas tarve lisätä hankintatoimen logistiikan ulkoistusta entistä laajemmin. Jotkut suuryhtiöt ovat laajentaneet hyllytystoimintaa myös alihankittaviin nimikkeisiin. Alihankkija vastaa siitä, että heidän valmistamiaan tuotteita on sovitulla tavalla aina päähankkijan varastohyllyssä. Näissä ohjaus tapahtuu yleensä tilauspisteperiaatteella. Sovellus on rakennettu usein 2-laatikkosysteemillä, jolloin toisen laatikon tyhjentyessä suoritetaan varastotäydennys.

Vallitsevat VMI⁶-sovellukset perustuvat tyypillisesti manuaaliseen työhön. Toimittajan edustaja käy kiertämässä omat varastopaikkansa asiakkaan tiloissa ja merkkää lomakkeeseen täydennettävät nimikkeet. Lista kerätään toimittajan varastossa, ja kerätyt tuotteet kuljetetaan asiakkaan tiloihin, joissa toimittaja purkaa lähetyksen hyllypaikkoihin.

Kaupan VMI-sovelluksissa ollaan selvästi teollisuutta edellä. Kaupan VMI-sovellukset perustuvat suoraan kulutustietoihin kassajärjestelmien kautta reaaliaikaisesti. Hyllytavaratilannetta seurataan kaupoissa myös viivakoodilukijoiden avulla. Niiden kautta katsotaan ja päivitetään hylly- ja varastotilanne. Tätä automaatiota ei teollisuuden järjestelmissä ole hyödynnetty.

⁴ A-, B- ja C-nimikkeillä tarkoitetaan tässä tapauksessa ostettavien nimikkeiden luokittelua niiden vuotuisen ostomäärän (rahassa mitattuna) mukaisiin luokkiin.

⁵ MRO = Maintenance, repair and operation items

⁶ VMI = Vendor managed inventory

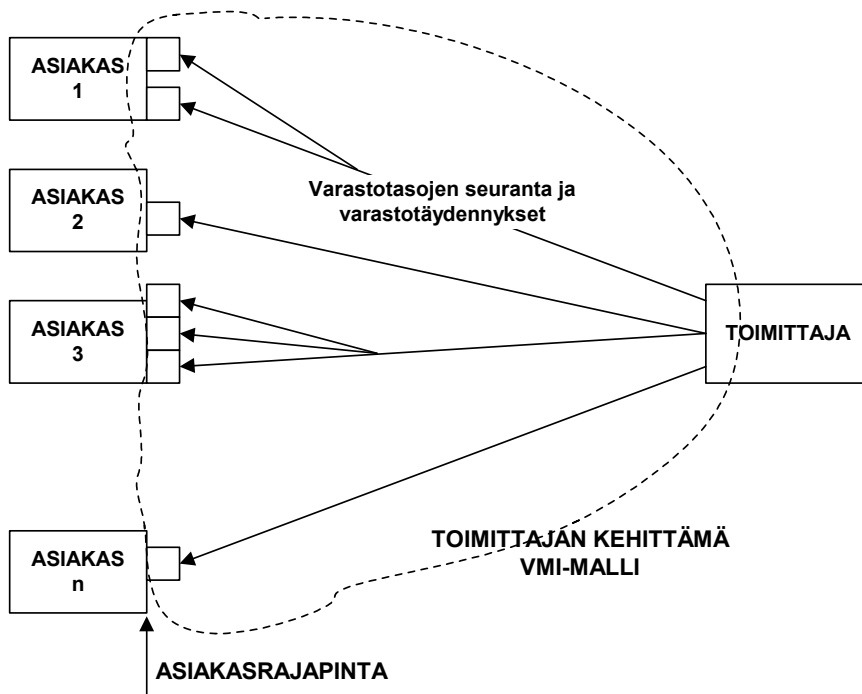
Tietotekniikan soveltaminen VMI-konsepteissa on melko vähäistä. Jotkut suu-remmat toimittajat ovat rakentaneet GSM-tekstiviesteihin perustuvia mobiili-sovelluksia, joiden avulla asiakkaiden varastoissa olevia nimikesaldoja kyetään hallitsemaan keskitetysti ja näin vähentämään paikan päällä tapahtuvaa manuaalista seuranta.

Tietotekniikkaa on jossain määrin sovellettu VMI-mallissa avaamalla varaston-hallinnasta varastosaldoja toimittajien nähtäväksi asiakkaan extranet-käyttö-liittymän kautta. Suurikokoisten saldottomien (tai saldollisten, jos varastotieto-kantaa ei ole voitu avata toimittajalle mm. tietoturvapolitiikan tai järjestelmän kankeuden takia) nimikkeiden hallintaan on rakennettu web-kameroita, jotka välittävät kuvaa toimittajalle.

1.2 VMI-mallien yleiskuvausta

Aiemmissä tutkimuksissa on löydetty kolme erilaista toiminnassa olevaa VMI-toimintamallia, joita tarkastellaan seuraavassa:

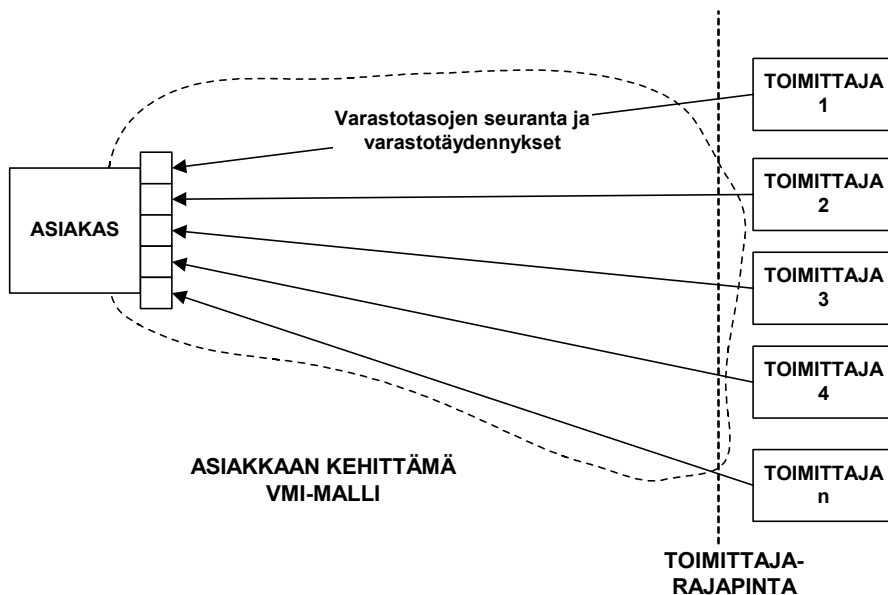
- Toimittajan kehittämä toimintamalli, jota tarjotaan asiakkaille.
- Asiakasyrityksen kehittämä toimintamalli, johon asiakas valitsee toimit-tajia.
- Toimittajan kehittämä dedikoitu mobiiliavusteinen toimintamalli, jota tarjotaan asiakkaille.



Kuva 1. Toimittajan kehittämä VMI-malli.

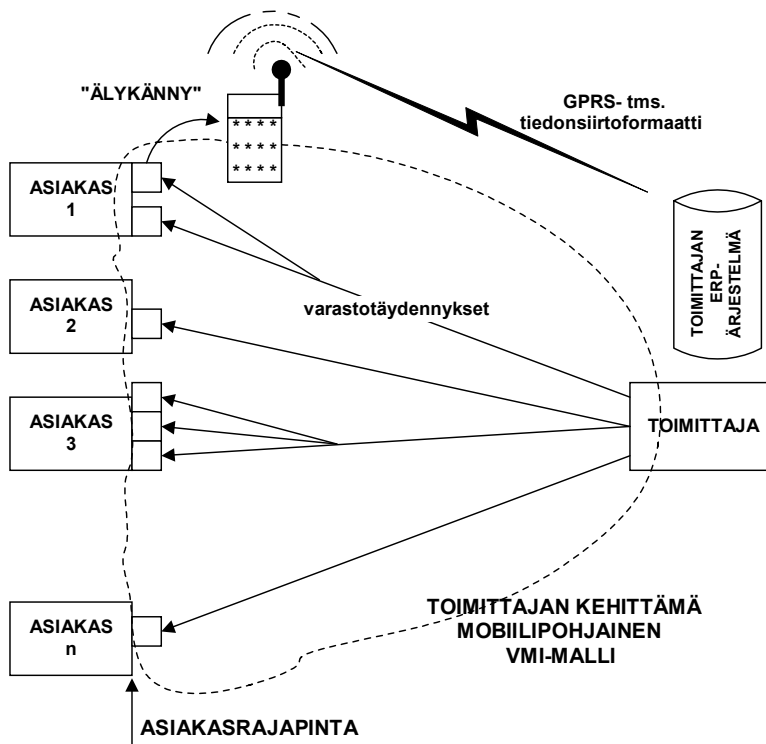
Toimittajan kehittämät VMI-mallit (kuva 1) ovat usein pitkälle kehitettyjä. Logistinen toimintamalli sisältää usein tietoteknisen raportoinnin asiakasorganisaatiolle. Toimittajan tietojärjestelmässä ylläpidetään usein asiakkaan varasto-osoitetietojen lisäksi kustannuspaikkatiedot, henkilötiedot, kulutustiedot jne. Toimitusten laskutus voidaan sopia eri tavoin. Yleensä käytetään koontilaskua.

Toimittajan ja asiakkaan välinen rajapinta on käytännössä standardoitu ja voi sisältää erilaisia ennalta suunniteltuja optioita. Samoin logistinen toimintamalli kokonaisuutena on vakio, ja sitä myydään samanlaisena kaikille asiakkaille. Asiakkaat voivat olla hyvinkin erilaisia.



Kuva 2. Asiakkaan kehittämä VMI-malli.

Asiakkaiden kehittämiä VMI-malleja (kuva 2) on käytössä suuremmissa yrityksissä. Eräs perustelu omalle VMI-mallille on paremman läpinäkyvyyden saavuttaminen. Toimittajat laskuttavat tuotteet omalla laskulla, ja VMI-toiminnan palvelusta laskutetaan eri laskulla. Tällä tavoin asiakas voi vertailla eri toimittajien hintoja keskenään. Lisäksi asiakas voi lisätä malliin uusia toimittajia tarpeen mukaan. Toimittajien on sopeuduttava asiakkaan määrittelemään rajapintaan.



Kuva 3. Toimittajan mobiilipohjainen VMI-malli.

Toimittajan kehittämä mobiilipohjainen VMI-malli (kuva 3) on käytössä eräässä suuressa asennus- ja kunnossapitoyrityksessä. Standardituotevarastoja on useilla paikkakunnilla. Varastojen koot vaihtelevat. Perinteinen VMI-malli, jossa toimittajan edustajat käyvät varastoissa, ei ole kustannustehokas tämäntapaisessa hajautetussa toiminnassa.

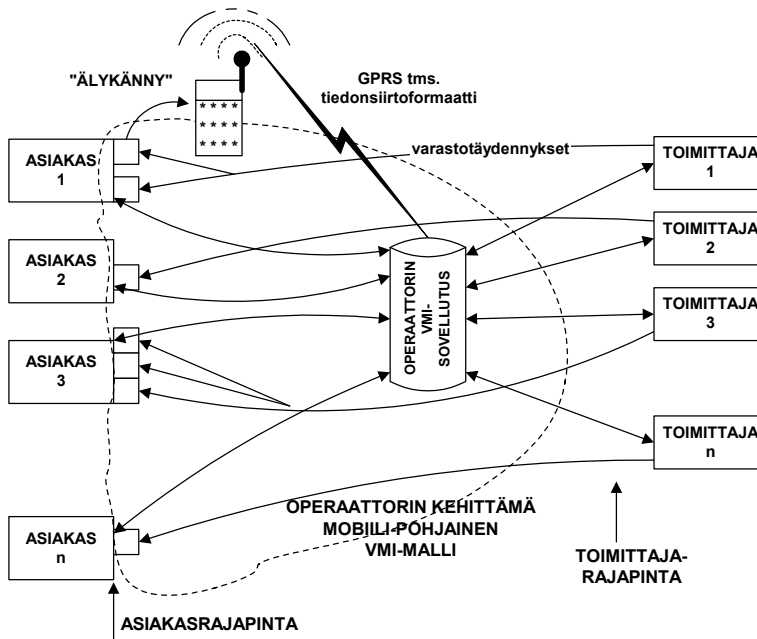
Tässä mallissa asiakkaan tiloissa olevien varastojen saldot ylläpidetään toimittajan ERP-järjestelmässä. Jokaisella varastolla on oma osoite. Kun asentaja ottaa tuotteita varastosta, hän kuittaa ottotapahtuman viivakoodilla. Kaikkien varastojen tapahtumatiedot siirretään aika-ajoin radioteitse toimittajan systeemiin. Näiden tapahtumatietojen perusteella ERP-systeemi tekee täydennysehdotuksia ja laskuttaa asiakasta koontilaskulla sovitulla tavalla.

Toimittaja voi näiden tietojen perusteella täydentää eri puolilla Suomea sijaitsevia varastoja suunnitellusti ja taloudellisesti.

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää yleinen mobiilipohjainen VMI-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori. Mobiilipohjaisen sovelluksen suunnittelussa korostuvat rajapinnat sekä asiakkaiden että toimittajien suunnissa.

Perusajatuksena on luoda sovellus, jota voisi operoida ASP⁷-palveluna tai sen operoinnista voisi vastata joko asiakas itse tai toimittaja.



Kuva 4. Operaattorin kehittämä VMI-malli.

Operaattorin kehittämässä VMI-mallissa (kuva 4) mobiiliteknikoiden merkitys on keskeisellä sijalla. Mallissa on Internet-pohjainen sovellus, johon siirretään mobiiliteknikoilla varastojen tapahtumatiedot. Toimittajien määrä voi vaihdella asiakkaittain. Jokainen toimittaja saa operaattorin sovelluksen kautta vastuullaan olevien varastojen tapahtuma-, saldo- ja muut tiedot. Tiedot voidaan siirtää toimittajan ERP-järjestelmään tai johonkin muuhun systeemiin. Lisäksi operaattorin VMI-sovelluksessa voi olla valmiita ohjelmistoja, joiden avulla toimittajat

⁷ ASP = Application Service Provider

voivat myös operoida. Eli toimittajien ei tarvitse välttämättä investoida laitteisiin eikä ohjelmistoihin.

Mobiiliteknologia soveltuu erityisen hyvin liikkuvan materiaalin tai henkilöstön hallintaan. Esimerkiksi kunnossapitotöissä huoltohenkilöstöllä voi olla tarvetta päästä varastotietoihin ja jopa tehdä tilauksia varastosta. Myös huoltomiesten autoissa olevat ”pikavarastot” voisivat olla VMI-mallin piirissä. Mobiiliteknologioita voi hyödyntää myös tehdastiloissa, jolloin layout-muutosten teko on helppoa. Ei tarvitse tehdä kaapelointia.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus suoritettiin yhteistyössä tutkijoiden ja yritysten kanssa. Tutkimusote on luonteeltaan konstruktiiivinen, jossa pyritään käytännöllisiin ratkaisuihin noudattamalla kuitenkin tieteellisen tutkimuksen rakennetta.

Tutkimuksen tulokset koottiin tähän yhteiseen raporttiin, jonka kirjoittamiseen osallistuivat seuraavat henkilöt:

Dipl.ins. Jukka Hemilä kirjoitti osion VMI-toimintamallit kirjallisuudessa.

Dipl.ins. Erno Salmela kirjoitti osion Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisen tukkukaupan toimitusketjuun.

Tekn. lis. Kai Häkkinen kirjoitti osiot VMI ja transaktiokustannusteoria, VMI-tietojärjestelmän filosofiasta ja rakenteesta sekä VMI-toiminnan kustannusmalli ja vaaka-järjestelmän kannattavuusanalyysi.

Tekn. toht. Mikko Kärkkäinen kirjoitti osion Hajanaisen kysynnän tuotteiden täydennyksen tehostaminen.

Dipl.ins. Mikko Uoti kirjoitti osion VMI-toiminta ja teknologiat.

Dipl.ins. Ari Happonen kirjoitti yhteistyössä tekn. yo. Jukka Nousiainen kanssa osion Kameran käyttö varastojen etävalvonnassa ja yhteistyössä tekn. yo. Eero Siniluhdan kanssa osion Vaakavalvontajärjestelmän prototyyppi.

2. VMI-toimintamallit kirjallisuudessa

Jukka Hemilä

2.1 Vendor Managed Inventory -toimintamalli

Vendor Managed Inventory eli VMI-toimintamallille ei ole vakiintunutta yksikäsitteistä suomenkielistä vastinetta, vaan myös suomalaisessa teollisuudessa puhutaan usein VMI:stä. Suora käänös VMI:lle on ”toimittajan hallinnoima varasto”. VMI:n määritelmiä löytyy kirjallisuudesta lukuisia. Yhden kiteytyksen ovat esittäneet Hines et al. (2000):

“VMI – a collaborative strategy between a customer and supplier to optimise the availability of products at minimal cost to the two companies. The supplier takes responsibility for the operational management of the inventory within a mutually agreed framework of performance targets which are constantly monitored and updated to create an environment of continuous improvement”.

Hinesin et al. (2000) määritelmässä lähtökohtana on strateginen kumppanuus ja yhteistyö. Tämä tulkinta erottaa monet käytännön hyllytyspalvelut VMI:stä. VMI:tä käytetään joskus myös myyntiargumenttina, vaikka olisikin kyse ”tavallisesta” hyllytyspalvelusta.

VMI on vakiintunut hyllytyspalvelumallin nimeksi, mutta käytännön toimintamallit voivat erota huomattavasti toisistaan. Käytännön toimijoiden näkökulmasta osa VMI:ksi nimitetyistä toimintamalleista on sellaisia, että niiden yhteydessä olisi luontevampaa puhua ”consignment stock” tai muista vastaavista käsitteistä. Erilaisia VMI-variaatioita esitellään seuraavissa kappaleissa.

Toinen keskeinen viesti Hinesin et al. (2000) määritelmässä on saatavuuden optimoiminen minimoimalla kustannuksia: VMI-toiminnan tarkoituksena on varastonhallintavastuun siirtäminen toimittajalle saatavuutta vaarantamatta. Asiakkaalle VMI-toiminnan pitäisi olla mahdollisimman helppoa tyyliin ”käytän vain materiaalia varastosta, josta sitä aina löytyy”. Hinesin et al. (2000) mukaan kes-

keistä on myös se, että toimittaja ja asiakas yhdessä sopivat toiminnan pelisäännöt (esim. varaston täydennysäännöt, hälytysrajan ym.) ja että toimintaa mitataan ja seurataan säännöllisesti.

Varastossa olevien materiaalien omistajuus VMI-toiminnassa voi Hinesin et al. (2000) mukaan olla sekä toimittajalla että asiakkaalla. Käytännössä taas törmää alati näkemykseen, että omistajuuden on aina oltava asiakkaalla. Toisaalta useissa käytännön tapauksissa asiakas on lupautunut ostamaan kulloisenkin varaston materiaalit, mutta siten, että maksu tapahtuu vasta käytön jälkeen maksuehtojen mukaisesti. Tästä johtuen varastossa olevien tuotteiden omistaminen on kuin veteen piirretty viiva. Puhutaan juridisesta ja hallinnollisesta rajasta asiakkaan ja toimittajan välissä.

Materiaalivirtojen ohella tiedon kulku on tärkeä osa yhteistyötä. Osassa kirjallisuudessa esitetyistä VMI-malleista on informaatiovirta otettu huomioon, vaikkakin käytännön sovelluksissa on suuria eroja saatavilla olevan informaation suhteen. Teollisuuden halpojen massanimikkeiden, kuten ruuvien, kiinnitystarvikkeiden ym., hyllytyspalveluissa ei ICT:tä juurikaan hyödynnetä, vaan näiden C-luokan nimikkeiden hyllytyspalvelut perustuvat usein manuaaliseen seurantaan: tavarantoimittajan edustaja käy asiakkaan tiloissa tarkistamassa varastotasot ja tilaa sitten materiaalit seuraavalla käynnillä tehtävää täydennystä varten. C-nimikkeiden hallinta on teollisessa ympäristössä iso haaste. Koska nimikkeiden arvo kuitenkin usein koetaan vähäiseksi, keskeisintä on, että tavaraa on aina saatavilla varastossa. Usein sitä pidetäänkin monien viikkojen tarvetta vastaava määrä, vaikka täydennystiheys olisikin esim. kerran viikossa.

Jotkut VMI-määritelmät perustuvat kassapäätetietojen hyödyntämiseen. Esimerkiksi Infoaccess määrittelee VMI:n seuraavasti (www.infoaccess.net):

VMI is the practise of retailers making suppliers responsible for determining order size and timing, usually based on receipt of retail POS (Point-of-Sales) and inventory data. Its goal is to increase retail inventory turns and reduce stock outs.

Kaupan alalla saadaan halvoistakin nimikkeistä informaatiota kassapäätetietojen kautta, mutta VMI-toiminnassa ei kassapäätetietoa ole aina mahdollista saada, joten tämä määritelmä ei ole kovin yleisesti hyödynnettävissä. Kassapäätetieto

(point-of-sale, POS) sinänsä olisi erittäin hyödyllistä, koska sitä kautta on helppo analysoida kulutusta ja menekkiä ja toisaalta pysyä selvillä kulloisestakin varastosaldosta, kun tiedetään alkuvarasto ja myytyjen tuotteiden määrä. Tämän pohjalta asiakas tai toimittaja voi suunnitella omaa toimintaansa (täydennystiheyttä, varastotasoa, täydennysmääriä) ja optimoida toimintansa parametreja.

Kaupan alan kaltaista POS-dataa ei ole mahdollista saada teollisuudessa, ja siksi on kehitetty VMI-määritelmiä muille kuin kaupan alallekin sopiviksi, esim. verkkoyhteisö vendormanagedinventory.comin mukaan (2007):

VMI – A means of optimizing Supply Chain performance in which the manufacturer is responsible for maintaining the distribution inventory levels. The manufacturer has access to the distribution inventory data and is responsible for generating purchase orders.

Tämän määritelmän mukaan varastonhallinta kuuluu lähinnä valmistajalle, mutta yhtä hyvin se voisi kuulua myös toimittajalle (joka ei välttämättä ole itse valmistanut toimittamiaan tuotteita). Tässä mallissa valmistajalla tai toimittajalla tulee olla pääsy asiakkaan varastodataan ja heillä on vastuu generoida hankintatilauksia. Tämäkään määritelmä ei sovellu vähempiarvoisiin nimikkeisiin, joista ei usein ole saatavilla varastotietoa.

Yksi keskeinen näkökulma VMI-toiminnassa on toiminnan volyyymi. Kirjallisuudessa pidetään suurta volyymia usein edellytyksenä menestyksekkäälle VMI:lle (esim. Ellinger et al., 1999). Mutta koska VMI:ssä toimittajalla on kuitenkin mahdollisuus optimoida omaa toimintaansa, niin miksi se ei voisi olla kannattavaa ja järkevää jo pienilläkin volyyymeilla? Käytännössä näkee usein sovelluksia, joissa volyyymi ei ole kovinkaan korkea eikä tavaran kiertonopeus merkittävä. Tavara ”makaa” tällöin varastossa, jota toimittaja täydentää suunnitelmansa mukaan, mutta usein tämäkin voi olla kannattavaa VMI-toimintaa.

Teollisuudessa ja kaupan alallakin on logistiikan palveluntarjoajista tullut merkittäviä toimitusketjun toimijoita. Näistä palveluntarjoajista käytetään usein nimitystä 3PL, third party logistics, tai logistiikkaoperaattori. Kirjallisuudesta löytyy vasta vähän kuvauksia operaattoreiden hyödyntämisestä VMI-toiminnassa (ks. esim. Hemilä 2006; Hemilä et al. 2006).

TEMO-projektin tutkimuksissamme oli mukana suomalaisia logistiikan palveluyhtiöitä, jotka toimivat jo VMI-mallin mukaisesti välittäen toimittajan materiaalia asiakkaan tiloihin. Heidän toimintaansa voidaan kuvata esim. seuraavasti:

VMI on palveluntuottajan (toimittaja ja/tai logistiikkaoperaattori) asiakkaalle tarjoama tai asiakkaan edellyttämä yhteistyömalli, jossa palveluntuottaja hallinnoi ja täydentää varastoa asiakkaan tiloissa. Hallinnointi voi perustua manuaaliseen tai automatisoituun varastovalvontaan. VMI:n tavoitteena on taata materiaalien saatavuus asiakkaalle kaikissa tilanteissa.

2.2 VMI:n historia

VMI-toimintamallin juuret ovat kaupan alalta 1980-luvulta. Yksinkertaisimmillaan VMI:tä sovelsivat aluksi leipomot toimittaessaan leipää kauppojen hyllyille. 1980-luvun loppupuolella Wal-Mart-kauppaketju kehitti Yhdysvalloissa onnistuneen yhteistyömallin Proctor&Gamblen kanssa.

Alussa VMI oli varastontäydennysmalli, jossa kaikki vastuu oli toimittajalla. Toimittaja ylläpiti varastoa asiakkaan tiloissa ja teki täydennykset oman harkinnan mukaan. Sovellukset olivat lähinnä kaupan alalla, missä päästiin hyödyntämään erilaista myyntidataa (POS ym.) varastotilanteen selvittämiseksi. Tavoitteena VMI:ssä oli kokonaiskustannusten pienentäminen ja saatavuuden parantaminen.

Tietoteknologian kehitys on vauhdittanut myös VMI:n kehitystä. Sovellettaessa tietotekniikkaa VMI mallin tukena toimittaja saa tarkempaa kuvaa asiakkaalla tapahtuvista varastotapahtumista.

2.3 VMI:n variaatioita

VMI-toimintamallista löytyy kirjallisuudesta ja käytännöstä lukuisia variaatioita. Kaikissa niissä ei välttämättä ole saatavilla tietoa asiakkaan tiloissa olevista varastoista, vaikka teknologia sen mahdollistaisikin.

Puhuttaessa erilaisista varastontäydennysmalleista kirjallisuudessa käytetään usein termiä Retailer-Supplier Partnership, RSP. Tällöin on yleensä kyse tietyn-tyyppisistä kaupan sovelluksista. Esimerkiksi Simchi-Levin et al. (2003) mallin mukaan toimittaja täydentää RSP:ssä varastoa asiakkaalta saamansa tiedon perusteella ja toimittaja omistaa varaston, kunnes asiakas on myynyt tavaran eteenpäin. Tällaiset rajoitukset eivät sovellu kovin yleisesti teolliseen ympäristöön.

Kaupintavarasto

Kaupintavarasto (Consignment stock) on fyysisesti asiakkaan omistama varasto, joka kuitenkin on taloudellisessa mielessä toimittajan omistuksessa. Kaupintavarastoa käytetään tyypillisesti halvoille nimikkeille, joita kulutetaan paljon. Varasto voi sijaita asiakkaan tiloissa, esimerkiksi tuotantolinjan yhteydessä. Toimittaja vastaa nimikkeiden riittävydestä ja saatavuudesta ja saa niistä maksun kulutuksen mukaan.

Elvanderin (2005) mukaan kaupintavarasto ei lainkaan ole VMI:tä, vaan vaihtoehtoinen malli materiaalien omistajuuteen. Tämä tulkinta tuli vastaan myös TEMO-hankkeessa, kun tutustuimme ruotsalaisiin VMI-ratkaisuihin. Kun kerroimme C-luokan nimikkeiden VMI-malleista Suomessa, ruotsalaiset isäntämme totesivat tämän olevan heidän näkemyksensä mukaan puhdasta kaupintavarasto-toimintaa (Hemilä et al., 2007).

Quick-Response

Quick-Response (QR) on varastohallintastrategia, jossa toimittaja vastaanottaa asiakkaalta myyntitiedon (POS-data), jonka perusteella toimittaja synkronoi omaa tuotantoaan ja varastotoimintojaan asiakkaan myyntiin nähden. POS-datan perusteella parannetaan toiminnan ennustettavuutta ja tuotannon suunnittelua sekä vähennetään läpimenoaikaa (Simchi-Levi et al., 2003).

Continuous-replenishment

Continuous-replenishment-mallia kutsutaan joskus myös Rapid-replenishment-malliksi (Simchi-Levi et al., 2003). Tässä mallissa toimittaja vastaanottaa POS-dattaa, jonka perusteella hän sitten muodostaa toimituserät ennalta sovitun täydennystiheyden mukaisesti. Täydennystapaa voidaan päivittää tilanteen mukaan ottaen huomioon esimerkiksi myyntikampanjat tms. menekin vaihtelut.

Cross-Docking

Cross-Docking-toimintamalli tarkoittaa menettelyä, jossa tavarantoimittaja koostaa toimituserät ostajan asiakkaiden tilausten mukaisesti, valmiiksi pakattuihin ja merkittyihin eriin ja hoitaa niiden kuljetuksen yhtenä eränä ostajan tavarant vastaanottoon tai suoraan tämän lähettämöön. Saapunut erä siirretään heti vastaanotosta lähettämöön ilman välivarastointia ja lajitellaan asiakaskohtaisesti toimituseriin. Kun kaikilta tavarantoimittajilta tulleet erät on lajiteltu, ovat asiakaskohtaiset toimituserät valmiita (näihin voidaan lisätä myös toimituseriä varastosta normaalina varastokeräilyinä), ja ne kuljetetaan asiakkaille.

CMI

CMI, Co-managed inventory, on malli, jossa varastohallinnan vastuu on jaettu asiakkaan ja toimittajan kesken. Joidenkin kirjallisuuslähteiden mukaan voidaan CMI:tä pitää lähes synonyyminä VMI:lle, joskaan termi ei ole laajemmin vakiintunut käytäntöön.

Christopherin (1998) mukaan CMI on parempi nimi VMI:lle. Christopher esittää, että VMI on yhteistyömalli, jossa asiakas antaa kysyntäinformaation toimittajalle ja toimittaja tekee sen perusteella täydentämisspätöksen. Menestyksessä toiminnassa vastuuta on kummallakin osapuolella, mihin CMI-termin paremmuus Christopherin (1998) mukaan perustuu.

Elvander (2005) puolestaan on tulkinnut CMI:n malliksi, jossa asiakas generoisi ennusteen ja jonka mukaan toimittaja tekee täydennyspätöksen.

JMI

Joint-managed inventory (JMI) perustuu toimittajan asiakkaan luomaan toiminnan yhteissuunnitelmaan. JMI edellyttää ymmärrystä kumppanin liiketoiminnasta sekä jatkuvaa tiedonvaihtoa. Elvanderin (2005) tulkinnan mukaan JMI on VMI:stä seuraava kehitysvaihe, jossa ennustaminen ja täydennykset ovat toimittajan ja asiakkaan jaetulla vastuulla. JMI-termiä ei akateemisissa kirjallisuudessa juurikaan esiinny, mutta käytännön sovelluksia on olemassa (Elvander, 2005).

SMI

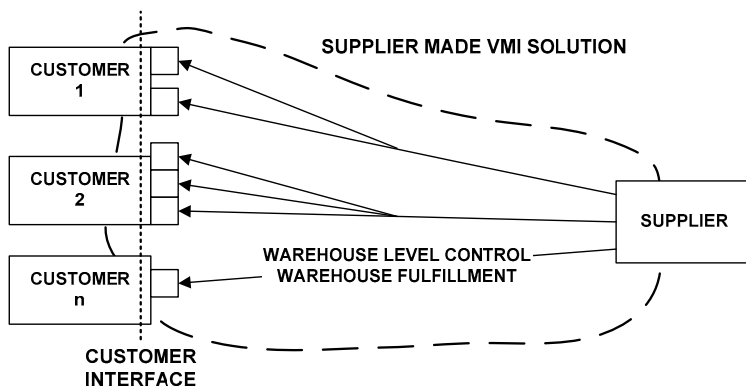
Supplier Managed Inventory (SMI) on Elvanderin (2005) kirjallisuustutkimuksen mukaan eurooppalainen vastine Yhdysvalloissa kehitetylle VMI:lle. SMI:ssä materiaalitarpeen ennustaminen ei perustu POS-dataan, vaan asiakkaan tuotantoennusteisiin. CPFR.org-sivustolta löytyy jopa maininta, että SMI olisi de facto standardi eurooppalaisen teollisuuden jatkuvien täydennyksien (continuous replenishment) malleissa.

DMI

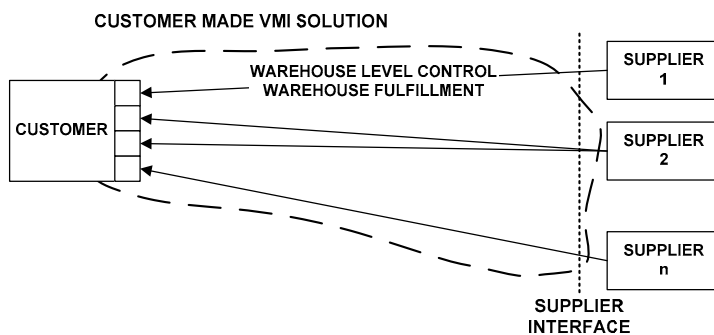
Distributor Managed Inventory (DMI) -malli kattaa Elvanderin (2005) tulkinnan mukaan ketjussa ”toimittaja–valmistaja–asiakas” välin valmistajasta asiakkaaseen. Tämän tulkinnan mukaan VMI taas toimisi toimittajan ja valmistajan välillä. Akateeminen kirjallisuus ei Elvanderin (2005) tutkimuksen mukaan tunne DMI:tä.

2.4 Käytännön VMI-palvelumallit teollisuudessa

TEMO-tutkimuksessamme keskityttiin alempiarvoisten nimikkeiden hyllytyspalveluihin suomalaisessa teollisuudessa. Näissä tapauksissa VMI ei ollut lähtökohtaisesti yhteistyömalli vaan joko toimittajan tai asiakkaan luoma toimintamalli. Toimittajan luomassa mallissa (kuva 1) on toimittaja standardoinut hyllytyspalvelun, jota se tarjoaa kaikille asiakkailleen. Tapauskohtaisesti määritellään täydennystiheys ja hyllykohtaiset minimi- ja maksimiarvot. Tarjoamalla identtisiä palveluita eri asiakkaille toimittaja pyrkii parempaan palvelutasoon ja tehokkuuteen. Asiakkaan luoma malli taas on asiakkaan näkökulmasta standardoitu ratkaisu (kuva 2). Asiakas edellyttää toimittajiltaan tiettyä toimintamallia, jolloin mm. toimittajahallinta helpottuu.



Kuva 1. Toimittajan luoma VMI-malli.



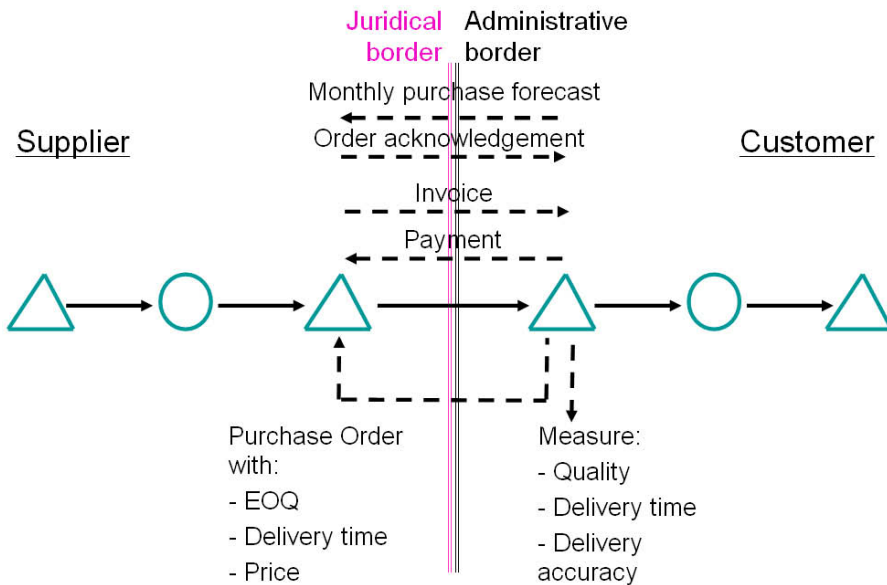
Kuva 2. Asiakkaan luoma VMI-malli.

TEMO-hankkeessa tutustuimme myös ruotsalaisiin toimintamalleihin, jotka olivat A- ja B-luokan nimikkeiden sovelluksia. A- ja B-luokan nimikkeet voivat olla mittatilaustyönä teetettäviä tuotteita, joille ei löydy standardiratkaisua markkinoilta, joten toimittajayhteistyö muodostuu asiakkaan kannalta kriittiseksi.

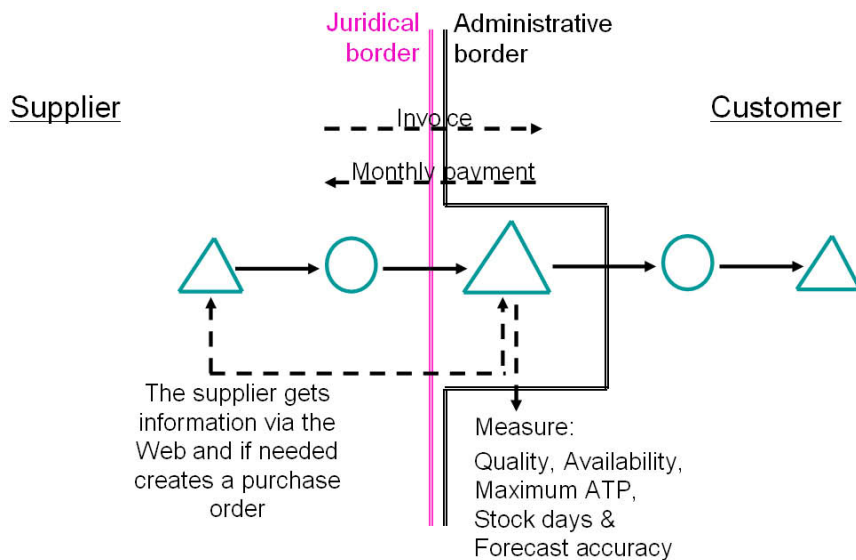
Kun VMI:tä rakennetaan yhteistyössä toimittajan ja asiakkaan kesken, voidaan toteuttaa räätälöity ratkaisu, jossa kumpikin osapuoli selkeästi hyötyy mallista. Kalliimpien nimikkeiden kohdalla toimittaja-asiakassuhteet ovat usein pitkäkestoisia. Tietenkin myös C-luokan nimikkeiden toimittajasuhteet voivat olla strategisia ja yhteistyö pitkäjänteistä, mutta keskeinen ero on, että markkinoilta löytyy vaihtoehtoisia toimittajia.

Yhteistyössä rakennettavan VMI-mallin esimerkki löytyy kuvista 3 ja 4. Kuvassa 3 on perinteinen toimittaja-asiakassuhde, jossa kummallakin toimijalla on omat varastot saapuville ja lähteville tuotteille. Tällöin tuotteiden kaupassa juridinen ja hallinnollinen raja kulkee toimijoiden välillä. Yhteistyöhön voi sisältyä ennustetiedon välittämistä tilaustietoa, sekä lasku- ja maksuliikennettä.

Perinteistä kehittyneempi VMI-malli poistaa tarpeen toimittajan ylläpitämälle omalle varastolle (kuva 4). Toimittaja tekee omaa tuotantoa suoraan asiakkaan varastoon, jolloin hallinnollinen raja siirtyy asiakkaan varastoon, mutta juridinen raja on silti toimijoiden välillä. Tämä tarkoittaa sitä että toimittaja vastaa varaston sisällöstä, mutta asiakas omistaa varaston ja siellä olevat nimikkeet. Asiakas on velvollinen lunastamaan kulloisenkin varaston materiaalit, vaikka niitä ei tuotannossa tarvittaisikaan. Käytännössä omistajuus on kuitenkin nimellinen, sillä maksu tapahtuu vasta käytön mukaan. Tähän malliin voidaan sisällyttää ennustetietoa tulevasta menekistä, jonka perusteella toimittaja voisi suunnitella omaa tuotantoaan vastaamaan muuttuvaan tarpeeseen.



Kuva 3. Toimittaja-asiakassuhde ennen VMI-ratkaisua (Hemilä et al. 2007).



Kuva 4. VMI-yhteistyömalli (Hemilä et al. 2007).

Kuvan 4 esittämä malli tulee kysymykseen, kun tuotenimike on asiakaskohtainen, jolloin nimikkeen tuotanto suunnitellaan ja toteutetaan yhtä asiakasta varten. Teollisuuden alempiarvoisten C-nimikkeiden tapauksissa toimittajat eivät yleensä ole optimoineet toimintaansa omaa varastoa poistamalla. C-nimikkeet ovat usealle asiakkaalle tarjottavia standardinimikkeitä, joiden puskurivarasto on usein myös toimittajalla.

2.4.1 Sovelluskohteet

VMI:tä voidaan soveltaa teollisuudessa kolmen pääkategorian mukaan: pysyvissä, väliaikaisissa ja liikkuvissa kohteissa. Taulukko 1 kuvaa erilaisia TEMO-tutkimuksen kuluessa havaittuja VMI-sovelluskohteita (Hemilä, 2006).

Taulukko 1. Erilaisia VMI-sovelluskohteet (Hemilä, 2006).

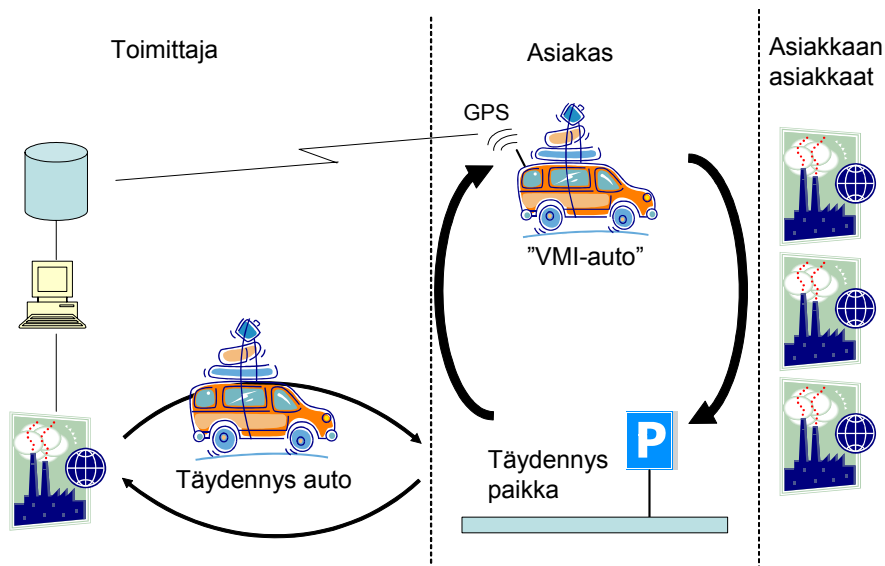
VMI-kohte		Mahdollinen VMI-sovellus
Pysyvät kohteet	Tehtaat	• Hyllytyspalvelu, ns. perinteinen VMI manuaalisella tai visuaalisella seurannalla
	Tuotantolaitokset	• Hyllytyspalvelu reaaliaikaisella seurannalla
Väliaikaiset kohteet	Väliaikaiset varastot	• “VMI-kontti”, tuotteet kontissa, täydennys kuten kiinteässä hyllytyspalvelussa. Valvonta/seuranta manuaalisesti tai automaattisesti
	Projektikohteet	• Väliaikainen VMI-hylly, valvonta/seuranta manuaalisesti tai automaattisesti
	Rakennustyömaat	
Liikkuvat kohteet	Liikkuvat varastot	• Huoltoautot, “VMI-autot” • GPS-paikannustieto ja -seuranta. • Täydennys tien päällä kulutustiedon mukaisesti

Perinteisesti VMI:n on havaittu soveltuvan hyvin tuotantotoimintaan, tehtaisiin ja muihin pysyviin kohteisiin. Tällöin soveltuva ratkaisu on VMI-hyllytyspalvelu (tai VMI-variaatio), joka voi perustua toimittajan tai asiakkaan rakentamaan malliin.

Uudempaa ajattelua ovat väliaikaiset VMI-sovelluskohteet. Kiinnitystarvikkeet, kemikaalit ruuvit ja mutterit ovat nimikkeitä, jotka soveltuvat niin valmistavaan teollisuuteen kuin esimerkiksi rakennusteollisuuteen. Käytännössä on esimerkkejä, joissa VMI-toimittaja on luonut ”VMI-kontin”. Kontti sisältää erilaisia nimikkeitä samoin kuin VMI-hyllytkin, mutta ratkaisu mahdollistaa siirrettävyyden. Kontin sisältö voi olla kertaluonteisesti täytettävä, jolloin täysi kontti vietään kohteeseen ja haetaan käytön jälkeen pois. Konttia voidaan myös täydentää kuten pysyvien kohteiden hyllyjä. Valvonnassa ja seurannassa voidaan soveltaa teknologiaa tai täydennys voi perustua manuaaliseen tarkastukseen.

Liikkuvat kohteet ovat sen sijaan alue, jossa käytännön sovelluksia ei tietävästi juurikaan ole. Perusajatus on vastaava kuin kontissa tai pysyväiskohteessa. Liikkuva kohde voi olla vaikka huoltoauto, joka kiertää asiakkaiden luona paikasta toiseen. Toimittaja voi ylläpitää liikkuvan kohteen varastoa oman liikkuvan täydennysvarastonsa avulla. GPS-paikannusjärjestelmän avulla toimittaja saa selville liikkuvan varaston kulloisenkin sijainnin. Teknologiaa hyödyntäen toimittaja saa

tiedon myös liikkuvan varaston (VMI-auto, kuva 5) nimikemääräistä. Asiakkaan kanssa sovitaan täydennyksen ajankohta ja paikka, mutta toimittaja vastaa siitä, että täydennys tapahtuu riittävän usein taatakseen nimikkeiden saatavuuden.

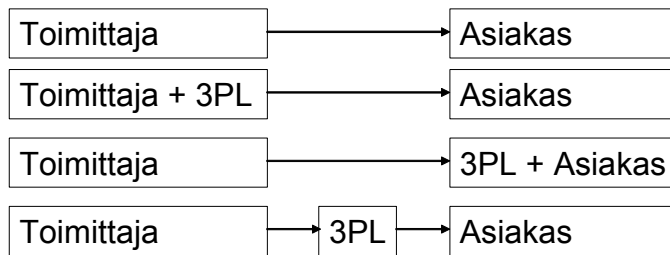


Kuva 5. Liikkuvan VMI-varaston periaate.

VMI:n soveltuvuudesta erilaisille nimikkeille on monenlaisia näkemyksiä. Eräiden lähteiden mukaan tarvitaan suuret volyymit ja laaja nimikekirjo ennen kuin VMI on kannattavaa (esim. Elvander, 2005; Småros et al., 2003). Usein edellytetään myös tasaista kysyntää tai kulutusta. C-nimikkeissä täydennystiheys ja -määrä räätälöidään kuitenkin tilanteen mukaan. Joissakin käytännön sovelluksissa täydennys voi tapahtua jopa vain kerran vuodessa ja täydennysmäärät olla alhaisia. Tällainen toiminta voi silti olla toimittajalle kannattavaa.

2.4.2 Logistiikan palvelutarjoajan hyödyntäminen VMI-toiminnassa

Logistiikan palvelutarjoajan käyttö VMI-operaatioissa ei ole vielä kovin yleistä eikä akateemisesta kirjallisuudesta löydy tästä mainintoja. Operaattorilla voi olla kuitenkin merkittävä rooli käytännön VMI-palveluiden yhteydessä. Kuva 6 esittää periaatteet, miten operaattori voi toimia VMI-kumppanina.



Kuva 6. Logistiikan palveluntarjoaja VMI-toiminnassa.

Kuvassa 6 yllänä on perinteinen toimittaja-asiakas-VMI-malli, jossa operaattoria ei ole. Seuraava mallissa toimittaja on valinnut kumppanikseen operaattorin, jonka kanssa tarjotaan asiakkaalle hyllytyspalvelua. Tätä konseptia voidaan tarvittaessa tarjota usealle asiakkaalle. Kolmas malli on asiakkaan ja operaattorin yhteistyömalli, jossa asiakas on valinnut operaattorin sisääntulevan logistiikan hoitajaksi. Kaikki materiaali tulee operaattorin kautta, jolloin asiakas ei tee logistisia toimintoja. Myöskään toimittaja ei tässä tapauksessa operoi asiakkaan tiloissa, vaan toimittaa materiaalit operaattorille. Alinna on lähinnä teoreettinen malli, josta ei ole tätä kirjoittaessa tiedossa käytännön esimerkkejä. Idea siinä on, että operaattori toimii itsenäisenä materiaalivirtojen integraattorina, joka voi ostaa nimikkeitä eri toimittajilta ja tarjota niitä eteenpäin eri asiakkaille. Toiminta lähestyy tukkutoimintaa, jossa erityinen painoarvo on logistisella osaamisella ja sen tehokkaalla hallinnalla. Etuna tässä mallissa olisi mahdollisuus ottaa parhaat nimikkeet valituilta toimittajilta. Esimerkiksi MRO-nimikkeissä asiakkaat ovat nykymallin mukaisesti usein yhden toimittajan varassa ja valitsevat kyseisen toimittajan koko tuotekirjon. Operaattorin välittämän palvelun kautta asiakas voisi kustannustehokkaasti saada usean toimittajan nimikkeitä niin sanotusti ”yhden luukun periaatteella”.

Keskeisin kysymys VMI-operaattorin käytölle on, onko hyllytys- ja myyntiprosessit eriytetty vai yhdessä toimittajalla. Mikäli hyllytysprosessi on yhdistetty myyntiprosessiin, niin sama henkilökunta tekee asiakkaan tiloissa myyntityötä (tuote-esittelyt, markkinointi, tulevaisuuden suunnittelu jne.) ja samalla hoitaa hyllytykseen liittyvän logistiikan (materiaalien siirto kuljetusautosta hyllytyspisteelle, pakkausten purku, pakkausmateriaalien hävittäminen, tiedonkeruu seuraavaa täyttöä varten jne.). ”Perushyllyttäminen” on puhdasta materiaalilogistiikkaa, jonka logistiikkaan erikoistunut palveluyritys voi hoitaa tehokkaasti. Tällöin toimittaja voi keskittyä omaan ydinosaamiseensa eli materiaalivalintoi-

hin, nimikevalikoiman kehittämiseen sekä myynti- ja markkinointityöhön. Yritysten toimintatavoissa on käytännössä suuriakin eroja myynti- ja hyllytysprosessien jaon suhteen. Joidenkin näkemysten mukaan hyllytystä ei voida irrottaa myyntiprosessista. Joidenkin mielestä taas ei missään tapauksessa kannata antaa myynnin ammattilaisten hoitaa hyllyttämistä. Tapauskohtaisesti kannattaa valita omaan toimintaan parhaiten sopiva ratkaisu.

2.4.3 Informaationäkökulma

Tiedonkululla on VMI-toiminnan tehokkuuden kannalta usein merkittävä rooli. Tällöin puhutaan usein nimenomaan ennusteinformaatiosta ja sen vaikutuksista toiminnan tehostamisessa. Tarve tiedolle on kuitenkin hyvin erilainen riippuen siitä, millaisesta materiaalista kulloinkin on kyse. C-nimikkeiden VMI-ratkaisuihin ei yleisesti liity järjestelmällistä tiedonvaihtoa toimittajan ja asiakkaan välillä. Kuitenkin toimittajan olisi tärkeää saada tietoa esimerkiksi asiakkaan varastotilanteesta. A- ja B-luokan nimikkeissä ennustetiedon merkitys korostuu, kun nimikkeet valmistetaan ja toimitetaan asiakkaan tiloihin tuotantoennusteen mukaisesti.

Asiakas saa tietoa tulevasta menekistä omalta myyntiorganisaatioltaan ja asiakaskailtaan. Tätä tietoa tarvitaan tuotannonsuunnittelussa ja sitä voidaan jakaa myös muuhun toimitusketjuun suunnittelun tueksi. C-nimikkeiden osalta VMI:ssä materiaalia pyritään aina pitämään varastossa, jolloin asiakas ei aina tarvitse tietoa materiaalisaldoista, mutta VMI-palvelun kautta hankittavat A- ja B-nimikkeet sen sijaan kirjataan aina saldoihin. Asiakas voi tarvita erilaista varastoa koskevaa tapahtumatietoa ja etenkin VMI-nimikkeisiin liittyvää kustannustietoa. Yleisesti ottaen nimikkeisiin ja varastoon liittyvää tietoa tarvitaan erilaista liiketoimintaan liittyvää raportointia varten.

Toimittajalle tieto on ensiarvoisen tärkeää toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Koska VMI:ssä toimittaja vastaa materiaalien saatavuudesta asiakkaan tiloissa, olisi hänen pysyttävä selvillä asiakkaan varaston tapahtumista. Tilanne on sama kaikilla materiaaluokilla. Vähempiarvoisissa materiaaleissa ei tietenkään olla niin kriittisellä polulla, kun materiaalia voidaan pitää reilusti (tilojen puitteissa) varastossa. Kriittisten materiaalien osalta saatavuus on taattava usein vähemmällä varmuusvarastolla, jolloin ennustetieto ja kulloisenkin tilanteen tunteminen on toimittajalle ensiarvoisen tärkeää.

2.4.4 VMI-toiminnan edut ja haitat

VMI-toiminnasta voidaan todeta syntyvän monenlaisia etuja sekä toimittajalle, asiakkaalle että mahdolliselle logistiikan palveluyritykselle. Holmström (1998) toteaa VMI-toiminnan päämääräksi alentaa kustannuksia ja vähentää hallintoa. Kustannukset ovat liiketoiminnan kannalta monesti keskeisin motiivi, ja myös akateemisen kirjallisuuden mukaan ne ovat yleisin ajuri VMI-toimintaan siirtymiseksi. Toiminnan rationalisointi on toinen selkeä VMI:n etu, kun perinteistä, runsaasti aikaa ja hallintoa vaativaa tilausrutiinia ei tarvita. Toiminta etenee saumattomasti, kun yhteiset pelisäännöt, kuten toimituserät, toimitustiheys ja hälytysrajat, on sovittu.

Toimittajalle VMI tarkoittaa usein tapaa saada pitkäkestoinen asiakassuhde. Eri käytännön tapauksissa on noussut esille, että VMI-toimittajiksi valikoituu toimittajia, joiden kanssa asiakkaat pyrkivät pitkäjänteiseen yhteistyöhön. VMI nähdään monesti jopa strategisena kumppanuutena, jolloin VMI-toimittajaa ei helpposti vaihdeta, vaikka markkinoilla olisi muitakin vastaavia tuotteita tarjoavia toimittajia. Erityisesti A- ja B-nimikkeiden VMI-yhteistyömallit ovat pitkäkestoisia kumppanuuksia (Hemilä et al., 2007).

VMI-toiminnasta muodostuvia etuja asiakkaalle ovat mm. seuraavat (koottu Elvanderin, 2005 havainnoista):

- kustannustehokkuus paranee
- varastoihin sitoutuu vähemmän pääomaa
- ei tarvita raskasta tilausprosessia
- voidaan käyttää koontilaskutusta
- saadaan pidempi suhde toimittajaan
- riski alenee
- varastoja voidaan pienentää
- palvelutaso paranee.

Etuja toimittajalle puolestaan ovat:

- pitkäkestoinen asiakassuhde
- mahdollisuus oman toiminnan optimointiin ja joustavuuteen
- kysynnän tasoittuminen

- paremmin optimoidut kuljetukset
- myynnin lisääntyminen ja
- VMI:n toimiminen strategisena työkaluna.

2.5 VMI:n tulevaisuus

VMI:tä on jo sovellettu laajasti niin kaupan kuin teollisuudenkin sovelluksissa. Sitä hyödynnetään monenlaisissa materiaalivirroissa (A-, B- ja C-nimikkeet), joskin toimintaperiaatteet vaihtelevat.

Teollisuuden ja kaupankäynnin globalisoituessa myös materiaalivirrat ovat usein globaaleja. VMI:tä sovelletaan kuitenkin yleensä lyhyiden etäisyyksien toimittaja-asiakassuhteissa, vaikkakin jo nykyisellään löytyy VMI-sovelluksia, joissa toimittaja sijaitsee eri maassa kuin asiakas. Tulevaisuudessa globaali VMI-toiminta tuskin on poikkeuksellista: infrastruktuuri kehittyä, ja lähes joka maailman kolkkaan on hyvät logistiset yhteydet. Tällöin VMI-toimitukset ovat mahdollisia lähes minne vain, mutta toiminnan kustannustehokkuuteen joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota.

Informaationäkökulman odotetaan jatkossa entisestäänkin korostuvan. Erityisesti toiminnan globalisoituessa on toimittajan saatava tietoa asiakkaan tiloista niissä käymättä. Erilaisten teknologioiden välityksellä siirrettävän tiedon määrän lisääntyminen tuo mukanaan tietoturvariskejä, joihin varautuminen edellyttää merkittäviä kehityspanostuksia.

Lähteet

Christopher, M. (1998) Logistics and supply chain management – Strategies for reducing cost and improving service. Prentice Hall, London.

Ellinger, A., Taylor, J. & Daugherty, P. (1999) Automatic replenishment programs and level of involvement: Performance implications. International Journal of Logistics Management. Ponte Vedra Beach: 1999. Vol. 10, Iss. 1, s. 25 (12 s.)

Elvander, M. (2005) A theoretical mapping of the VMI concept – A literature review. Lund University, Sweden.

Hemilä, J., Happonen, A. & Jansson, K. (2007) Vendor Managed Inventory models in Sweden. Industrial benchmarking experiences from autumn 2006. VTT Working Papers 70, VTT, Espoo. 26 p. ISBN 978-951-38-6621-1. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2007/W70.pdf>.

Hemilä, J. (2006) The Creation of a Mobile Vendor Managed Inventory Solution in an Industrial Context. Conference Proceedings of the ICIL2006, International Conference on Industrial Logistics, Kaunas, Lithuania, June, 26–29, 2006.

Hemilä, J., Häkkinen, K. & Uoti, M. (2006) A research agenda for the creation of a new vendor managed inventory model with utilisation of mobile technologies in an industrial context. Conference Proceedings of the ISL2006, International Symposium on Logistics, July, 9.–11. 2006, Beijing, China.

Hines, P., Lamming, R., Jones, D., Cousins, P. & Rich, N. (2000) Value Stream Management – Strategy and excellence in the supply chain. Prentice Hall, London.

Holmström, J. (1998) Business process innovation in the supply chain a case study of implementing vendor managed inventory. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 4, s. 127–131.

Infoaccess (2007). IT-yrityksen web sivut. Saatavissa: <http://www.infoaccess.net/>. (Haettu 12.1.2007)

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2003) *Designing and Managing the Supply Chain – Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill.

Småros, J., Lehtonen, J.-M., Appelqvist, P. & Holmström, J. (2003) The impact of increasing demand visibility on production and inventory control efficiency. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 33 No. 4, s. 336–354.

Vendormanagedinventory.com (2007) VMI-tietosivusto. Saatavissa: www.vendormanagedinventory.com (haettu 12.1.2007)

3. Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisen tukkukaupan toimitusketjuun

Erno Salmela

Tämä julkaisun osa on referoitu Lappeenrannan teknillisen yliopiston sarjassa julkaistusta raportista Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjuun suomalaisessa ympäristössä. CASE-tutkimus (Salmela et al., 2007).

3.1 Johdanto

Toimitusketjun kehittämisessä ja johtamisessa on sovellettu erilaisia filosofioita erityisesti kahden viime vuosikymmenen aikana. 1990-luvulla nousivat esille erityisesti päivittäis- ja kulutustavaroiden toimitusketjuissa yhteistyöhön ja kysynnän hallintaan perustuvat, asiakaslähtöiset filosofiat, kuten CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) ja ECR (Efficient Consumer Response) (Frankel et al., 2002). Yhteistyö- ja kysyntäperusteisten filosofioiden kehittämisen pääajureita olivat lisääntynyt kilpailu, lyhentyneet tuotteiden elinkaaret, epävarma kysyntä ja monimutkaistuneet toimitusketjut (Fisher, 1997; Fliedner, 2003). Toimitusketjukumppaneiden välistä yhteistyötä pidetään yhtenä keinona parantaa toimitusketjun suorituskykyä sekä lisätä toimitusketjun liiketoimintaa (Ellram & Cooper, 1990; Lambert et al., 1999). Syvässä yhteistyösuhteessa (kollaboraatio) kumppaneilla ovat yhteiset tavoitteet ja päätöksentekoprosessit, jotka tähtäävät molemminpuolisiin strategisiin hyötyihin (Stank et al., 2001). Sabathin & Fontanellan (2002) mukaan historian aikana esitellyistä erilaisista toimitusketjustrategioista syvän yhteistyön soveltaminen käytäntöön on ollut kuitenkin heikointa. Kysyntäperusteisia filosofioita käytettiin kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamiseen, jotta voitaisiin lyhentää varaston kiertoaikoja, pienentää varastotasoja, vastata nopeammin asiakaskysyntään (Cassivi et al., 2004) sekä vähentää varastotasojen heilahteluja toimitusketjussa (Lee et al., 1997).

3.2 Metodologia

Tutkimuskohteena oli kollaboraatio teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjussa konepaja-asiakkaan ja teknisen tukkukaupan välillä suomalaisessa ympäristössä. Kollaboraatiolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa yritysten ja ihmisten välistä syvää yhteistyötä, jota IT (Information Technology) voi tarvittaessa tukea (Sanders & Premus, 2005).

Osa tutkimuksen piirissä olevista nimikkeistä käytettiin tuotannon lisäksi myös kunnossapidossa. Pelkästään kunnossapidossa käytettävät nimikkeet rajattiin kuitenkin tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiden kulutuskäyttäytyminen eroaa huomattavasti tuotannossa käytettyjen nimikkeiden kulutuskäyttäytymisestä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kollaboraation soveltuvuutta tarkasteltuun toimitusketjuun sekä kollaboraation hyödyntämisen nykytilaa tarkastellussa toimitusketjussa. Lisäksi arvioitiin, kuinka kollaboraation soveltamisella voitaisiin tulevaisuudessa parantaa toimitusketjun suorituskykyä.

Tutkimus suoritettiin laadullisena tapaustutkimuksena, jossa käytettiin pragmaattista systeemitutkimustapaa. Tutkimuksen lähtökohdaksi selvitettiin tutkitun toimitusketjun liiketoimintaympäristön ominaispiirteet sekä tärkeimmät kehityskohteet ja ongelmat, eli tutkimus oli hyvin liiketoimintalähtöinen (pragmaattinen). Systeemitutkimuksen tavoite on kytkeä yhteen yksittäisiä elementtejä kokonaisuuden analysoimiseksi sen sijaan, että keskityttäisiin yksittäisiin elementteihin (Arbnor & Bjerke, 1997; Checkland, 1993). Systeemitutkimustapa valittiin, koska kokonaisvaltaisen, toimitusketjun eri johtamistasot integroivan kollaboraation arvioitiin tuovan toimitusketjulle paremmat hyötymahdollisuudet kuin yksittäisiin johtamistasoihin rajoittuva kollaboraatio. Tutkimusmetodeina käytettiin teemahaastatteluita, ryhmätyöskentelyä sekä havainnointia.

Kollaboraation tutkimisessa tarkastellussa toimitusketjussa käytettiin CPFR-filosofiaa. CPFR valittiin tutkimusviitekehykseksi sen kokonaisvaltaisuuden (eannet-france.org, 2007) takia, mikä mahdollisti tutkimuskohteen tarkastelun kokonaisuutena integroiden strategisen, taktisen ja operatiivisen tason johtamisen prosessit. CPFR-filosofia on kehitetty alun perin päivittäis- ja kulutustavaroiden toimitusketjuihin, joissa sitä on myös eniten sovellettu ja tutkittu (Fliedner, 2003; Ireland & Bruce, 2000). Tämä oli toinen syy CPFR:n valintaan tutkimus-

viitekehukseksi, koska toimintaympäristöltään ja tuoteominaisuuksiltaan teknisellä tukkukaupalla ja päivittäistavarakaupalla on huomattavia yhtäläisyyksiä. CPFR:ää on sovellettu päivittäis- ja kulutustavarakaupan lisäksi myös muilla toimialoilla, kuten elektroniikka- ja kemianteollisuudessa, joten sen voidaan sanoa olevan yleistettävä viitekehys (VICS, 2004). Tämä yleistettävyys oli kolmas syy CPFR:n valintaan, sillä teknisellä tukkukaupalla ja päivittäistavarakaupalla on useiden yhtäläisyyksien lisäksi myös eroja

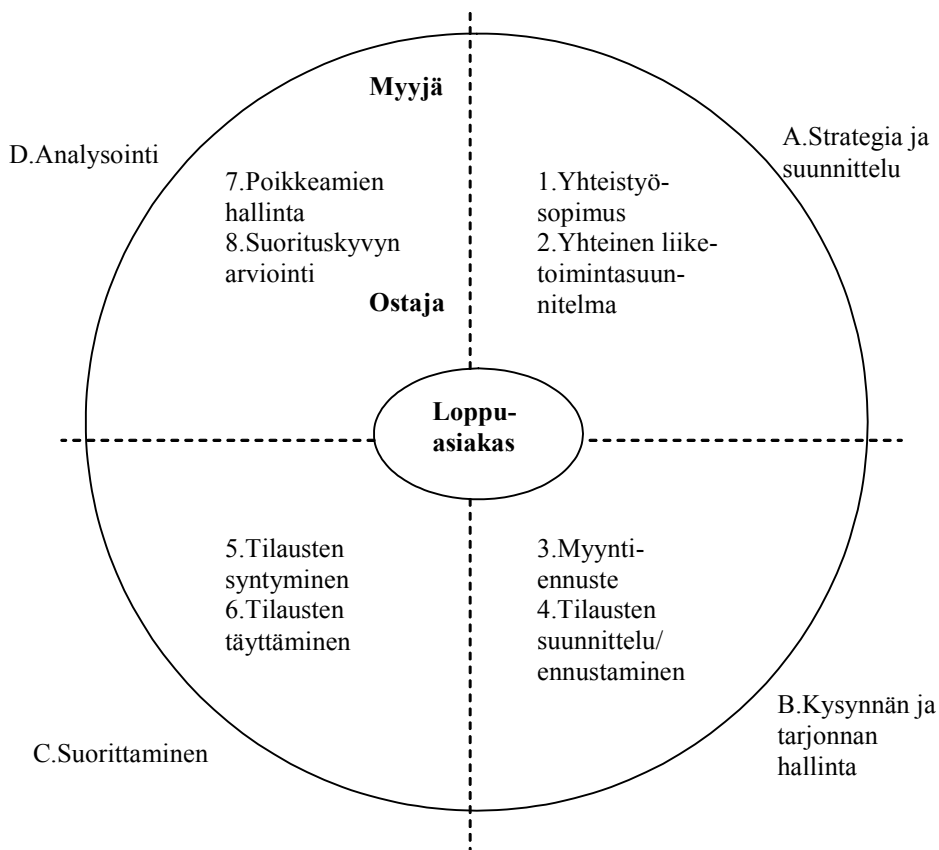
3.3 CPFR-filosofia

CPFR-filosofian tavoitteena on parantaa koko toimitusketjun suorituskykyä integroimalla suunnittelu-, ennustamis- ja tilaus-toimitusprosessit sekä näiden prosessien tietovirrat yritysrajojen yli (VICS, 2004). Tämä eroaa perinteisestä lähestymistavasta, jossa toimitusketjun osapuolet tavoittelevat omia voittojaan toimitusketjun kokonaisedun sijasta (Simatupaung & Sridharan, 2005). CPFR:n on kehittänyt ja sen ylläpidosta vastaa VICS:n (Voluntary Interindustry Commerce Standards) CPFR-komitea (VICS, 2006).

CPFR-filosofian perustana toimii CPFR-viitekehys, jonka päätaso on esitetty kuvassa 1. Viitekehyksessä keskipisteenä on loppuasiakas, jonka kysyntään toimitusketju vastaa. Viitekehys sisältää päätasolla neljä toimintoa ja kahdeksan tehtävää. Toimintoja ovat strategia ja suunnittelu, kysynnän- ja tarjonnanhallinta, suorittaminen sekä analysointi. Jokaisessa toiminnossa on kaksi tehtävää. Tehtävinä ovat strategia- ja suunnittelutoiminnossa yhteistyösopimus ja yhteinen liiketoimintasuunnitelma, kysynnän- ja tarjonnanhallinnatatoiminnossa myyntiennuste ja tilausten suunnittelu/ennustaminen, suorittamistoiminnossa tilausten syntyminen ja täyttäminen ja analysointitoiminnossa poikkeamien hallinta ja suorituskyvyn arviointi (VICS, 2004). Taulukkoon 1 on koottu lyhyet selitykset CPFR:n sisältämistä toiminnoista.

Kollaboraation ja CPFR:n soveltuvuutta käytäntöön on selvitetty useissa tutkimuksissa. Williamsonin (1986) mukaan transaktiokustannusten määrällä on vaikutusta yritysten välisen liiketoimintasuhteen luonteeseen. Syvä (kollaboratiivinen) yhteistyösuhde soveltuu yritysten välille, mikäli liiketoimintasuhteen transaktiokustannukset ovat korkeat, kun taas operatiivista liiketoimintasuhdetta pidetään parempana, jos transaktiokustannukset ovat matalat (Clemons et al.,

1993). Barratin ja Olivieran (2001) mukaan CPRF-toiminnassa yritysten välisen luottamuksen on oltava korkealla tasolla. Noekkentved (2000) puolestaan kirjoittaa CPRF:n soveltuvan toimintaympäristöön, jossa tuotteiden hinta ei ole kump-pania valittaessa määräävä tekijä, tuotteet ovat differoituja ja tarjontalähteitä on vähän. Stank et al. (1999) korostavat, että CPRF:ää käytettäessä volyymien (esim. tilausmäärät) on oltava suuria. Cassivin (2006) mukaan CPRF:stä on eniten hyötyä, kun sitä sovelletaan toimitusketjussa sekä toimittajien että asiakkaiden suuntaan.



Kuva 1. CPFR-päätason viitekehys (VICIS, 2004).

Taulukko 1. CPFRR-toimintojen selitykset.

A. Strategia ja suunnittelu

Luodaan perussäännöt kollaboraatiolle; mm. määritetään kollaboraation piirissä olevat nimikkeet ja toimintamalli sekä luodaan tapahtumasuunnitelmat ja tavoitteet.

B. Kysynnän ja tarjonnan hallinta

Sovitetaan yhteen kysyntä ja tarjonta. Ennustetaan loppuasiakkaan kysyntää tai saadaan tietoa tulevasta kysynnästä sekä suunnitellaan tilauksia ja toimituksia suunnitteluhorisontin sisällä.

C. Suorittaminen

Sisältää operatiivisia tilaus-toimitusprosessin toimenpiteitä, kuten tilausten tekemistä, lähetysten keräilyä, kuljetusta ja materiaalien vastaanottoa.

D. Analysointi

Seurataan ja analysoidaan suunnittelu- ja suoritustoimintojen suorituskykyä sekä poikkeamatilanteita. Lisäksi kehitetään toimintaa jatkuvasti ja yhteistyössä.

3.4 Tutkitun toimitusketjun kuvaus

Tässä luvussa keskitytään teknisen tukkurin ja sen asiakkaan välisen toimitusketjun ominaispiirteisiin, toimintatapoihin ja nimikkeisiin suomalaisessa ympäristössä. Toimitusketjussa sovellettiin yleisesti hyllypalvelutoimintamallia, jolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tukkurin suorittamaa materiaalien täydentämistä asiakkaan tuotantotiloissa tai varastoissa oleviin hyllyihin sovitun ohjausmallin mukaisesti. Tutkimushetkellä hyllyttäjä oli useimmiten tukkuri, mutta muutamassa tapauksessa logistiikkapalveluntarjoaja teki hyllytystyön. Taulukossa 2 on esitetty tyypillinen hyllypalvelutoimintamallin kokonaisprosessi jaoteltuna CPFRR:n neljän toiminnon mukaan prosesseihin. Taulukossa ei oteta kantaa yritysten väliseen kollaboraatioon eri prosesseissa.

Taulukko 2. Teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjussa käytetyn hyllypalvelutoimintamallin prosessit.

CPFR-toiminto	Prosesseja hyllypalvelutoimintamallissa
Strategia ja suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> – sopimuksen tekeminen – palvelutaso- ja laatuavoitteiden sekä mittareiden asettaminen – nimikkeiden määrittely – ohjausmallin ja ohjausparametrien määrittely
Kysynnän ja tarjonnan hallinta	<ul style="list-style-type: none"> – hyllykonfiguraation määrittäminen – hyllydokumentaation luominen ja päivitys – ohjausparametrien arvojen määrittely – tulevista suurista kysyntä- ja tarjontamuutoksista ilmoittaminen
Suorittaminen	<ul style="list-style-type: none"> – varastotilanteen tarkastus – ostotilaus/kotiinkutsu täydennystarpeen ilmetessä – tilauksen käsittely – materiaalin jakelu hyllypisteisiin – raportointi toimituksista – laskutus ja laskunkäsittely
Analysointi	<ul style="list-style-type: none"> – raporteista saatavan toimitustiedon analysointi – poikkeamien (esim. puutetilanteet) hallinta

Teknisen tukkukaupan nimikkeet olivat tyypillisesti tasaisen kulutuksen omaavia standardoituja sopimustuotteita, joiden hinta oli melko matala ja hankintaketju lyhyehkö. Tutkitut tukkukauppanimikkeet sisälsivät tavallisesti tuotannossa ja kunnossapidossa käytettäviä mekaniikka-, sähkö- ja hydraulikkanimikkeitä. Teknisistä nimikkeistä sähkötarvikkeet olivat standardoidusti koodattuja lain-säädännön asettamien vaatimusten takia. Koodaus tarkoitti käytännössä myös nimikkeiden määräkirjanpitoa (saldollisuutta) varastojärjestelmissä. Vastaavaa koodausstandardointia ei ollut mekaniikka- ja hydraulikkanimikkeillä, joilla ei myöskään varastosaldoja yleensä ollut kirjattuna järjestelmiin. Sähkötarvikkeiden ja mekaniikka- ja hydraulikkatarvikkeiden välillä toinen saldollisuuteen/saldotto-muuteen vaikuttava ero oli tuotteiden yksikköhinta. Kappaletasolla tarkasteltuna sähkötarvikkeiden hinta oli keskimäärin mekaniikka- ja hydraulikkatarvikkeiden hintaa korkeampi. Tosin pakkaustasolla tämä hintaero tasoittui.

Taulukkoon 3 on koottu oikeaan sarakkeeseen teknisen tukkukaupan nimikkeiden ominaispiirteitä ja vasempaan sarakkeeseen näiden nimikkeiden toimitusketjun (ja siinä yleisesti sovellettavan hyllypalvelutoimintamallin) ominaispiirteitä/ongelmia suomalaisessa liiketoimintaympäristössä.

Taulukko 3. Teknisten tukkukauppanimikkeiden ja niiden toimitusketjun ominaispiirteitä suomalaisessa ympäristössä.

Teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjun ominaispiirteitä	Teknisen tukkukaupan nimikkeiden ominaispiirteitä
<ul style="list-style-type: none"> – Hyllypalvelu vaati huomattavaa henkilöstön työmäärää, mikä aiheutti suuren kustannuserän. – Melko suurista varmuus-varastotasoista huolimatta puutetilanteita syntyi silloin tällöin. Tämä aiheutti huomattavia lisäkustannuksia materiaalin arvoon verrattuna. – Maantieteelliset etäisyydet olivat pitkiä. – Volyymit olivat pieniä/keskisuuria esimerkiksi Keski-Eurooppaan verrattuna. – Luottamus oli liiketoimintakumppaneiden välillä hyvällä tasolla. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nimikkeiden hinta oli suhteellisen pieni verrattuna niiden materiaalihallinnan kokonaiskustannuksiin. – Jotkin nimikkeet saattoivat olla riskiltään suuria. Nimikkeen puuttuminen saattoi pahimmassa tapauksessa pysäyttää tuotantolinjan. – Nimikkeet olivat pienikokoisia ja niitä oli kappalemäärältään paljon. – Nimikkeet olivat standardityyppisiä, jolloin niitä voi käyttää yleiskäyttöisesti eri kohteissa. – Nimikkeiden kustannukset kirjattiin usein yleiskustannuksiin eli niitä ei kohdennettu yksittäiselle tuotteelle tai työlle. – Nimikkeiden kulutus oli toistuvaa ja suhteellisen tasaista. – Nimikkeiden elinkaari oli vuosia eli huomattavasti pidempi kuin esimerkiksi elektroniikkateollisuuden komponenteilla. – Matalahintaisimpien ja pienikokoisimpien materiaalien toimitukset tapahtuivat pakkauksissa. – Nimikkeet olivat saldottomia tai saldollisia.

Vaikka suuri osa tutkituista nimikkeistä kuuluikin taulukossa 3 esitettyjen keskimääräisten ominaispiirteiden piiriin, niin jotkin nimikkeet poikkesivat näistä ominaispiirteistä hyvin paljon. Esimerkiksi jotkin tutkitut nimikkeet olivat asiakaskohtaisia, suurikokoisia ja epätasaisen kulutuksen takia vaikeasti ennustettavia.

3.5 Tulokset

Tähän lukuun on koottu kerätyn tutkimusdatan ja datan analysoinnin perusteella tutkimustuloksia CPFR:n/kollaboraation soveltuvuudesta tarkasteltuun toimitusketjuun sekä CPFR:n neljän toiminnon soveltamisesta tutkimuskohteessa nykytilassa.

3.5.1 CPFR:n soveltuvuus tutkittuun toimitusketjuun

Luvussa 3.3 esitettiin aikaisempiin tutkimuksiin pohjautuvia argumentteja CPFR-filosofian soveltuvuudelle yritysten väliseen yhteistyöhön. Nämä argumentit on koottu taulukon 4 vasemmanpuoleiseen sarakkeeseen. Taulukon oikeanpuoleisessa sarakkeessa on vastattu tässä raportissa tutkitun teknisen tukkurin ja sen asiakkaan välisen toimitusketjun kannalta soveltuvuusargumentteihin. Tutkitun toimitusketjun ominaispiirteet vastaavat melko hyvin soveltuvuusargumentteja, joten CPFR:n voidaan sanoa soveltuvan tutkitun toimitusketjun kehittämis- ja johtamisfilosofiaksi.

Taulukko 4. CPFR:n soveltuvuus teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjuun.

Argumentit CPFR:n soveltuvuudelle toimitusketjuun	Teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjun ominaispiirteiden vastaavuus CPFR:n soveltuvuusargumentteihin.
Transaktiokustannukset ovat korkeat.	Transaktiokustannukset ovat melko suuret suhteessa nimikkeiden hintaan. 10 viime vuoden aikana transaktiokustannuksia on kuitenkin pystytty huomattavasti vähentämään uusilla toimintamalleilla (esim. hyllypalvelu) sekä prosessien virtaviivaistuksella (esim. kotiinkutsujen käyttämisellä tilausten sijasta). Lisäksi nimikkeiden käsittely yhtenä segmenttinä on vähentänyt transaktiokustannuksia yksinkertaistuneen hallinnollisen ja ohjaustyön takia.
Osapuolten välillä on korkea luottamus.	Tutkituissa tapauksissa liiketoimintasuhteet ovat keskipitkiä. Suomalaisessa toimintaympäristössä luottamus on kuitenkin yleensä hyvällä tasolla keskipitkissäkin suhteissa.
Tuotteiden hinta ei ole määräävä tekijä.	Hinta ei ole määräävin tekijä, vaan saatavuuden turvaaminen ja kokonaiskustannukset.
Tuotteet ovat differoituja.	Tuotteet eivät tavallisesti ole differoituja, mutta tukkurin palvelut ovat. Hyllypalvelusta löytyi tutkituista tapauksista erilaisia variaatioita. Myös osa nimikkeistä on differoituja (asiakas- tai jopa tuotekohtaisia).
Tarjontalähteitä on vähän.	Palvelujen differointi on vähentänyt samanlaisten tarjontalähteiden määrää.
Volyymin on oltava tarpeeksi suuri.	Suomalaisessa ympäristössä volyyymi ei ole suuri, mutta riittävä silloin, kun asiakkaan tuotantolaitokset ovat suuria ja/tai sijaitsevat lähellä toisiaan.
CPFR:ää sovelletaan toimitusketjussa sekä toimittajien että asiakkaiden suuntaan.	Tämä tutkimus rajattiin asiakkaan ja tukkurin väliseen toimitusketjuun, mutta jatkotutkimuksessa selvitetään kolmea porrasta. Tälle on selkeä tarvekin, koska trendinä näyttää olevan logistiikkaoperaattorin tulo toimitusketjussa asiakkaan ja tukkurin väliin. Lisäksi toimitusketjussa on oleellisena portaana tukkureiden omat materiaalityöntekijät.

3.5.2 Kollaboraation nykytila tutkitussa toimitusketjussa

Strategia ja suunnittelu -toiminto

Koska asiakkaan ja tukkurin strategia- ja suunnitteluprosesseja ei ollut integroitu tutkitussa toimitusketjussa, osapuolten erilaiset liiketoimintatavoitteet johtavat osaoptimointiin toimitusketjun kannalta. Tästä yhtenä esimerkkinä oli varastotilan määrä. Asiakkaat pyrkivät kustannusten säästämiseksi pienentämään varastotilaa, jolloin taas tukkureiden kustannukset kohosivat mm. pienempien toimituserä-kokojen vaatimien tiheiden toimitusten ja lisääntyvien tilausten käsittelykustannusten takia.

Kysynnän ja tarjonnan hallinta -toiminto

Kysynnän ja tarjonnan hallinta -toiminnossa havaittiin yritysten välistä kollaboraatiota esimerkiksi varaston ohjausparametrien säätämisessä. Kysynnän ja tarjonnan hallinnan prosessit eivät kuitenkaan olleet tutkituissa tapauksissa tavallisesti standardoituja, jolloin niitä suoritettiin vaihtelevilla tavoilla ja epäsäännöllisesti. Uuden nimikkeen käyttöönottovaiheen aikana (esim. puoli vuotta) kulutusta seurattiin ja parametreja säädettiin hyvinkin tiiviisti. Käyttöönottojakson jälkeen parametrien arvoja päivitettiin vain suurten kysyntämuutosten ja usein toistuvien puutetilanteiden ilmetessä.

Kysynnän historiatietoon perustuva ennustaminen soveltuisi hyvin tarkasteltuihin teknisen tukkukaupan nimikkeisiin, koska pääsääntöisesti nimikkeillä on melko tasainen kysyntä. Kuitenkaan kysynnän historiadataa ei johdonmukaisesti analysoitu ohjausparametrien päivittämiseksi. Merkittävimpinä syinä parametrien säätämisen harvinaisuuteen olivat säätämisen vaatima suuri henkilötyömäärä sekä käyttökelpoisen tiedon, kuten todellisen saldopohjaisen kulutustiedon, puuttuminen (saldottomilla nimikkeillä oli vain tieto tehdyistä materiaalitoimituksista).

Kaikkien nimikkeiden kysyntä ei ollut tasaista, jolloin tukkurit tarvitsivat tietoa myös tulevasta kysynnästä ja varsinkin sen muutoksista. Suurista tulevan kysynnän muutoksista tukkurit saivat yleensä asiakkailtaan etukäteen tietoa. Vuosien 2006 ja 2007 aikana tukkukauppanimikkeiden puutetilanteiden määrä kuitenkin tyypillisesti lisääntyi tutkituissa tapauksissa asiakkaiden lopputuotteiden tilauskannan voimakkaasti kasvaessa, koska tukkurit eivät saaneet asiakkailtaan riittä-

västi tietoa kysynnän suuresta muutoksesta. Keskisuurista ja pienistä tulevan kysynnän muutoksista tiedotettiin tukkuria hyvin harvoin. Esimerkkinä pienestä väliaikaisesta kysynnän muutoksesta olivat asiakkaan suorittamat ylimääräiset viikonlopputyöt. Yksi tärkeä syy ennakkotiedon vähäiselle jakamiselle oli tiedon puuttuminen kokonaan (esim. asiakkaan ennakoimaton kysynnän kasvu), tiedon epätarkkuus (esim. asiakkaan epätarkka myyntiennuste) tai tukkurille hyödyllisen tiedon puuttuminen (esim. asiakkaan myyntiennusteesta ei ollut olemassa tukkurikohtaista ennustetta).

Suorittamistoiminto

Tutkitussa toimitusketjussa suorittamistoiminto vaatii CPFR-toiminnoista vähiten kollaboraatiota asiakkaan ja tukkurin välillä, koska asiakas oli ulkoistanut suorittamistoiminnon prosessit hyvin pitkälle tukkurille. Tämän takia suorittamistoiminnon kehittäminen on ollut enemmänkin tukkurin sisäisten prosessien integrointia ja automatisointia kuin kollaboraatiota asiakkaan kanssa. Kollaboraatiolle on kuitenkin tulevaisuudessa tarvetta suorittamistoiminnossakin, mikäli logistiikkapalveluntarjoajia käytetään hyllytystyön suorittajina. Tällöin tarvitaan kollaboratiivisia prosesseja tukkurin ja logistiikkapalveluntarjoajan välillä.

Vaikka tietoteknisiä menetelmiä sovellettiin tilausprosessissa, tilausprosessi sisälsi myös manuaalisia työvaiheita kaikissa tutkituissa tapauksissa. Manuaalinen tilaus-ten kirjaaminen kulutti aikaa ja lisäsi inhimillisten virheiden mahdollisuutta.

Analysointitoiminto

Analysointitoimintoa ei ollut integroitu syvästi toimitusketjukuppaneiden kesken. Tyypillisesti tutkitut asiakkaat mittasivat ja analysoivat toimittajiensa suorituskykyä, mikä oli ohjannut toimittajia kehittämään omia prosessejaan. Sen sijaan yhteisen suorituskyvyn mittaaminen ja analysointi oli harvinaista. Pääsyyinä tähän oli se, ettei kumppaneilla ollut yhteisiä strategioita ja tavoitteita eikä tämän vuoksi myöskään yhteisiä mittareita.

Poikkeamanhallinta perustui tutkituissa tapauksissa pääsääntöisesti ennakoivaan poikkeamien eliminointiin puskureilla, joita olivat varmuusvarastot sekä tiheät varastotilanteen tarkastukset. Nämä puskurit kuitenkin aiheuttivat toimitusketjuun huomattavia kustannuksia. Suurista puskureista huolimatta materiaalin

puutetilanteita syntyi kysyntämuutoksen tai muun prosessipoikkeaman (esim. inhimillisen virheen aiheuttama toimituksen myöhästyminen) ollessa riittävän suuri.

3.6 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

CPFR-toimintojen mukaan jaoteltuna kollaboraatiota havaittiin tutkituissa tapauksissa suorittamistoiminnossa sekä kysynnän ja tarjonnan hallintatoiminnossa. Sen sijaan kollaboraatio strategia- ja suunnittelutoiminnossa sekä analysointi-toiminnoissa oli harvinaisempaa, vaikka näitäkin toimintoja oli tutkituissa tapauksissa eriasteisesti integroitu yritysten välillä. Tapauksissa esiintyi siis CPFR-filosofian soveltamisen vivahteita, mutta yksikään tutkittu tapaus ei ollut soveltanut CPFR-viitekehystä kehitystyössään ja johtamisessaan tietoisesti. CPFR-filosofian perustavoite eli toimitusketjuosapuolten samanaikainen hyötyjen tavoittelu ja koko toimitusketjun suorituskyvyn parantaminen yksittäisten yritysten suorituskyvyn parantamisen sijasta puuttui vielä kaikista tutkituista tapauksista.

Kun aikaisemmista tutkimuksista löytyneitä CPFR:n soveltuvuusargumentteja verrattiin tutkitun toimitusketjun ominaispiirteisiin, niin vertailun perusteella CPFR:n voidaan sanoa soveltuvan kehittämis- ja johtamisfilosofiaksi tarkasteltuun toimitusketjuun. CPFR-filosofia tarjoaisi vähintään yhteistoiminnan kehittämisen raamit sekä auttaisi tunnistamaan tärkeimmät kehityskohteet, joita toimitusketjukumppanit voisivat yhteistyön avulla parantaa. CPFR ei kuitenkaan näytä riittävän yksinään käytännön kehittämisen ja johtamisen viitekehyyksi tutkitussa toimitusketjussa, vaan lisäksi tarvitaan muita työkaluja ja filosofioita, kuten toimintolaskenta ja Lean management. Seuraavassa on tarkasteltu tutkittuun toimitusketjuun soveltuvia potentiaalisia kollaboraation kehitysmahdollisuuksia.

Tutkitun toimitusketjun kehittämisen haaste tulevaisuudessa on parantaa kustannustehokkuutta ja samanaikaisesti pitää saatavuus nykyisellä tasolla tai jopa parantaa sitä. Haaste on mahdollista saavuttaa hyllytyskäyntien määrän ja hyllytystyön optimoimisella sekä ennakoivalla puutetilanteiden vähentämisellä. Näiden kehitysaskelten toteuttaminen vaatii huomattavaa kollaboraatiota asiakkaan ja tukkurin välillä **strategia- ja suunnittelutoiminnossa, kysynnän- ja tarjonnanhallintatoiminnossa** sekä analysointi-toiminnon sisältämässä **poikkeamanhallintatehtävässä**.

Tutkituissa tapauksissa puutetilanteiden syntymiseltä oli siis suojauduttu ennakkoon pääasiassa puskureiden avulla, mutta puskuritkaan eivät pystyneet estämään puutetilanteita, jotka aiheutuivat varsinkin voimakkaista kysynnän vaihteluista. Jatkossa ennakoivassa *poikkeamanhallinnassa tulisi keskittyä* puskureiden sijasta *puutetilanteita aiheuttaviin syihin*. Tutkitussa toimitusketjussa tärkein puutetilanteiden syy olivat kysynnän muutokset, joista tukkuri ei saanut tietoa lainkaan tai sai tiedon liian myöhään tai epätarkkana. Tukkunimikkeiden ollessa kyseessä asiakkaan ei ole järkevää pyrkiä tasoittamaan omaa lopputuotekysyntäänsä, jolloin keinoiksi jäävät *tulevan kysynnän muutoksista parempi tiedottaminen sekä kysynnän parempi suunnittelu*. Kysyntätieto tulisi saada asiakkaan tuotannosta (esim. tuotantosuunnitelma) ja jopa asiakkaan myynnistä (esim. myyntiennuste), sillä nykyisin varastosta saatu varastotasotieto ei kerro mitään tulevan kysynnän muutoksista, eikä siten auta tukkuria suunnittelemaan toimintaa etukäteen. Toinen oleellinen puutetilanteiden aiheuttaja olivat kysynnän kehityksen trendiä huonosti vastaavat ohjausparametrien arvot, koska parametrin arvoja ei juuri säädetty nimikkeen käyttöönottovaiheen jälkeen. Puutteellisesti kysynnän kehittymistä vastaavat parametrin arvot vaikuttivat myös toiseen suuntaan eli ne aiheuttivat ylisuuria varastoja, mistä syntyi mm. pääoma- ja varastotilakustannuksia. Kysynnän historiatietoon pohjautuvaa dynamisempaa parametrien arvojen säätämistä siis tarvittaisiin. Tulevasta kysynnästä taas tarvitaan sen takia tietoa, ettei pelkästään kysynnän historiatietoon perustuvalla ohjauksella voida vastata voimakkaasti vaihtelevaan kysyntään. Kolmas tärkeä poikkeamia aiheuttanut tekijä olivat inhimilliset virheet. Inhimillisiä virheitä voisi vähentää IT-ratkaisujen avulla automatisoimalla transaktioita esimerkiksi järjestelmäintegraation avulla.

Yksi *suorittamistoiminnan* sekä *kysynnän- ja tarjonnanhallintatoiminnan* suorituskyvyn parantamista palveleva kehityskohde voisi olla saldottomien nimikkeiden osalta nimikkeiden muuttaminen ”saldollisiksi” esimerkiksi vaakajärjestelmän avulla. Paitsi että vaakajärjestelmä voisi tuoda tehokkuutta tilaus-toimitusprosessiin automaattisten kotiinkutsujen ansiosta, niin se mahdollistaisi myös paremman kysynnän- ja tarjonnan suunnittelun avulla toimitusfrekvenssien optimoinnin ja dynamisemmän varaston ohjausparametrien säätämisen. Käytännössä vaakajärjestelmä mahdollistaisi samantyyppisen ohjauksen kuin päivittäistavaroilla on POS (Point-of-Sale) -tiedon avulla käytössä.

Toimintamallin muutos edellä esitettyjen ehdotusten mukaiseksi toisi säästöjä tilaus-toimitusprosessin ja poikkeamanhallinnan kustannuksiin, mutta toisaalta aiheuttaisi varmasti lisäkustannuksia ohjauksen ja suunnittelun sekä IT-ratkaisujen puolelle. Uudessa mallissa hyllytyshenkilöstön aikaa vapautuisi operatiivisesta tilaus-toimitusprosessista esimerkiksi taktisen tason analysointitehtäviin ja myyntityöhön. Käytännössä uuden toimintamallin käyttöönotolle tarvitaan kuitenkin perusteita, jotka tulisi määritellä kollaboratiivisesti **strategia- ja suunnittelutoiminnossa**. Työkaluina tässä perustelussa voisi käyttää esimerkiksi toimintolaskentaa ja simulointia. Työkaluista olisi apua myös toimitusketjun johtamisessa ja optimoinnissa uuden toimintamallin käyttöönottovaiheen jälkeisissä toimitusketjun muutostilanteissa.

Vaikka kollaboraatio voi kohdistua yritysten välillä taktisen (esim. kysynnän ja tarjonnan hallinta) ja operatiivisen tason (esim. tilaus-toimitusprosessi) toimintoihin, niin maksimaalisten hyötyjen saavuttamiseksi kollaboraation olisi hyvä käynnistyä strategisella tasolla luomalla osapuolten välille yhteiset strategiat ja tavoitteet. Tällöin toimitusketjua voitaisiin johtaa ja optimoida kokonaisuutena yksittäisten yritysten johtamisen ja optimoinnin sijasta.

Lähteet

Arbnor, I. & Bjerke, B. (1997) *Methodology for Creating Business Knowledge*. Sage, Thousand Oaks, CA.

Barrat, M. & Oliviera, A. (2001) Exploring the experiences of collaborative Planning initiatives. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 31, No. 4, s. 266–289.

Cassivi, L., Lefebvre, É, Lefebvre, L.A. & Léger, P.-M. (2004) The Impact of E-collaboration Tools on Firm's Performance. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 15, No. 1, s. 91–110.

Cassivi, L. (2006) Collaboration planning in a supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal* 11/3, s. 249–258.

Checkland, P. (1993) *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley & Sons.

Clemons, E.K., Reddi, S.P. & Row, M.C. 1993. The Impact of information technology on the organization of economic activity: the 'Move to the middle' hypothesis. *Journal of Management Information Systems*, 10, s. 9–35.

Ellram, L.M. & Cooper, M.C. (1990) Supply chain management, partnerships, and the shipper-third party relations. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 1, No. 2, s. 1–10.

Fisher, M.L. (1997) What is the Right Supply Chain for Your Product? *Harvard Business Review*, s. 105–116.

Fliedner, G. (2003) CPFR: an emerging supply chain tool. In: *Industrial Management & Data Systems* 103/1, s. 14–21.

Frankel, R., Goldsby, T.J. & Whipple, J.M. (2002) Grocery Industry Collaboration in the Wake of ECR. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 13, No. 1, s. 57–72.

Ireland, R. & Bruce, R. (2000) CPFR: Only the Beginning of Collaboration? *Supply Chain Management Review*, Vol. 4, No. 4, s. 80–88.

Lambert, D.M., Emmelhainz, M.A. & Gardner, J.T. 1999. Building successful partnerships. *Journal of Business Logistics*, Vol. 20, No. 1, s. 165–181.

Lee, H.L., Padmanabhan, V. & Whang, S. (1997) The Bullwhip Effect in Supply Chains. *Sloan Management Review*, Vol. 38, No. 3, s. 93–102.

Noekkentved, C. (2000) Collaborative Processes in E-supply Networks, European SAP Centre of Expertise. PricewaterhouseCoopers.

Sabath, R.E. & Fontanella, J. (2002) The unfulfilled promise of supply chain collaboration. *Supply Chain Management Review*, Vol. 6, No. 4, s. 24–29.

Salmela, E., Happonen, A. & Hämäläinen, H. 2007. Kollaboratiivisen yhteistyön soveltuvuus teknisten tukkukauppanimikkeiden toimitusketjuun suomalaisessa ympäristössä. CASE-tutkimus. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknis-taloudellinen tiedekunta.

Sanders, N.R. & Premus, R. (2005) Modeling the relationship between firm IT capability, collaboration, and performance. *Journal of Business Logistics*, Vol. 26, No. 1, s. 1–23.

Simatupaung, T.M. & Sridharan, R. (2005) An integrative framework for supply chain collaboration. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 16, No. 2, s. 257–274.

Stank, T.P., Daugherty, P.J. & Autry, C.W. (1999) Collaborative planning: supporting automatic replenishment system. *Supply Chain Management*, Vol. 4, No. 2, s. 75–85.

Stank, T.P., Keller, S.B. & Daugherty, P.J. (2001) Supply chain collaboration and logistical service performance. *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 1, s. 29–48.

VICS, Voluntary Interindustry Commerce Standards Association, 2004. Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR®). An Overview.

VICS, Voluntary Interindustry Commerce Standards Association, 2006. <http://www.vics.org/committees/cpfr/>.

Williamson, O.E. 1986. *Economic Organization Firms, Markets and Policy Control*. New York University Press.

4. VMI ja transaktiokustannusteoria

Kai Häkkinen

4.1 Johdanto

Tarkastelen seuraavassa C-luokan nimikkeiden hankintalogistiikkaa transaktiokustannusteorian valossa. C-luokkaan kuuluvat yleensä vähäarvoiset nimikkeet, kuten ruuvit ja mutterit jne. Vähäarvoisiin nimikkeisiin voi kuulua sekä standardityyppisiä luettelotavaroita että myös piirustusten mukaan alihankkijoilla teetettyjä osia. C-luokkaan kuuluvia alihankintanimikkeitä ovat esimerkiksi messinkiset korotuspalat, joilla piirilevyt kiinnitetään alustaan. MRO⁸-nimikkeitä ei tarkastella tässä yhteydessä. Varsinkin kunnossapidon nimikkeiden ohjausperiaatteet voivat olla hyvinkin vaihtelevia, eivätkä ne välttämättä sovellu kovin hyvin VMI-toimintaan.

4.2 Transaktiokustannusteoria

Seuraava esitys pohjautuu Raon (2003) kirjaan. Hän on koonnut transaktiokustannusteoriasta kattavan teoriakuvauksen, joka pohjautuu mm. Coasen (1937) ja Williamsonin (1985) teoriekehitykseen.

Coase (1937) pohtii yritysten rajojen määräytymistä; eli miten voidaan määritellä yritys. Coase lähtee tarkastelemaan liiketoimintaa erilaisten tapahtumien ketjuna. Esimerkiksi metallituotteet kulkevat monien vaiheiden kautta kaivoslouhoksesta valmiiksi lopputuotteeksi. Ketju koostuu lukuisista yritysryhmistä. Yritysten välillä tapahtuu kaupankäyntiä. Kaupankäyntiin kuuluu toimittajien ja asiakkaiden etsintä, niiden kanssa käytävät neuvottelut, tilausrutiinit, toimitusrutiinit, laskutusrutiinit ja muu tarpeellinen kanssakäyminen. Coase tarkastelee kaupankäyntiä transaktioina. Transaktioihin voi liittyä koordinoitua, neuvotteluita ja valvontaa. Kaikki transaktiot aiheuttavat kustannuksia kummallekin osapuolelle. Nämä kustannukset lisätään lopulta lopputuotteen hintaan tavalla tai toisella. Jos

⁸ MRO = Maintenance, repair and operation items

tuotantovaiheet on pilkottu pieniin palasiin ja jaettu useille yrityksille, on ymmärrettävää, että transaktiokustannusten osuus lopputuotteen kustannuksista nousee ja sitä kautta myös tuotteen hinta nousee. Jos taas vastaavat tuotantovaiheet siirrettäisiin yhden yrityksen vastuulle, ne organisoitaisiin omaan tuotantoprosessiin erilaisiksi vaiheiksi. Oman yhtiön sisällä tuotantovaiheet suoritetaan tuotanto-organisaation voimin. Tällöinkin syntyy transaktioita, jotka aiheuttavat transaktiokustannuksia.

Transaktiot jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin sen mukaan, tehdäänkö ne yrityksen sisällä vai liittyvätkö ne ulkopuolisen osapuolen kanssa käytävään toimintaan.

Coasen mukaan yritysten väliset rajat määräytyvät juuri näiden transaktiokustannusten perusteella olettaen, että varsinaisen tuotantovaiheen kustannukset ovat samat eri vaihtoehdoissa.

Raon (2003) mukaan transaktio voidaan kuvata seuraavien ominaisuuksien avulla:

1. Tuotteen tai palvelun vaihtokauppa
2. Oikeuksien tai vastuiden siirto osapuolien kesken
3. Jonkin toiminnan vastuun siirto osapuolien kesken
4. Transaktio on yleensä suurin mahdollinen taloudellinen aktiviteetti, jota ei jaeta kahden tai useamman toimijan kesken. (Tämän voisi tulkita esim. siten, että pyritään myymään tai ostamaan tai valmistamaan suurempia erä yhdellä kertaa, jolloin transaktiokustannukset minimoituvat suhteessa volyymiin. Vrt. paljousalennukset).

Transaktiokustannusteoriaa voi soveltaa myös yhteiskunnan eri instituutioihin nähden. Esimerkiksi pankkien olemassaolo voidaan perustella sillä, että ne hoitavat standarditavalla erilaisia maksutapahtumia. Kansalaiset voisivat käydä maksamassa kaikki laskunsa eri yritysten kassaan, mutta aikaa kuluisi, jolloin mieluummin käytetään pankin palveluita.

Työnantaja- ja työntekijäjärjestöt sopivat koko toimialaa koskevista työehdoista, jolloin työntekijät ja työnantajat voivat soveltaa standardityöehtoja toiminnassaan ja välttyä jatkuvien tapauskohtaisten sopimusten teosta.

Yritysten sisällä tapahtuu jatkuvasti huomattava määrä transaktioita, jotka aiheuttavat kustannuksia. Voidaan ajatella, että yrityksen koko henkilöstö on olemassa transaktioiden hoitamista varten. Jopa hitsaajan päivätyö koostuu transaktiosta, jos ajatellaan hänen käden liikkeensä palveluna, jonka työnantaja ostaa. Tätä käden liikettä varten laaditaan työsopimus, jossa sovitaan käden liikkeestä, sen korvauksesta, työsuhteen pysyvyydestä jne. Samoin myynti- ja tuotanto-osaston välillä tapahtuu transaktioita. Myynti ikään kuin ostaa tuotteen tuotannosta, jonka se on aiemmin myynyt asiakkaalle. Tähän liittyy tuotantotilausten tekoa, valmistumisen valvontaa, toimitusten valvontaa, asiakkaan informointia tilauksen tilasta jne.

On huomattava, että transaktiokustannukset voivat olla muuttuvia tai kiinteitä, lisäksi ne voivat olla sekä välittömiä että välillisiä.

Helposti ajatellaan, että transaktiokustannukset ovat kiinteitä kustannuksia. On kuitenkin hyvin tavallista, että alihankkijalta toimitetut tuotteet mitataan ja testataan, jolloin niiden suoritus on muuttuva kustannus.



Tärkeimmät transaktiodimensiot

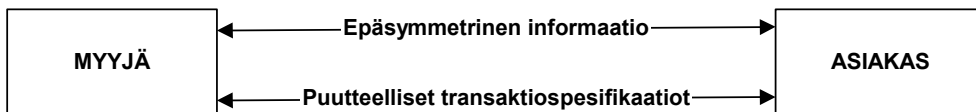
- Monimutkaisuus
- Tapahtumien toistuvuus
- Tapahtumien kesto
- Epävarmuus
- Toiminnan mittaus ja valvonta
- Liittymät muihin transaktioihin

Kuva 1. Tärkeimmät transaktiodimensiot.

Tärkeimmät transaktiodimensiot on kuvattu kuvassa 1. Näiden dimensioiden avulla voidaan tarkastella erilaisia transaktioita ja arvioida niiden aiheuttamia kustannuksia.

Esimerkki yksinkertaisesta transaktiosta voisi olla vaikkapa ruuvien osto rautakaupasta. Tuote on yksinkertainen, ostotapahtuma toistuu tarvittaessa ja sen kesto on lyhyt. Epävarmuutta ei ole, koska ruuvit ovat standardin mukaisia ja ne saadaan samalla mukaan. Toimintaa ei ole tarpeen mitata eikä liittymiä muihin transaktioihin ole. Ilmeisesti transaktion aiheuttamat kustannukset ovat pienet.

Esimerkki päinvastaisesta transaktiosta voisi olla vaikkapa ainutkertaisen prosessilaitteen teettäminen alihankintakonepajassa. Laitteesta on piirretty piirustukset, joiden tulkinta alihankkijalla aiheuttaa ajankäyttöä. Laite on monimutkainen ja sisältää paljon osia, ja sen on toimittava suunnitellulla tavalla. Asiakkaan on laadittava laadunmittausproseduuri valmistusta varten, joka voi edellyttää alihankkijan henkilöstön koulutusta. Lisäksi laadunmittaus valmistuksen kuluessa edellyttää erilaisten laatuasiakirjojen täyttämistä ja verifiointia. Tapahduma ei toistu, joten kaikki transaktioon liittyvät kustannukset on kohdistettava tähän tilaukseen. Transaktion kesto (valmistuksen läpimenoaika) voi olla useita viikkoja, jolloin valmistumisen seuranta vaatii ajankäyttöä sekä alihankkijalla että asiakkaalla. Valmistumiseen liittyy epävarmuuksia mm. laitteen toimivuuden, kustannusten ja toimitusvarmuuden suhteen. Näiden riskien hallitsemiseksi on laadittava keskinäiset sopimukset. Lisäksi epävarmuuksien hallinta edellyttää jatkuvaa ajankäyttöä kummaltakin osapuolelta. Toiminnan mittaamista tarvitaan kuten edellä mainittiin. Liittyviä muihin transaktioihin on myös. Alihankkijan on osallistuttava myyjän ja tuotesuunnittelijan väliseen keskusteluun esim. tuotemuutoksissa. Lisäksi alihankkijan on osallistuttava myyjän ja tuotannon väliseen keskusteluun tuotemuutosten ja toimitusten osalta. Huomataan helposti, että tämä alihankintatapa aiheuttaa paljon erilaisia transaktiokustannuksia.



Kuva 2. Puutteellisen informaation ongelma.

Suurin osa transaktiokustannuksista syntyy epäsymmetrisestä informaatiosta (kuva 2), joka tarkoittaa sitä, että eri osapuolilla oleva tieto on erilaista. Jollakin osapuolella on transaktioon liittyvää tietoa, joka jää joko tarkoituksella tai epähuomiossa kertomatta toiselle osapuolelle. Alihankintatapauksessa esimerkiksi valmistuksen myöhästyminen jää tiedottomatta asiakkaalle, joka joutuu toimitusongelmien vuoksi järjestelemään muita tilauksia ja käyttämään aikaansa loppuasiakkaan kanssa käytäviin neuvotteluihin.

Lisäksi transaktiokustannuksia syntyy epätäydellisistä transaktioiden spesifikaatioista, jolloin tarvitaan jatkuvia neuvotteluita osapuolten kesken. Alihankintatapauksessa epätäydelliset spesifikaatiot voivat liittyä esimerkiksi tuotteiden val-

mistuspiirustuksiin. Piirustukset on ehkä laadittu omaa tuotantoa varten, jossa osataan tulkita piirustukset, vaikka niissä onkin puutteita. Alihankkijalle lähetettyjen piirustusten pitäisi olla ehdottoman täydellisiä. Piirustuspuutteet aiheuttavat selvittelyitä ja pahimmillaan tuotteen hylkäämisen.

On myös esitetty väite, että transaktiokustannuksia ei olisi, jos informaatio olisi täydellistä ja oikeaa. Tätä voisi tulkita siten, että jos kaikilla transaktioon osallistuvilla henkilöillä on aina tarvittava määrä oikeaa tietoa ja jokainen tekee osuutensa ennalta sovitulla tavalla, ei tarvita neuvotteluita ja sopimuksia.

Käytännön elämässä esimerkkejä täydellisellä informaatiolla toimivista osapuolista lienee vaikea löytää. Autoteollisuus voisi olla esimerkki tämän tapaisesta systeemistä. Kokoonpanotehtaaseen toimittavia alihankkijoita on lukuisasti. Autot on ennalta suunniteltu valmiiksi tuotteiksi, joita ei räätälöidä. Sen sijaan niihin on ennalta suunniteltu lisävarusteita ja muita optioita, joista asiakas voi valita. Toimitusaika on tyypillisesti useita kuukausia, jolloin tehtaalla on pitkä tilauskanta, jonka tietokoneet purkavat koko logistiseen ketjuun minuuttiaikataululla. Lähtökohtaisesti koko logistisella ketjulla on täydellinen informaatio käytössä. Jokaisella osapuolella on sisäänrakennettu poikkeamien hallintajärjestelmä, jolla minuuttiaikataulu voidaan kaikissa oloissa pitää. Lisäksi autotehtaan ja sen alihankkijoiden välillä on tyypillisesti automatisoidut tilaus- ja laskutusjärjestelmät.

Toinen esimerkki hyvällä informaatiotasolla toimivasta yhteistyöstä voisi olla joukkueurheilu. Jokainen jääkiekkjoukkue harjoittelee jatkuvasti erilaisia tilanteita varten, jolloin pelitilanteessa pelaajat tekevät reaaliajassa jatkuvia päätöksiä ilman erillisiä, pelitilanteessa tarvittavia sopimuksia jne.

Yritysten välisiä vastaavia esimerkkejä löytyy myös. On alihankintatoimintaa, joka sujuu kuten hyvin treenatulta jääkiekkjoukkueelta. Tilauksia tulee sovitulla tavalla, valmistus sujuu ongelmitta, toimitukset tapahtuvat oikea-aikaisena ja laskutus samoin.

Transaktiokustannuksia syntyy myös seuraavista syistä:

- **Osapuolien rajattu rationaalisuus** (bounded rationality). Tarkoitetaan sitä, että osapuolet ovat taipuvaisia rationalisoimaan omaa toimintaansa eikä koko systeemin toimintaa.

- **Opportunismi** (opportunism). Tarkoitetaan sitä, että epätäydelliset sopimukset jättävät sijaa keinottelulle ja omien etujen lisäämiselle muiden kustannuksella.
- **Spesifit pääomat** (asset specificity). Tarkoitetaan kyseessä olevaan transaktioon liittyviä investointeja, raaka-aineita jne., joita ei voi käyttää muuhun tarkoitukseen.

Näistä johtuen tarvitaan erilaisia valvonta- ja koordinaatiomekanismeja, jotka aiheuttavat transaktiokustannuksia.

Transaktiokustannukset voidaan jakaa myös kahteen kategoriaan niiden syntymisajankohdan mukaan:

- Transaktion aloitukseen (ex ante) liittyvät kustannukset, joita aiheuttavat mm. tiedonkeruu, neuvottelu ja päätöksenteko.
- Transaktion suorittamiseen (ex post) liittyvät kustannukset, joita aiheuttavat mm. toimeenpano, valvonta, korjaavat toimenpiteet poikkeamatilanteissa, sopimusmuutokset, vahinkojen korjaukset ja erimielisyyksistä sopiminen.

Transaktiokustannukset voidaan luokitella kolmeen pääkategoriaan:

Markkinalähtöiset:

- Tiedonvälitys
- Neuvottelut
- Sopimusten laadinta (muodolliset ja epämuodolliset)
- Sopimusten päivitys ja ylläpito
- Asiakkaiden/toimittajien etsintä.

Hallinto ja johtaminen:

- Organisaation perustaminen ja ylläpito
- Toimintakustannukset
- Tiedonkeruu ja prosessointi
- Valvontakustannukset
- Korjaavat toimenpiteet poikkeamatilanteissa
- Vahinkojen korjauskustannukset

- Erimielisyyksistä sopiminen
- Resurssien vaihtoehtoisen käytön tuottojen menetys.

Politiikka:

- Yleisempiä, osapuolen toimintapolitiikkaan liittyviä toiminnan rakenteita, jotka vaikuttavat systeemin rakenteeseen.

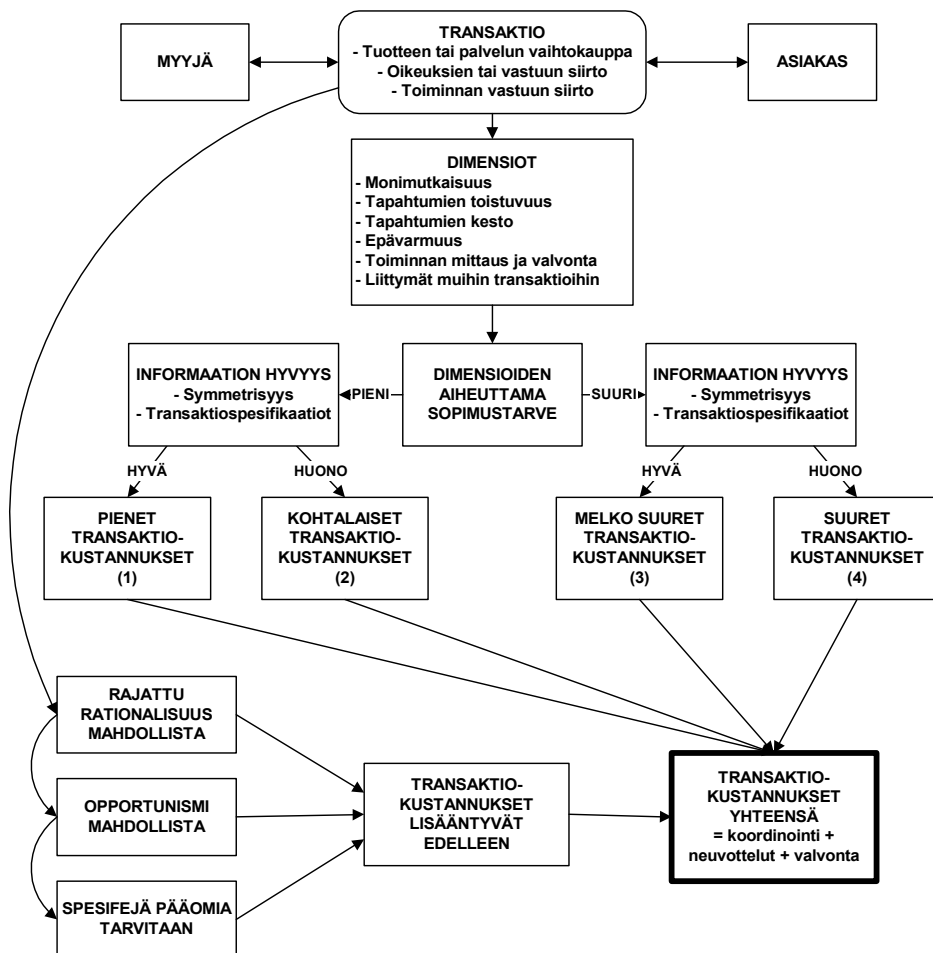
Näistä resurssien vaihtoehtoisen käytön tuottojen menetys voi olla perusteluna jollekin ulkoistustapahtumalle. Jos työvoimasta on pulaa ja tilauksia olisi saatavissa lisää, voidaan lisääntyneet transaktiokustannukset hyväksyä, jotta saadaan vapautuva henkilöstö uusien tilausten tekemiseen.

Transaktiokustannuksiin luetaan kaikki resurssikäyttö, jolle voidaan löytää vaihtoehtoinen käyttö. Transaktiokustannukset käsittävät kaikilla organisaation tasoilla tapahtuvan toiminnan, kuten:

- Perustamiskustannukset/aloittamiskustannukset
- Ylläpitokustannukset (maintaining)
- Mukautuminen muutoksiin (adapting)
- Toiminnan säätäminen (regulating)
- Valvontakustannukset (monitoring)
- Suunnittelukustannukset (devising)
- Sääntöjen käyttöönotto (enforcing rules)
- Suorittamiskustannukset (executing).

4.3 Transaktiokustannusten syntymismekanismiluonnos

Kuvaan 3 on luonnosteltu edellä käsiteltyjen transaktiokustannusten syntymisen syitä. Dimensiot voivat aiheuttaa transaktiokustannuksia enemmän tai vähemmän. Lisäksi näistä riippumatta transaktiokustannuksia voivat aiheuttaa aiemmin mainitut: 1) rajattu rationaalisuus, 2) opportunisti ja 3) spesifit pääomat.



Kuva 3. Transaktiokustannusten syntymismekanismi.

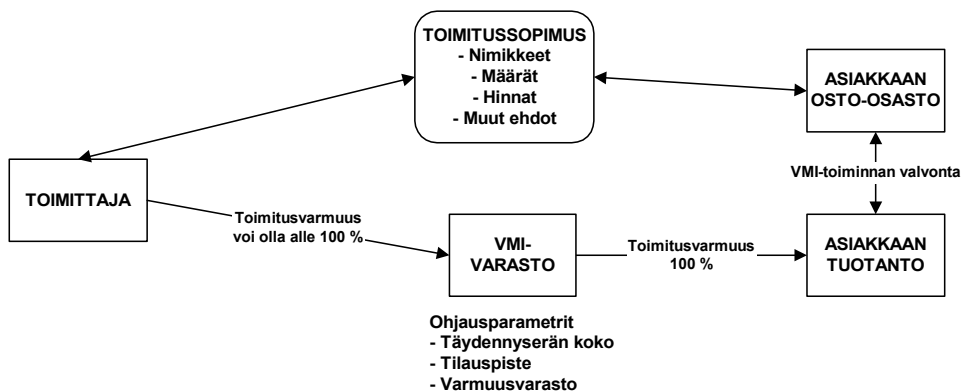
Ulkoistustapauksessa on tarkasteltava nykyisiä sisäisiä transaktiokustannuksia (Tsis) ja arvioitava niiden vähenemisen määrä ulkoistuksessa (Tero). Näiden erotusta verrataan sitten ulkoistuksen mukanaan tuomiin uusiin transaktiokustannuksiin (Tulk).

Eli yhtälönä: Kun $Tero > Tulk$, on ulkoistus kannattavaa.

Ulkoistus on kannattavaa, mikäli se vähentää omia transaktiokustannuksia enemmän kuin aiheuttaa uusia transaktiokustannuksia.

4.4 VMI-mallien tarkastelua transaktiokustannusteorian valossa

Puhtaimmillaan VMI-malli on rakennettu siten, että asiakkaan tarvitsee ainoastaan valita toimittaja, sopia toimitettavat nimikkeet, niiden määrät, hinnat ja muut ehdot, ja osoittaa VMI-varaston sijaintipaikat. Toimittajan vastuulla on määritellä varaston ohjausparametrit siten, että toimitusvarmuus tuotantoon nähden on aina 100 %. Toimittajat mittaavat yleensä omaa toimitusvarmuuttaan varastoon nähden, joka voi olla alle 100 %, koska varmuusvarastolla kompensoidaan pienet myöhästymiset. Asiakkaan näkökulmasta VMI-malli on vaivaton toimiessaan. Yleensä VMI-nimikkeiden varastosaldot ei ylläpidetä MRP-systeemeissä, jolloin niitä ei lueta vaihto-omaisuuteen. Toimittaja laskuttaa tyypillisesti kerran kuussa yhdellä koontilaskulla kuukauden täydennykset. Laskussa voi olla hyvin tarkka eritelmä nimikkeiden määristä, hyllyosoitteista jne. Asiakas kirjaa laskun usein yleiskustannuksiin välillisiksi muuttuviksi kustannuksiksi.



Kuva 4. VMI-mallin toiminta.

VMI-mallin toimiessa (kuva 4) asiakkaan hallinnolliset kustannukset ovat selvästi alhaiset verrattuna perinteiseen hankintatoimeen kaikkine rutiineineen ja ylläpitoineen. Nimikkeistä ei tehdä enää hankintaehdotuksia, ostotilauksia, tavaran vastaanottoja eikä laskun maksua jokaisesta toimituksesta. Myöskään ei tarvita inventaareja, eikä nimikkeisiin liittyvien tietojen ylläpitoa järjestelmissä.

Asiakkaan kannalta VMI-mallin kannattavuuslaskelmassa on kuitenkin huomiotava nimikkeiden hinnat. On selvää, että toimittajalle syntyy kustannuksia hylly-

tyspalvelusta, jotka tavalla tai toisella on laskutettava asiakkaalta. Kustannukset on usein lisätty jollain kertoimella hintoihin, jolloin on hankala verrata aiempia nimikehintoja uusiin.

Asiakkaan kannalta VMI-malli on kannattava, jos nimikkeiden ostosumma palvelumaksuineen on pienempi kuin aikaisempi nimikkeiden ostosumma hankintatoimen kustannuksineen.

4.4.1 Transaktiodimensiot

Tässä yhteydessä tarkastellaan standardityyppisiä luettelanimikkeitä ja niiden soveltuvuutta VMI-malleihin. MRO-nimikkeitä ei käsitellä tässä yhteydessä, koska kunnossapitotoiminta poikkeaa tuotantotoiminnasta olennaisesti ohjauksen suhteen. Samoin tuotantotarvikkeiden ja korjaustoiminnan tarvikkeiden ohjaustavat poikkeavat tuotantonimikkeiden ohjauksesta. C-luokkaan kuuluviin alihankintanimikkeisiin (kuten messinkiset korotuspalat) liittyy enemmän transaktioita kuin standardinimikkeisiin, joten niitäkään ei tässä yhteydessä tarkastella.

Tarkastellaan transaktion dimensioita.

- **Monimutkaisuus.** Hyllytyspalvelu on sinänsä yksinkertaista ja selkeää toimintaa eikä aiheuta erityisiä sopimustarpeita
- **Tapahtumien toistuvuus.** Hyllytyspalvelu on jatkuvaa toimintaa, joka on toimittajalle rutiininomaista ja jota yleensä tehdään myös muille asiakkaille. Toiminta on standardoitua eikä aiheuta erityisiä sopimustarpeita.
- **Tapahtumien kesto.** Hyllytyspalvelusopimus on luonteeltaan pitkäaikainen, joka edesauttaa osapuolien välisten toimintojen yhteensovittamista. Mm. hyllytysajankohtien sopiminen, turvallisuusasioiden huomiointi jne. Erityisiä sopimustarpeita ei ole.
- **Epävarmuus.** Nimikkeet ovat standardityyppisiä luettelanimikkeitä, joita on yleisesti saatavilla useilta eri toimittajilta. Jos hyllytyspalvelu jostain syystä häiriintyy, on aina mahdollista tilata nimikkeitä joltain muulta toimittajalta. Nimikkeiden hinnat ovat myös melko lähellä toisiaan eri toimittajilla. Erityisiä sopimustarpeita ei ole.

- **Toiminnan mittaus ja valvonta.** Tärkein mitattava kohde on nimikkeiden toimitusvarmuus tuotantolinjalle. Tätä on mitattava ja käytävä toimittajan kanssa keskusteluita toimitusvolyymien muutoksista. Mm. äkilliset tarpeet esimerkiksi viikonlopputuotiden takia voivat aiheuttaa puute-tilanteita. Erilaiset puute-tilanteet on kyettävä selvittämään, jotta kyetään tekemään korjaavia toimenpiteitä. Voidaan nähdä, että jonkinlaista toiminnan mittausta ja valvontaa tarvitaan, eli transaktiokustannuksia syntyy.
- **Liittymät muihin transaktioihin.** Näillä voitaisiin tarkoittaa esimerkiksi jonkin nimikkeen liittymistä tiettyihin tilausnumeroihin, jotka ovat asiakkaan sisäisesti määrittelmiä. C-luokan standardinimikkeitä käytetään tyypillisesti monissa erilaisissa lopputuotteissa ja sovelluksissa, eivätkä niiden toimitukset liity muihin transaktioihin. Erityisiä sopimustarpeita ei ole.

Seuraavaksi tarkastellaan informaation hyvyyttä.

- **Symmetrisyydellä** tarkoitetaan sitä, että molemmilla osapuolilla on samantasoinen informaatio kulloinkin vallitsevasta tilanteesta. VMI-mallien olennainen osa on varasto, jonka parametrisäädöillä pyritään eliminimaan lyhyen tähtäimen normaalit kysynnän vaihtelut. Jos oletetaan, että parametrisäädöissä on onnistuttu ja varastolle on varattu riittävät tilat ja toiminta on ennalta suunnitellun mukaista, voitaneen informaatiota pitää symmetrisenä. Epäsymmetrisyyttä aiheuttavat sen sijaan poikkeamat suunnitellusta. Mm. aiemmin mainitut viikonloppuylityöt tai vastaavat äkilliset kulutuksen lisäykset voivat aiheuttaa epäsymmetriaa. Myös nimikkeiden kulutus muuttuu ajan kuluessa uusien tuotteiden mukana, toimintoja ulkoistettaessa ja vanhoja tuotteita lopetettaessa. Käytännössä poikkeamia on aina, joten yhteistyötä ja sitä kautta transaktiokustannuksia joudutaan lisäämään.
- **Transaktiospesifikaatiolla** tarkoitetaan sen täydellisyyttä. Eli onko sopimuksen kohde tarkoin määriteltävissä vai jääkö siihen epäselvyyksiä, jotka voivat aiheuttaa toiminnan aikaisia ylimääräisiä selvityksiä. Sopimuksen kohteena ovat tässä tapauksessa standardinimikkeet, joten niiden määrittely pitäisi olla täydellistä. Toiminnan rakenteissa voi sen sijaan tapahtua muutoksia, jolloin spesifikaatiot on päivitettävä. Esimerkiksi nimikkeiden laatuvaatimuksiin, pintakäsittelyihin jne. voi tulla

muutoksia. Voidaan olettaa, että transaktiospesifikaatiot ovat melko täydellisiä ja tarvitaan neuvotteluita, jolloin transaktiokustannuksia syntyy jossain määrin.

Edellä mainittujen lisäksi ja niistä riippumatta tarkastellaan seuraavia tekijöitä:

- **Rajattu rationaalisuus.** Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa kummatkin osapuolet keskittyvät vain omiin asioihinsa eivätkä huomioi kokonaisuutta. Vaikka VMI-toiminta onkin pitkälle standardoitu, lienee järkevää pitää säännöllisiä kokouksia osapuolien välillä, jottei olennaisia asioita unohtuisi. Eli transaktiokustannuksia syntyy jossain määrin.
- **Opportunismi.** Tällä tarkoitetaan sitä, jääkö toiminnassa mahdollisuuksia huijaukseen ja onnenongintaan. Kysymys on pitkälti siitä, toimivatko osapuolet sopimusten mukaisesti. Voidaan ajatella, että toimittaja laskuttaisi enemmän kuin on toimitettu. Voidaan myös kuvitella muita huijaustapoja tai pelaamisia, joista aiheutuu toiselle osapuolelle ylimääräisiä kustannuksia. Lienee selvää, että jonkinlaista pistokoeluontoista mitausta ja valvontaa tarvitaan, jolloin transaktiokustannuksia syntyy jonkin verran.
- **Spesifit pääomat.** Tällä tarkoitetaan sitä, onko toimintaan investoitu jotain, millä ei ole vaihtoehtoisia käyttöä. Voitaneen nähdä, että spesifejä kiinteistö- ja laite- tai kalustoinvestointeja ei tarvita. Myös toimitussovimuksen nimikkeet ovat yleiskäyttöisiä ja niille löytyy vaihtoehtoisia käyttöä. Eli spesifien pääomien suhteen ei tarvita transaktiokustannuksia.

4.4.2 Yhteenveto taulukkomuodossa

Taulukko 1. Transaktiodimensiot VMI-toiminnassa.

Dimensio	Kommentti
Monimutkaisuus	Yksinkertaista
Tapahtumien toistuvuus	Jatkuvaa toimintaa
Tapahtumien kesto	Pitkäaikainen
Epävarmuus	Ei ole tai on hyvin pieni
Toiminnan mittaus ja valvonta	Jonkin verran tarvitaan
Liittymät muihin transaktioihin	Ei ole
Informaation symmetrisyys	Jossain määrin epäsymmetrisyyttä poikkeamatilanteissa
Spesifikaatioiden täydellisyys	Melko täydellisiä
Rajatun rationaalisuuden mahdollisuus	Jossain määrin
Opportunismin mahdollisuus	Ehkä jossain määrin
Spesifien pääomien tarve	Ei ole

Yhteenvetona voidaan nähdä, että transaktiokustannuksia syntyy melko vähän ja että VMI-toiminnalle on hyvät edellytykset C-luokan standardinimikkeissä tuotantotoiminnassa (taulukko 1).

A- ja B-luokan nimikkeiden osalta tarkastelu on ongelmallisempaa, koska perinteinen jako A- ja B-luokkiin perustuu yleensä nimikkeiden ostovolyymeihin. Kummassakin luokassa voi kuitenkin olla standardityyppisiä nimikkeitä, joiden kulutusfunktio on luonteeltaan hyvinkin sopiva VMI-mallilla toteutettavaksi, vaikka niiden arvo onkin suuri. On ehkä löydettävä toisenlainen jäsennys, jossa huomioidaan nimikkeiden toimitusaika tehtaalta, niiden koko, arvo sekä asiakkaan tuotantotyyppi ja sen kulutusfunktio.

4.5 VMI-toiminnan kustannusmalli

4.5.1 Johdanto

VMI-malleja sovelletaan erityisesti C-luokan nimikkeiden hankinnassa. Näitä nimikkeitä on tyypillisesti lukuisasti ja niiden yksikköhinnat ovat matalia, ne ovat useimmiten standardityyppisiä nimikkeitä, kuten muttereita, ruuveja ja tuotannon käyttötarvikkeita. Tavanomaiseen ostotoimintaan liittyy huomattava määrä hallinnollista työtä, minkä takia hankintatoimen ulkoistamista pidetään perusteltuna.

C-luokan nimikkeiden toimittajat ovat kehittäneet erilaisia palvelumalleja, joita usein kutsutaan hyllytyspalveluksi. Toimittajat ottavat vastuulleen asiakkaan tiloissa olevien varastojen palvelutasosta huolehtimisen niin, että asiakkaan henkilöstö voi aina luottaa siihen, että tavaraa löytyy varastosta.

Toimittaja veloittaa hyllytyspalveluista joko erillisellä palvelulaskulla tai sisällyttää palvelukustannukset tuotteiden hintoihin.

Jotta hyllytyspalvelu on asiakkaalle taloudellista toimintaa, on palveluhinnan oltava pienempi kuin oman osto-organisaation ja varasto-organisaation kustannukset nimikkeiden hankinnassa. Jokainen asiakasyritys joutuu laskemaan kustannuksia ennen päätöksentekoa.

Tässä esityksessä tarkastellaan hyllytyspalvelukustannuksia tarkoituksena luoda kustannusmalli, jolla kustannuksia voi tarkastella analyttisesti.

Hyllytyspalveluita on monenlaisia, ja siksi on hyvin hankala rakentaa tarkkaa kustannusmallia, jossa kaikki mahdolliset tekijät on huomioitu. Esitettävä kustannusmalli on karkea, mutta antaa kuitenkin jonkinlaisen kuvan kustannuksista.

4.5.2 Kustannusmallin lähtökohdat

Tässä esitettävä kustannusmalli perustuu todelliseen toimintaan. Mallin lähtökohdat on keskusteltu toimittajien edustajien kanssa, ja ne perustuvat asiantuntijoiden näkemyksiin.

Jotta kustannusmalli saataisiin ymmärrettäväksi, on tehty joitain kuvitteellisia olettamuksia kuten:

- Ajatellaan, että varastohyllyjen vaatima lattiapinta-ala asiakkaan tiloissa on vuokrattu toimittajan käyttöön.
- Asiakas maksaa tuotteet sillä hetkellä, kun tavara otetaan varastosta.
- Mallissa käsitellään myös sellaiset tapaukset, joissa hyllytys tapahtuu harvoin, kuten kerran vuodessa, kaksi kertaa vuodessa jne.
- Kaikkien nimikkeiden kilokustannus on sama.

Näillä oletuksilla koko systeemin kustannukset saadaan malliin mukaan. Koska tavara on toimittajan omaisuutta varastosta ottoon saakka, ei tarvitse pohtia sitä, käytetäänkö mallissa tuotteiden myyntihintoja asiakkaalle vai toimittajan käyttämää nimikkeen kustannusta. Voidaan käyttää koko ajan yhtä nimikekohtaista kustannusta, jonka määrittäminen on jo sinänsä oma kysymyksensä. Eli käytetäänkö toimittajan sisäänostohintaa vai lasketaanko siihen toimittajan muita kustannuksia mukaan? Tuotteiden kustannuksilla on vaikutusta pääomakustannuksiin.

Hyllytyskustannuksiin lasketaan kaikki kustannukset toimittajan varastosta asiakkaan varastoon.

4.5.3 Kustannusmallin rakenne

Kustannusmalli perustuu seuraaviin muuttujiin:

- Nimikkeiden yhteenlaskettu vuosikäyttö kustannuksina on 50 000 euroa asiakasta kohden.
- Pohjavarasto on 5 000 euroa.
- Pääomakustannus on 7 %.
- Varastotilan kuukausivuokra on 10 euroa per m².
- Varastotilan tarve on arvioitu karkeasti.
- Nimikkeiden kilokustannus on 4 euroa per kg.

- Henkilön kuukausipalkka on 2 500 euroa.
- Henkilösivukulut ovat 60 % palkasta.
- Yleiskulut ovat 50 % edellisten summasta.
- Henkilö hyllyttää ja lukee neljän asiakkaan tiloissa olevat varastot yhden päivän aikana.
- Autolla ajetaan 100 km päivässä.
- Auton kilometrikustannus on 1,50 euroa.
- Henkilö käyttää 20 päivää kuukaudessa hyllytyspalveluun.
- Toimittajan varastossa tapahtuvaan keräilyyn ym. työhön kuluu 50 % siitä ajasta, joka tarvitaan hyllyttämiseen.
- Toimittaja laskuttaa asiakasta koontilaskulla kuukausittain, jonka kustannus on 20 euroa rivimääristä riippumatta. Oletetaan, että tietokone hoitaa yhteenlaskut ja henkilöaika on aina sama.
- Asiakkaalla laskun tarkastus, muu hallinto ja maksaminen aiheuttavat aina saman kustannuksen 40 euroa.
- Keskivaraston arvo lasketaan kaavalla pohjavaraston arvo + 0,5 x hyllytyksen arvo.

Saadaan laskettua kustannuksia seuraavasti:

Henkilön kuukausikustannus on $2\,500 \times 1,6 \times 1,5 = 6\,000$ euroa

Henkilökustannus yhtä hyllytystä kohden on $6\,000 / 20 / 4 = 75$ euroa

Auton kustannus yhtä hyllytystä kohden on $100 \times 1,50 / 4 = 37,50$ euroa
(= 40 euroa)

Keräily ym. toimittajan varastosta yhtä hyllytystä kohden on $75 / 2 = 38,50$ euroa (= 40 euroa)

Saadaan peruskustannus yhtä hyllytystä kohden:

Hyllytyskustannus = $75 + 40 + 40 = 155$ euroa.

Lisäksi lasketaan hyllytyksille erillinen määräkustannuslisä, jossa huomioidaan hyllytettävän määrän vaikutus. Jos hyllytys tapahtuu kerran

vuodessa, arvioidaan siihen kuluvan yksi kokonainen päivä ja lisäksi puoli päivää tavaran keräilyssä toimittajan varastossa. Eli hyllytyskustannus on $6\ 000 / 20 = 300$ euroa ja keräily $300 / 2 = 150$ euroa.

Yhteensä 450 euroa. Josta vähennetään peruskustannuksessa oleva osuus $75 + 40 = 115$ euroa.

Saadaan määräkustannus maksimissaan $450 - 115 = 335$ euroa (= 350 euroa).

Autokustannus pidetään samana, vaikka tarvitaankin isompi auto.

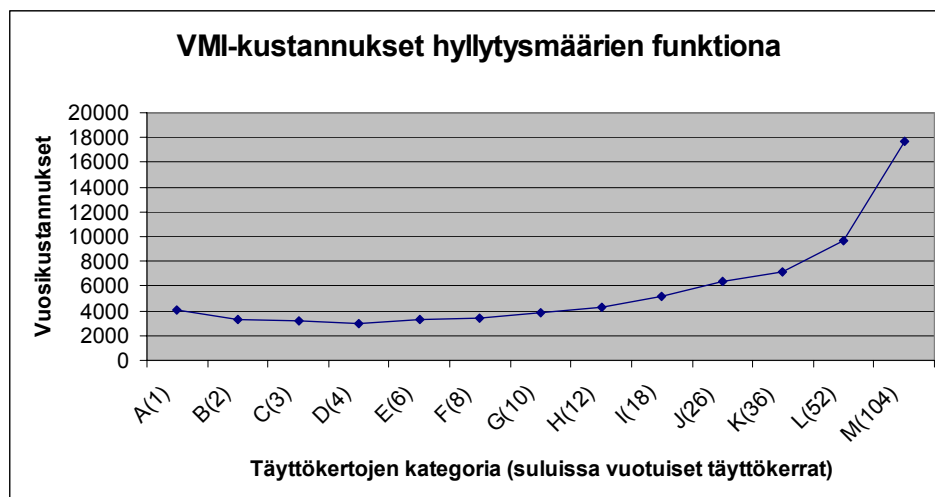
Määräkustannus vähenee hyllytystä kohden käyntikertojen lisääntyessä.

Edellä eritellyt kustannukset on koottu taulukkoon 1.

Talulukko 1. VMI-kustannukset hyllytysmäärien funktiona.

Hyllytyksen peruskustannus	155	Vuosikäyttö / euroa		50000										
Pääomakustannus	7 %	Pohjavarasto		5000										
Varaston vuokra /m2/vuosi	120	Kilokustannus		4										
Kategoria	A(1)	B(2)	C(3)	D(4)	E(6)	F(8)	G(10)	H(12)	I(18)	J(26)	K(36)	L(52)	M(104)	
Hyllytyskertoja/vuosi	1	2	3	4	6	8	10	12	18	26	36	52	104	
Hyllytyksen peruskustannus	155	310	465	620	930	1240	1550	1860	2790	4030	5580	8060	16120	
Hyllyt. Määräkustannus	350	200	150	100	75	50	50	40	30	20	0	0	0	
Hyllyt. määräk. yht.	350	400	450	400	450	400	500	480	540	520	0	0	0	
Hyllytyksen arvo	50000	25000	16667	12500	8333	6250	5000	4167	2778	1923	1389	962	481	
Keskivaraston arvo	30000	17500	13333	11250	9167	8125	7500	7083	6389	5962	5694	5481	5240	
Pääomakustannus	2100	1225	933	788	642	569	525	496	447	417	399	384	367	
Hyllytyskilot	12500	6250	4167	3125	2083	1563	1250	1042	694	481	347	240	120	
Varastoneliöt	12	10	10	8	8	6	6	6	6	6	4	4	4	
Varaston tilakust.	1440	1200	1200	960	960	720	720	720	720	720	480	480	480	
Laskutus + laskun maksu	60	120	180	240	360	480	600	720	720	720	720	720	720	
Yhteensä vuodessa	4105	3255	3228	3008	3342	3409	3895	4276	5217	6407	7179	9644	17687	
Prosenttia per tuotekust.	8,2	6,5	6,5	6,0	6,7	6,8	7,8	8,6	10,4	12,8	14,4	19,3	35,4	

Talulukon vuosikustannus täyttökertojen funktiona on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. VMI-kustannukset hyllytysmäärien funktiona.

4.5.4 Kustannusten tarkastelua

Kustannusmalli tässä laskentatapauksessa näyttää, että kaksi kertaa viikossa tapahtuva hyllytystoiminta tuottaa 17 687 euron vuosikustannukset. Pienimmillään kustannukset ovat 3 008 euroa, kun hyllytyksiä tapahtuu 4 kertaa vuodessa eli kolmen kuukauden välein.

Käytännössä hyllytyskäynnit vaihtelevat eri tapauksissa huomattavasti. On useita tapauksia, joissa hyllytystä tehdään viikoittain ja jopa kaksi kertaa viikossa. Näissä tapauksissa on yleensä suuremmat volyymit kuin edellä kuvatussa tapauksessa.

Edellä kuvatussa tapauksessa toimittajan mukaan pyritään kahden viikon välein tapahtuvaan hyllyttämiseen, jolloin vuosikustannukset olisivat 6 407 euroa. Jos hyllytyskertoja harvennettaisiin edelleen neljän viikon välein tapahtuviksi, olisi vuosikustannus 4 276 euroa. Kustannussäästö olisi tällöin n. 33 %.

Käyntikertojen harventaminen on kuitenkin hyvin haastava ongelma. Hyllytysnimikkeiden kulutustietoja ei yleensä saa mistään. Toimittajalla on ainoastaan täydennyshistoria, joka ei riitä tarkempien ohjauskäytäntöjen kehittämiseksi.

Usein tilanne on kuitenkin sellainen, että tavoitteena on kahden viikon välein tapahtuva hyllytys, mutta erilaisista poikkeamista ja muista syistä hyllytystä tehdäänkin viikoittain. Tällöin vuotuiset hyllytyskustannukset ovat 9 644 euroa, joka tarkoittaa n. 50 %:n lisäystä kustannuksiin.

Edellä kuvatussa tapauksessa pääomakustannukset ovat alle 500 euroa vuodessa, kun hyllytyskertoja on enemmän kuin 10 vuodessa. Voi helposti päätellä, että varastojen arvoa kannattaisi kasvattaa, jotta hyllytyskertoja saataisiin vähennettyä. Tämä ajatus on kaikissa toimittajien kanssa käydyissä keskusteluissa noussut esiin. VMI-toiminnassa on jostain syystä totuttu pieniin varastoihin, eikä asiaa ole useinkaan otettu esille asiakkaan ja toimittajien välisissä neuvotteluissa.

4.5.5 Loppupäätelmiä

Käytyjen keskusteluiden mukaan toimittajat pyrkivät varastotäydennyksissään n. 1–4 kuukauden käyttöä vastaaviin hyllytysmääriin. Joissakin nimikkeissä pyritään jopa yhden vuoden käyttöä vastaaviin hyllytysmääriin. Kuitenkin käytännössä hyllytystä tehdään melko usein, joissakin tapauksissa kaksi kertaa viikossa. Viikoittainen hyllytyskäynti on myös yleistä.

Tutkijoille jäi yhtenevä käsitys siitä, että tutkimuksen tapauksissa varastot olivat liian pieniä ja aiheuttivat ylimääräisiä kustannuksia käyntikertojen lisääntyessä. Kustannusmallin avulla tämä myös selittyi.

Tarvittava lattiapinta-ala näyttäisi olevan tärkeä parametri, johon on selvästi kiinnitetty liian vähän huomiota. Tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista paneutua tarvittavan lattiapinta-alan selvittämiseen tarkemmin.

Lähteet

- Coase, R. (1937) The nature of the firm. *Economica* 4, s. 386–405.
- Pajarinen, M. (2001) Make or Buy – Outsourcing in Finnish Industry. ETLA B:181. Vantaa: Taloustieto Oy. (in Finnish)
- Rao, P.K. (2003) *The Economics of Transaction Costs; Theory, Methods and Applications*. New York: Palgrave Macmillan. 197 s.
- van Weele, A.J. (2003) *Purchasing and supply chain management*. Third edition. Singapore: Thomson Learning.
- Williamson, O.E. (1985) *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.

5. Hajanaisen kysynnän tuotteiden täydennyksen tehostaminen

Mikko Kärkkäinen

Retail Logistics Excellence – RELEX on kehittänyt täydennystoiminnan hallintamalleja, joita on menestyksellisesti hyödynnetty vähittäiskaupan eri toimialoilla sekä varaosatäydennyksissä. Koska kehitettyjen hajanaisen kysynnän hallintamallien nähtiin soveltuvan myös teollisuuden C-nimikkeiden täydentämiseen, pyydettiin RELEXiä kirjoittamaan osio tähän TEMO-projektin loppuraporttiin.

Tässä osiossa käsitellään lyhyesti RELEXin näkemyksiä hajanaisen kysynnän hallinnan haasteista, täydennystoiminnan luonteesta sekä erilaisista tehostamismahdollisuuksista. Hajanaisella kysynnällä viitataan perusvolyymitään suhteellisen pieneen, mutta luonteeltaan hyvin vaihtelevaan kysyntään – eli käytännössä kysyntään, jossa toistuu nollajaksoja ja jonkinlaisia erikokoisia kysyntäpiikkejä.

5.1 Hajanaisen kysynnän hallinnan haasteet

Hajanainen kysyntä ei systemaattisesti toista itseään aikajaksosta toiseen. Lisäksi nimikkeiden kysyntä vaihtelee usein huomattavasti paitsi kokonaisvolyyminsä, myös luonteensa – eli tason heilahtelun ja myyntipiikkien ajoituksen – puolesta.

Kysynnän luonne aiheuttaa suuria haasteita perinteisten logistiikan hallinnan mallien hyödyntämiseen: 1) Tilastollisilla ennustemalleilla ei suurimmalla osalla nimikkeistä päästä hyvään ennustetulokseen ja 2) varmuusvarastojen ja tilauspisteiden parhaiden arvojen laskeminen on haastavaa.

Tilastollisen ennustamisen perustana on tapahtumien systemaattinen käyttäytyminen tarkasteltavien aikajaksojen aikana. Jos monen nimikkeen kysyntä heilahtelee nollan ja maksimiarvon välillä näennäisen satunnaisesti, päästään tilastollisessa ennustamisessa järkevään tarkkuustasoon vain lisäämällä tarkastelujakson pituutta, tarkastelemalla esimerkiksi vuositason myyntiä. Vuositason menekkiennusteilla ei valitettavasti voida kuitenkaan tehokkaasti ohjata seuraavan kahden tai kolmen viikon täydennyksiä.

Tuotteiden varmuusvarastoiden (tai tilauspisteiden / hälytysrajojen) määrittäminen tehdään yleisesti joko 1) laskennallisesti tiettyyn palvelutasoon tähdäten logistiikan peruskaavoilla tai 2) määräämällä käytettävät arvot tietyn ajan keskimääräisenä kysyntänä (riittopäiväpohjaisesti).

Molemmat varmuusvarastojen asettamisen mallit ovat ongelmallisia hajanaisen kysynnän tuotteille.

- 1) Hajanainen kysyntä ei juuri millään tavalla noudata normaalijakaumaa. Normaalijakauma-oletus on kuitenkin yleensä pohjana tiettyyn palvelutasoon tähtäävissä kysynnän laskentakaavoissa, joissa arvot määritellään kysynnän keskiarvon ja keskihajonnan avulla.

Esimerkiksi yhdellä RELEXin asiakkaalla oli myymälän 67 tuotteelle määritelty "Stock out Propability" - kaavan mukainen tavoitesaastavuustaso, joka oli 97%. Kaava perustuu oletukseen kysynnän normaalijakaumasta. Tuotteiden hyllysaastavuudet asettuivat laskennallisilla tilauspisteillä 70:n ja 100:n prosentin välille.

- 2) Usealla hajanaisen kysynnän nimikkeellä keskimääräinen kysyntä on erittäin alhaista, jolloin satunnaisen kysyntäpiikin sattuessa kohdalle tarvitaan erittäin suuren riiton varastoa. Esimerkiksi, jos kappaleen keskimääräinen kysyntä on 0,2 kappaletta viikossa ja kysyntä on paa-kuttaista, voi jollekin viikolle osua esim. 2 x 5 kpl:n tarve. Tähän tarpeeseen varautumiseen tarvittaisiin kyseiselle nimikkeelle noin vuoden riiton verran varastoa. Pahinta on, että kysynnän tason lisäksi kysynnän luonne yleensä vaihtelee huomattavasti nimikkeiden välillä.

5.2 Täydennysprosessin toiminta ja kustannukset

Täydennysprosessin kokonaiskustannusten vähentämisessä haasteita luovat toisaalta luotettavan menekki- ja saldotiedon puute, jota voidaan esimerkiksi TEMO-projektissa rakennettujen vaakaratkaisujen avulla kehittää, toisaalta täydennysprosessin kustannusten moniportaisuus ja tärkeimpien kustannusten riippuvaisuus koko nimikemäärän täydentämisestä.

Hajanaisen kysynnän nimikkeiden täydennysprosessin kustannukset voidaan yleistää koostumaan seuraavista komponenteista:

- yhden täydennyskäynnin kustannukset (asiakkaalle toimitetaan 1–n nimikettä)
- yhden toimitusrivin käsittelyn kustannukset
- käsiteltävän tuotemäärän kustannukset (esim. siirrettävien kollojen määrä).

Näistä lähes poikkeuksetta toimituskertoihin liittyvät kustannukset ovat merkittävimpiä. Asiakkaalla käynti maksaa huomattavasti riippumatta siitä, joudutaanko asiakkaalle viemään yksi vai viisikymmentä nimikettä. Toimitusrivin käsittelyyn sisältyy myös merkittävästi aktiviteetteja ja kustannuksia, mutta pelkästään nimikekohtaisia toimitusmääriä optimoimalla ei yleensä päästä merkittävästi laskemaan asiakkaan toimituskertoja.

Eli käytännössä koko nimikemäärän täydennystä olisi mietittävä ja ohjattava kokonaisuutena, jotta päästään oleellisimpiin kustannuskomponentteihin kiinni. Tämäkin aiheuttaa hajanaisen kysynnän nimikkeiden hallintaan haasteita, sillä perinteisesti logistiikan malleissa ja niiden hyödyntämisessä lähdetään liikkeelle yhden nimikkeen malleista, koska ne ovat yksinkertaisimpia.

5.3 Hajanaisen kysynnän täydennysprosessin tehostaminen

Oleellisia kehitysaskkeleita hajanaisen kysynnän täydennyksen tehostamisessa ovat: 1) Menekkitiedon laadun parantaminen, 2) hyllytilan allokoiminen tuotteille oikeassa suhteessa, 3) säännöllisen kulutuksen ennustaminen, 4) nimikekohtaisten parametrien optimoiminen ja 5) koko tuotepalettia koskevat (kustannusfunktion huomioivat) tilausmallit.

1) Menekkitiedon laadun parantaminen

Menekkitiedon kerääminen nimikkeiltä mahdollistaa hyvin paljon tarkemman täydennysten ohjauksen kun toteutuneiden täydennysten tiedon kerääminen. Lisäksi vaakaratkaisuissa myös saavutettava reaaliaikainen saldo mahdollistaa reaktiivisten tilausmallien käyttämisen – tehdään täydennys vasta kun on tarve.

2) Hyllytilan allokoiminen tuotteille oikeassa suhteessa

Kuten luvussa 4 on käyty läpi, asiakkaan varastotila maksaa. Lisätilaa ei voi hankkia ilman lisäkustannuksia. Kuitenkin yleensä nimikkeiden hyllytilaa voidaan allokoida tarkoituksenmukaisesti nimikkeiden välillä. Toimituskertojen kokonaismäärän ollessa merkittävin kustannusajuri olisi oleellista saada hyllyjen tila-allokaatio tehtyä siten, että mahdollisimman monille tuotteille tulisi täydennystarve samanaikaiseksi. Käytännössä hyllyissä on yleensä muutamia ”pullonkaulanimikkeitä”, joiden hyllytilaan sopiva varaston määrä ei välttämättä riitä varmistamaan saatavuutta, mikäli täydennysrytmiä harvennetaan. Allokoimalla hyllytila mahdollisimman tehokkaasti nimikkeiden kysynnän tason ja luonteen mukaan voidaan päästä suoraan vähentämään toimituskertoja ja tekemään rivimäärältään suurempia ja siten tehokkaampia toimituksia.

On huomioitava, että nimikkeiden hyllytila-allokaatiota voitaneen kehittää ilman parempaa menekkitietoa, vaikka tarkka menekkitieto luultavasti auttaisi-kin kehittämään allokaatiota merkittävästi.

3) Säännöllisen kulutuksen ennustaminen

Osaa C-luokan nimikkeistäkin saatetaan kuluttaa lähes joka viikko (varsinkin, jos ABC-luokittelu on liikevaihtopohjainen), ja joillain nimikkeillä saattaa olla säännöllistä sesonki- tai kausikäyttäytymistä. Näiden nimikkeiden täydennyksen tehokkuutta voidaan tehostaa joskus merkittävästikin huomioidamalla kysyntäennuste täydennyslaskennassa. Käytännössä samaan (täyteen) palvelutasoon päästään samalla täydennysrytmillä ja alhaisemmilla varastotasoilla. Paremman ennustettavuuden kautta voidaan periaatteessa myös laskea yksittäisten nimikkeiden täydennysrytmiä, mutta on epärealistista olettaa, että koko hajanaisen kysynnän nimikkeiden massalla päästäisiin sellaiseen ennustustarkkuuteen, että toimituskertojen määrää voitaisiin alentaa.

4) Nimikekohtaisten parametrien optimoiminen

Nimikkeille varattu hyllytila määrittää suurimmat asiakkaan tiloissa varastoitavat määrät. Tilaushetki voidaan käytännössä määrittää tilausparametrien avulla. Hyvin määritellyillä tilausparametreilla voidaan samoilla täydennys-

rytmeillä ja toimitusajoilla päästä täyteen saatavuuteen pienemmällä varastotasoilla kuin ilman tuotteen kysynnän luonteen huomioimista asetetuilla täydennysparametreilla.

5) Koko tuotepalettia koskevat (kustannusfunktion huomioivat) tilausmallit

Merkittävin tehostus saavutetaan, jos täydennystoiminnan tueksi esimerkiksi vaakaratkaisujen kautta kerättävää tietoa hyväksi käyttäen kyetään allokoimaan hyllytila nimikkeille mahdollisimman hyvin ja siirrytään koko nimikemäärää huomioiviin tilausmalleihin. Perinteisesti täydennystoimintaa ohjataan nimikekohtaisesti, ja nimikkeille asetetaan omat tilauspisteet. Nimikkeen saldon ollessa tilauspisteen yläpuolella nimikkeestä ei välitetä, vaikka tulevaisuudessa se tulee kyllä aiheuttamaan täydennystarpeen ja sitä kautta toimituskustannuksia.

Käytännössä suurempaan täydennystoiminnan tehokkuuteen päästään käsittelemällä koko nimikemäärää täydennyshetkillä täydentäen mahdollisuuksien mukaan kaikkia nimikkeitä. Mikäli hyllytilan allokaatio on onnistunut ja tuotteita tilataan yhdessä järkevästi, päästään lähelle teoreettista minimiä täydennyskertojen määrässä ja merkittäviin kustannussäästöihin.

Huonona puolena reaktiivisessa mallissa on täydennyskäyntien volyymin ja ajankohdan heikko ennustettavuus.

6. VMI-tietojärjestelmän rakentaminen

Kai Häkkinen

6.1 Lähtökohtia

Teollisuudessa ja kaupassa esiintyy monenlaisia VMI-toimintamalleja. VMI on lyhenne sanoista Vendor Managed Inventory, joka voidaan tulkita monella tavalla. Askeettisimmillaan voidaan ajatella VMI:n tarkoittavan sananmukaisesti sitä, että toimittaja vastaa jonkin varaston palvelutasosta yksinään ilman minkäänlaista tiedonvaihtoa asiakkaan kanssa. Käytännössä toimittaja tarvitsee kuitenkin jonkin verran tulevaisuuden kulutukseen liittyvää tietoa pystyäkseen pitämään varastonohjausparametrit ajan tasalla. Tällaista tietoa ei välttämättä tarvita kovin usein, eikä sen tarvitse olla erityisen tarkkaa – trendit riittävät usein. VMI-malleja sovelletaankin useimmiten tuotteisiin, joiden kulutus on melko tasaista ja ennakoitavaa.

Teollisuus on ulkoistanut ja ulkoistaa edelleenkin C-luokan nimikkeiden hankintalogistiikkaa toimittajille, jotka ottavat vastuulleen erilaisten asiakkaan tiloissa olevien varastojen palvelutason.

6.2 Täydennyspyynnön laukaisumekanismit

Tyypillisesti toimittajan henkilö kiertää tietyin väliajoin tarkastamassa varastot ja tekee täydennyspyynnön tuotteista, joiden saldo on saavuttanut tilauspisteen tai on saavuttamassa sitä. Täydennystarve voidaan kirjata useilla eri tavoilla ylös. Voidaan käyttää valmista lomakepohjaa, jossa on ko. hyllyn nimikkeet valmiiksi kirjoitettuna, ja merkitään vain ruksi täydennettävän nimikkeen kohdalle. Kirjausta varten on myös kehitetty viivakoodisysteemeitä, joissa käsipäätteen lukijalla luetaan täydennettävän nimikkeen kohdalta viivakoodi. Lisäksi on kokeiltu vinohyllyjä, joissa oleva mikrokytkin laukeaa, kun ylimmäinen laatikko siirtyy alemmaksi ja laukaisee kytkimen. Voidaan myös ajatella painonappisysteemiä, jossa jokaisen hyllyn kohdalla on painonappi, jota painetaan kun tilauspiste on saavutettu. Tällöin systeemi saa automaattisen impulssin tietyn hyllyn

täydennystarpeesta. On myös olemassa vaakasysteemeitä, jotka jatkuvasti seuraavat hyllyn painon perusteella hyllyssä olevaa nimikemäärää. Systemi tekee täydennyspyynnön, kun tavaramäärän paino alenee määriteltyyn tasoon.

6.3 Hyllytystoiminnan organisointimalleja

Yleisin toimintamalli on toimittajan kehittämä VMI-malli, jossa toimittajan edustaja kiertää varastot ja kirjaa täydennystarpeet ylös ja toimittaa ne edustamansa yrityksen tilausten käsittelyyn ja sitä kautta varastoon kerättäväksi ja toimitettavaksi. Tietotekniikan kehityksen myötä toimittajan edustaja voi usein laatia täydennyspyynnöt mukana olevaan PC-laitteeseen, joka kommunikoi suoraan tilausten käsittelysystemin kanssa.

Lisääntymässä oleva trendi näyttää olevan erilaisten logistiikkaoperaattoreiden käyttäminen. Logistiikkaoperaattori voi toimia eri toimittajien edustajana ja käyttää näiden tietojärjestelmiä kuten toimittajan oma organisaatiokin käyttäisi.

Logistiikkaoperaattori voi käyttää myös omia tietojärjestelmiään, joilla se hoitaa täydennysrutiinit samalla tavalla riippumatta toimittajasta. Tässä mallissa logistiikkaoperaattori kiertää tehdasalueen ja tarkastaa kaikkien toimittajien hyllyt ja niiden täydennystarpeet. Tämän jälkeen operaattori toimittaa jokaiselle toimittajalle erikseen heidän hyllyjensä täydennyspyynnöt.

Lisäksi on mahdollista, että asiakasyrityksen oma organisaatio vastaa hyllytystoiminnasta.

6.4 Hyllytystoiminnan nykyisistä tietotekniikkaratkaisuista

6.4.1 Toimittajan kehittämä VMI-malli

Yleisin malli, jossa toimittajan edustaja tai edustajana toimiva logistiikkaoperaattori suorittaa täydennyspyynnöt, on tietoteknisesti selväpiirteinen. Toimittajan on rakennettava omaan toiminnanohjausjärjestelmäänsä sopivat lisäosat, joilla asiakkaan tiloissa olevat varastot voidaan hallita. Järjestelmän kannalta

asiakkaan tiloissa olevia varastoja voidaan tarvittaessa käsitellä kuten omissa tiloissa olevia varastoja. Täydennykset kirjataan, jolloin voidaan kumulatiivisesti laskea, paljonko varastoihin on viety tavaraa. Kulutusta ei useimmiten kirjata, jolloin saldoseuranta ei ole mahdollista. Täydennyspyynnöt voidaan tehdä edustajan kannettavalla PC:llä Internetin kautta joko kiinteillä linjoilla tai mobiiliyhteyksillä. Täydennyspyyntö voi olla suoraan myyntitilaus, josta keräilypaperit tulostuvat automaattisesti toimittajan keräilypisteeseen. Kun systeemissä ylläpidetään erilaisia asiakasta koskevia perustietoja, voidaan asiakkaalle laatia laskut varastoittain tai kustannuspaikoittain ja monella muulla tavalla. Lisäksi asiakkaalle voidaan laatia hyvin erilaista muuta raportointia.

On myös olemassa toimittajan kehittämiä GSM-teknologiaan perustuvia malleja, joissa asiakkaan henkilöstö kirjaa ylös asiakkaan varastosta otot. Kirjauksessa voidaan käyttää käsipäätettä, jolla luetaan hyllystä viivakoodi ja kirjataan otettu määrä. Käsipäätte siirtää sen jälkeen ottotapahtumat toimittajan järjestelmään GSM-tekstiviestinä, jolloin saldojen seuraaminen perustuu systeemissä olevien ottotapahtumien oikeellisuuteen. Näissä malleissa kyse ei ole puhtaasta VMI-mallista, koska ottotapahtumien kirjaus on asiakkaan vastuulla. Kyse on jaetusta vastuusta. Näitä malleja käytetään tapauksissa, joissa varastot ovat etäällä ja niin pieniä, että manuaalinen, henkilön suorittama saldotarkastus, tulisi liian kalliiksi.

6.4.2 Logistiikkaoperaattorimalli

Logistiikkaoperaattorimalli on melko uusi ilmiö. On esimerkkejä tapauksista, joissa logistiikkaoperaattori vastaa varastojen täydennyspyyntöjen tekemisestä ja niiden toimittamisesta toimittajille. Logistiikkaoperaattorit voivat käyttää ASP⁹-sovelluksia, jolloin ulkopuolinen ohjelmistotalo tarjoaa operaattorin käyttöön ohjelmiston. Logistiikkaoperaattorilla voi myös olla oma tietojärjestelmä tai se voi käyttää asiakkaan tietojärjestelmiä. Logistiikkaoperaattori voi käyttää myös toimittajien tietojärjestelmiä, jolloin operaattorin olisi osattava käyttää useita erilaisia järjestelmiä.

Kaiken kaikkiaan erilaisia tietojärjestelmävaihtoehtoja on useita.

⁹ ASP =Application Service Provider

6.5 VMI-tietojärjestelmän filosofiasta ja rakenteesta

Logistiikkaoperaattoriperusteinen VMI-malli on uudehko ilmiö. Tutkimuksen kuluessa selvisi, että erilaisia toimintamalleja on lukuisia. Tietoteknisinä ratkaisuina käytetään erilaisia olemassa olevia sovelluksia, joiden kanssa jotenkin pärjätään. Useissa tapauksissa logistiikkaoperaattorin toimintaan liittyy kuitenkin erilaista tapahtumakäsittelyä melkoinen määrä, ja sen vaatimat tietojenkäsittelyrutiinit lisäävät hallinnollista työtä.

Logistiikkaoperaattoreiden käyttämiseen löytyy useitakin perusteita. Jos samalla tehdasalueella toimii useita VMI-toimittajia, lisääntyvät mm. työturvallisuusriskit ja tietoturvariskit. Koska VMI-toimittajilla on yleensä jokaiselle oma hylly, lisääntyy yleinen matkustaminen tehdasalueella, kun jokaisen toimittajan edustaja kävelee alueella erikseen hoitamassa omaa hyllyään. Eli yhteenlaskettu ajankäyttö on suurempi kuin jos yksi henkilö kävelisi hoitamassa kaikkien toimittajien hyllyt. Logistiikkaoperaattoria voidaan perustella myös sillä, että operaattorit keskittyvät omaan ydinosaamiseensa eli hyllytystoimintaan ja varastojen ohjaukseen, joista he saavat kokemusta ja oppia useiden asiakkaittensa sovelluksista. Näiden lisäksi löytynee myös muita perusteluita.

6.5.1 Toiminnan ja tietojärjestelmän filosofiasta

Kysymys on siitä, millaista logistiikkaoperaattorivetoinen VMI-toiminta voisi olla. Tässä yhteydessä ei lähdetä maalaamaan kokonaisvisiota kaikkine mahdollisuuksineen, vaan laaditaan yksi toiminnan skenaario. Tästä skenaariosta voi sitten tehdä erilaisia muunnoksia. Toiminnan visio tarvitaan ennen tietoteknisen ratkaisun hahmottamista.

Tässä yhteydessä tehdään perustavaa laatua oleva aksiooma:

Tietojärjestelmä tukee vain tavoitteellista toimintaa. Tietojärjestelmällä ei tueta poikkeamien hallintaa. Poikkeamien hallinta tehdään manuaalisesti jollain tavalla, jota ei tässä yhteydessä suunnitella.

Perusoletukset:

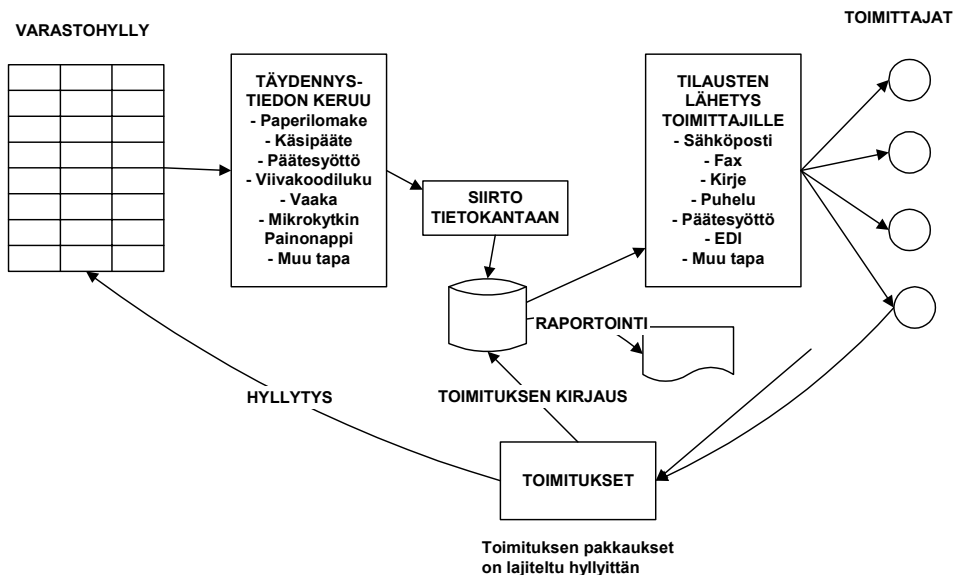
- Logistiikkaoperaattori vastaa täydennyspyyntöjen tekemisestä toimittajille.
- Logistiikkaoperaattori vastaa saapuvan tavaran hyllyttämisestä.
- Logistiikkaoperaattori ei varastoi tuotteita, vaan hyllyttää kaikki saapuneet toimitukset välittömästi.
- Logistiikkaoperaattori laskuttaa palveluistaan asiakasta erillisellä laskulla.
- Logistiikkaoperaattori ei näe tuotteiden hintoja.
- Logistiikkaoperaattori ei omista tuotteisiin liittyviä tapahtuma- ja muita tietoja ja saa käyttää niitä vain logistiikkaoperoinnin tukena.
- Logistiikkaoperaattori osallistuu asiakkaan kanssa yhdessä erilaisten teknisten ratkaisuiden (setit, räkit, häkit, laatikot jne) kehittämiseen. Asiakas maksaa kehittämiseen käytetyistä resursseista erikseen.

- Toimittaja toimittaa 100-prosenttisesti kaikki tilatut tuotteet sovitussa ajassa.
- Toimittaja tekee lähetyspaperit, joissa on valmiiksi merkittynä hyllyosoitteet, joihin tuotteet hyllytetään.
- Toimittaja laskuttaa asiakasta suoraan.

- Asiakas vastaa toimittajien etsinnästä, tuotevalinnoista, tuotteiden hinnoista, tuotteiden laadunvalvonnasta, alihankkijoiden valmistuksenohjausproblematiikasta (ennusteet, poikkeamat jne.), valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön koordinoinnista alihankkijoiden kanssa ja hankintalogistiikan yleisten toimintaraamien kehittamisestä.
- Logistiikkaoperaattori vastaa osaltaan hankintalogistiikan kehitysideoiden ja ehdotusten tuottamisesta.
- Yhtä nimikettä toimittaa vain yksi toimittaja kerrallaan, jolloin systeemi tietää, keneltä tilataan.

6.5.2 Toiminnan kuvausta

Toiminnan lähtökohtana on logistiikkaoperaattori, joka ylläpitää kaikkien toimittajien VMI-varastot. Lisäksi samassa varastohyllyssä voi olla eri toimittajien tuotteita (kuva 1.).



Kuva 1. Toiminnan kuvaus.

Täydennystiedot kerätään ja siirretään tietokantaan. Täydennystietojen keruu voidaan tehdä manuaalisesti lomakkeita käyttäen. Voidaan myös käyttää käsi-päätteitä, joilla luetaan hyllyn viivakoodi. Vaakasysteemi on myös mahdollinen liittää järjestelmään. Täydennyspyyntö voi syntyä myös mikrokytkimen tai painonapin välityksellä. Tietokannasta toimitetaan jokaiselle toimittajalle hyllykohtainen tilaus. Tilaus voidaan toimittaa eri tavoin, kuten sähköpostitse, faksilla, kirjeenä, puhelimella, päätesyöttönä ja EDI-systeemillä.

Ajatus on, että toimituksen mukana tuleva lähetepaperi vastaisi hyllykohtaista tilausta. Tällöin hyllyttäjän työ nopeutuu, helpottuu ja virheiden mahdollisuus vähenee. Tästä syystä VMI-tietojärjestelmän on tuotettava hyllykohtainen tilaus toimittajalle (kuva 2.). Tällöin toimittaja voi tallentaa tilauksen omaan järjestelmäänsä samalla tavalla eriteltyinä.

VMI-tilaus nro. 100	pvm. 10.2.2007
Toimittaja 4000	
Hylly xxxxxxx	
nimike 1	100 kpl
nimike 2	10 ltk
nimike 3	500 kpl

VMI-tilaus nro. 101	pvm. 10.2.2007
Toimittaja 5000	
Hylly xxxxxxx	
nimike 1	300 kpl
nimike 5	30 ltk
nimike 7	700 kpl

Kuva 2. VMI-tilausesimerkkejä.

Toimituksen saavuttua se kirjataan järjestelmään yhdellä kirjauksella, koska oletuksena on, että toimitus vastaa tilausta. Jos toimitus ei vastaa tilausta, se kirjataan järjestelmään poikkeavasti toimitetuksi. Jos taas toimitus vastaa tilausta, se kirjataan oikein toimitetuksi. Jälkitoimitukset eivät ole sallittuja. Eli kun toimittaja on toimittanut tilauksen, hänen on kirjattava omaan järjestelmäänsä tilaus loppuun toimitetuksi, vaikka se menisikin vajaana. Poikkeavat toimitukset voidaan tilastoida ohjelmallisesti. Toimitusrivitasen tilastointi on tehtävä manuaalisesti, mikäli sitä tarvitaan.

Jos toimitus on vajaa eli joitain nimikkeitä on vähemmän kuin oli tilattu, se ei vaikuta varaston palvelutasoon välttämättä ollenkaan. Seuraava täydennyspyyntö syntyy vain normaalia aikaisemmin. Jos nimikettä ei toimitettu ollenkaan, merkitään nimikkeelle uusi täydennyspyyntö välittömästi hyllytystoiminnan yhteydessä. Näissä tapauksissa toimittajalta tilataan nimikettä toistuvasti, kunnes toimitus tapahtuu.

Toimittajalta tulleet lähetepaperit arkistoidaan kahteen eri mappiin. Toiseen arkistoidaan virheettömien toimitusten läheteet. Toiseen arkistoidaan poikkeavasti toimitettujen tilausten läheteet, joista lähetetään myös kopio laskuntarkastukseen.

Laskuntarkastuksessa lähtökohtana on, että toimittaja laskuttaa jokaisen toimituksen erikseen. (Käytännön sovelluksissa voidaan kuitenkin poiketa tästä ja tehdä jonkinlaisia koontilaskuja.)

Laskuntarkastusta varten järjestelmään on tehty oma näyttö. Jokainen lasku tarkistetaan ottamalla näytölle sitä vastaava tilaus. Jos toimitus on merkitty virheettömäksi, voidaan lasku maksaa heti. Jos näytölle tulee poikkeamatieto, on otettava lähetekopio ja katsottava vastaako lasku sitä, jonka jälkeen lasku voidaan maksaa.

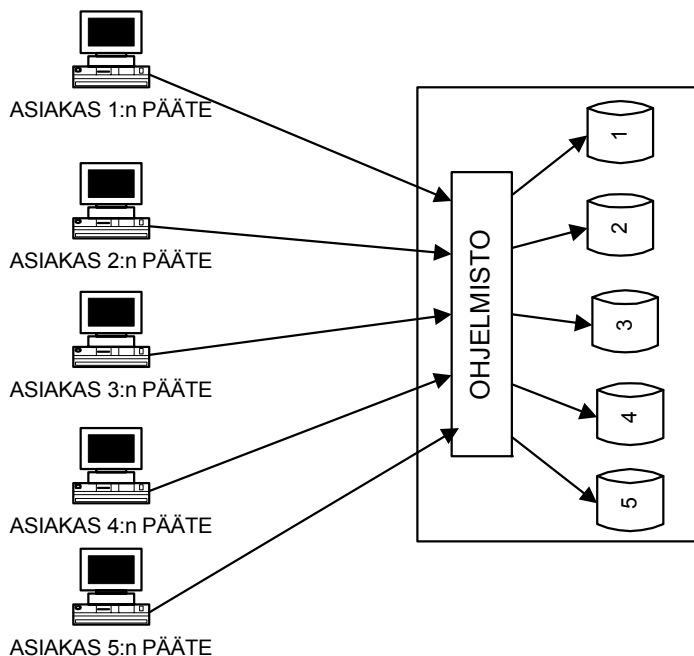
6.5.3 VMI-tietojärjestelmän rakenteesta

VMI-tietojärjestelmä suunnitellaan vain tavoitteellista toimintaa tukevaksi. Poikkeamia ei tueta. Organisaatioiden on pärjättävä poikkeamien osalta itse kehitetyillä manuaalisysteemeillä.

Erityinen haaste on nimikkeiden koodaus. VMI-toiminnan osapuolia ovat toimittaja, logistiikkaoperaattori ja asiakas. Samalla nimikkeellä voisi olla koodi jokaista osapuolta varten. Lisäksi asiakkaan eri osastot voivat käyttää eri koodeja samasta nimikkeestä. Asiakkaan eri osastojen koodit voivat olla peräisin esim. yrityskaupoista tai yhtiöiden uudelleen järjestelyistä. Koodijärjestelmien muutokset ovat useista syistä johtuen hyvin hankalia, joskus jopa mahdottomia toteuttaa (esim. varaosat, jäljitettävyyden, koodin informaatio jne.).

VMI-tietojärjestelmän rakenne on oltava toimiva myös ASP-konseptissa. Erilaisia vaihtoehtoja koodauksen suhteen on useita. Tässä yhteydessä ehdotetaan ratkaisuksi yhden koodin järjestelmää. Koodi olisi asiakaskohtainen. Se voisi olla suoraan asiakkaan käyttämä koodi tai jos asiakkaalla on useita eri koodeja samasta nimikkeestä, voisi koodi olla VMI-toimintaa varten keksitty koodi.

Tietojärjestelmän tietokanta rakennettaisiin niin, että jokaista asiakasta kohden monistetaan oma tietokanta. Ohjelmisto olisi kaikille osapuolille yhteinen (kuva 3.).



Kuva 3. Monistettu tietokanta, yhteinen ohjelmisto.

Yhtä nimikettä tilataan vain yhdeltä toimittajalta kerrallaan. Eli samaan aikaan ei ole olemassa tilauksia samasta nimikkeestä usealle toimittajalle. Jos tuote ei ole virallisen standardin mukainen, perustetaan tuotteelle niin monta koodia kuin on toimittajia. Esim. rukkasia on monenlaisia. Annetaan jokaisen toimittajan rukkassille oma koodi ja tuotenimi.

Varastohyllyissä voidaan varastoida eri toimittajien tavaraa. Voidaan myös ylläpitää jokaiselle toimittajalle oma varastohylly.

Täydennystietojen keruussa logistiikkaoperaattori kiertää koko tehdasalueen kaikki hyllyt peräkkäin ja kirjaa täydennystarpeet ylös.

Hyllyissä olevia varastoja on voitava helposti järjestellä uudelleen. Nimikkeitä poistuu käytöstä, uusia tulee tilalle ja kulutuksen kasvaessa voidaan hyllytilaa varata enemmän yhdelle nimikkeelle.

6.5.4 VMI-tietojärjestelmän käsitelmä

Tässä yhteydessä ehdotetaan, että jokaiselle hyllylokerolle on yksikäsitteinen koodi. Hyllylokeron tiedoissa puolestaan kerrotaan, mitä nimikettä lokerossa on. On myös muita vaihtoehtoja. Hyllylokerokoodausta puoltavat erilaiset automaatio-ajatuksat. Jos hyllylokeron kohdalla on esim. painonappi, mikrokytkin tai vaaka, tietää järjestelmä vain sen, mistä hyllystä hälytys tulee.

Nimiketiedostoon koodataan kaikki tehtaan eri hyllyissä olevat tuotteet. Käytetään ensisijaisesti asiakkaan koodeja. Samaa koodia voidaan varastoida myös eri hyllyissä. Toimittajan koodeja ei käsitellä ollenkaan, ei myöskään mahdollisia logistiikkaoperaattorin koodeja. Sen sijaan asiakkaan omaa toimintaa varten voidaan nimikkeelle määrittellä muita koodeja.

Toimittajatiedoissa kuvataan sellaiset toimittajaa koskevat tiedot, joita tarvitaan logistiikkaoperoinnissa.

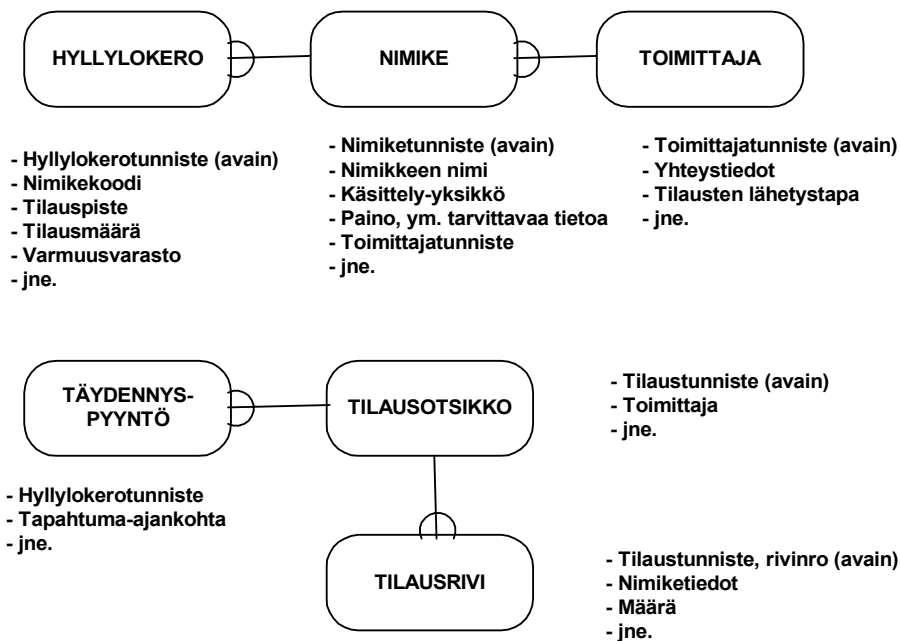
Nimiketiedoissa on määritelty nimikettä toimittava toimittaja. Lähtökohtana on, että yhtä nimikettä toimittaa vain yksi toimittaja kerrallaan. Järjestelmän rakenteessa on huomioitava, että toimittajaa voidaan muuttaa koska tahansa.

Täydennyspyyntöjä varten tehdään oma tiedosto, johon siirretään hyllyistä kerätyt täydennyspyynnöt. Siirto voi olla joko manuaalinen näppäily paperilomakkeelta, piuhalla tai radioteitse siirto käsipäätteeltä, tai jokin muu tapa.

Täydennyspyynnöistä generoidaan jokaiselle toimittajalle oma tilausotsikko, jonka alle luodaan tilausrivit.

Luoduista tilauksista lähetetään toimittajille tilaukset sovitulla tavalla.

Kuvassa 4 on hahmoteltu järjestelmän käsitelmä. Käsitelmään on kuvattu keskeiset tiedostot ja joitain tietoja.



Kuva 4. VMI-tietojärjestelmän käsittemallihahmotelma.

Kuvan 4 käsittemallissa on kuvattu perustiedostot. Lisäksi tulee erilaisia toimintaa ohjaavia parametritietoja.

6.5.5 VMI-tietojärjestelmän liittymät

VMI-tietojärjestelmässä on seuraavat liittymät:

- perustietojen ylläpito
- täydennyspyyntöjen vienti
- tilausten lähetys toimittajille
- toimitusten kirjaus
- laskuntarkastus.

Perustietojen ylläpito käsittää hyllylokerot, nimikkeet ja toimittajat sekä muut ohjelmiston toimintaa säätelevät parametrit. Näitä varten tarvitaan normaalit pääteyhteydet ja vastaavat ohjelmistot.

Täydennyspyyntöjen vienti voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavin tavoin:

- Manuaalinen tallennus päätteeltä. Tässä tapauksessa täydennystarpeet on kirjattu paperilomakkeelle.
- Käsipäätteeseen kerätyt täydennyspyynnöt siirretään ohjelmallisesti sovellukseen
- Hyllyissä olevien painonappien signaalit aiheuttavat täydennyspyynnön sovellukseen. Tässä tapauksessa hyllyttäjä kiertää tehtaan ja painaa lokerossa olevaa nappia, jos tarvitaan täydennys.
- Vaakasysteemi huomaa painon laskeneen tilauspisteeseen ja aiheuttaa täydennyspyynnön sovellukseen.
- Hyllyssä oleva mikrokytkin laukeaa, kun tavaramäärä alenee tilauspisteeseen.

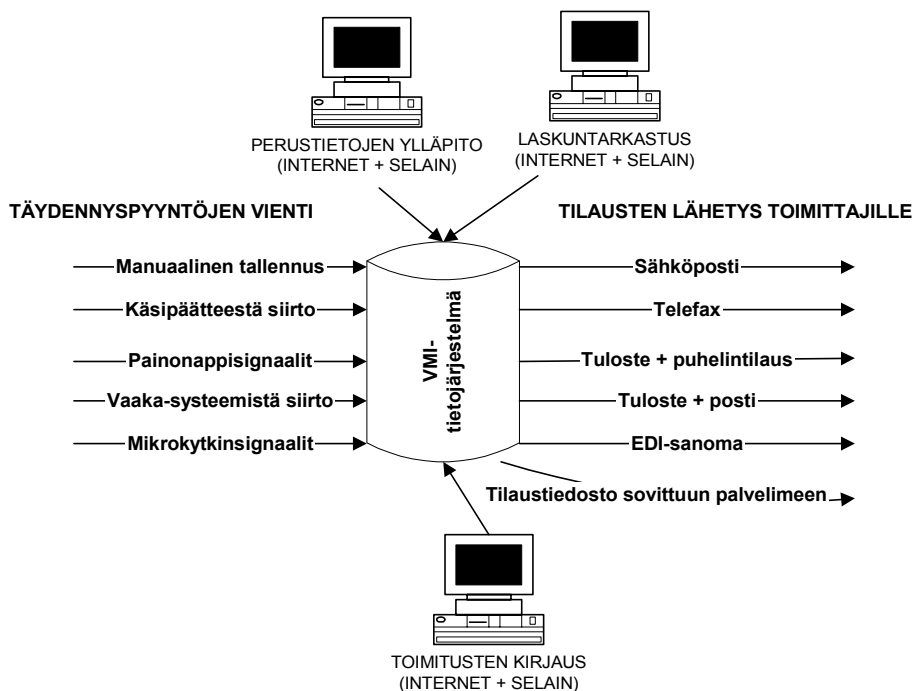
Näistä painonappi-, vaaka- ja mikrokytkinsysteemi voivat olla tehtaan sisäisessä langattomassa yhteydessä VMI-tietojärjestelmään.

Tilausten lähetys toimittajille voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavin tavoin:

Kun täydennyspyynnöt on siirretty sovellukseen, generoidaan ohjelmallisesti jokaista toimittajaa kohden automaattisesti tilausotsikko ja sen alle hyllyittäin järjestettynä täydennettävät nimikkeet.

Kun tilaukset on saatu valmiiksi, ne lähetetään toimittajalle tavalla, joka on kerrottu toimittajan perustiedoissa. Tilauksen lähetystapoja ovat

- sähköposti
- telefax
- puhelin, jolloin toimittajan tilaus tulostetaan ja tiedot soitetaan toimittajalle
- EDI-sanoma
- paperituloste postissa toimittajalle
- tiedosto, jonka toimittaja käy lukemassa sovitusta palvelimesta.



Kuva 5. VMI-tietojärjestelmän liittymät.

Kuvassa 5 on esitetty VMI-tietojärjestelmän liittymät. Tilaukset toimitetaan toimittajalle tavalla tai toisella. Toimittajaa varten ei tässä järjestelmässä olisi liittymiä. Jos toimittajia varten tehtäisiin liittymät esimerkiksi siten, että heidän pitäisi hakea omat tilauksensa, se johtaisi monimutkaisempaan systeemiratkaisuun.

Edellä kuvatulla tavalla rakennettu VMI-tietojärjestelmä on toteutettavissa ASP-palveluna.

6.5.6 Yhteenveto

Tässä esityksessä on kuvattu eräs vaihtoehto VMI-tietojärjestelmäksi. Tutkimuksen kuluessa löydettiin lukuisia erilaisia VMI-mallivaihtoehtoja ja niin muodoin useita erilaisia vaihtoehtoja tietoteknisen tuen rakentamiseksi.

Käytännössä voidaan suunnitella erilaisia VMI-tietojärjestelmiä, joiden perustaksi tässä kuvattua tietojärjestelmää voidaan soveltaa.

C-luokan nimikkeitä on suuremmissa yrityksissä helposti 15 000–25 000. Keskusteluissa nousi esiin ajatus, voisivatko standardien mukaiset nimikkeet olla valmiiksi koodattuina jonkin yrityksen toimesta, joka myisi nimiketiedoston sopivalla hinnalla tarvitsijoille. Voidaan hyvin ajatella, että VMI-tietojärjestelmässä olisi omat koodit standardinimikkeille. Tällöin järjestelmän nimiketiedoissa voisi lisäksi olla kirjoitettuna asiakkaan viralliset koodit.

7. Varastohallinnan teknologiat VMI-toimintamallissa

Mikko Uoti

7.1 Johdanto

Kun tänä päivänä puhutaan tuotteiden tai komponenttien tunnistamisesta ja identifiomisesta logistisissa sovelluksissa, keskitytään lähes yksinomaan kahteen teknologiaan – jo pitkään käytännön sovelluksissa esiintyneeseen viivakoodiin ja viime aikoina paljon julkisuudessa sekä tutkimuspiireissä palstatilaa saaneeseen RFID-teknologiaan (*Radio Frequency Identification*). Tämän raportin tarkoituksena on luoda katsaus tunnistamisen nykypäivään ja lisäksi tarjota näkökulma tunnistamisteknologioihin yleensä ja pohtia niiden mahdollisia soveltamiskohteita logistiikan ja varastohallinnan alalla. Erityisenä fokusalueena on tuotannon varastoissa tapahtuva tunnistaminen, varastosaldojen seuranta sekä vastaanotto-kirjaukset ja hyödyntämismahdollisuudet VMI-toimintamallissa. Sekä pyrkimys logistiikan automatisointiin että nykyinen toimintojen ulkoistamistrendi kaipaavat uusia toimintamalleja ja teknologioita varastohallintaan.

7.2 Nykytila ja nykyiset sovellukset

Tässä raportissa varastohallinnan teknologiat on jaettu kahteen ryhmään: tunnistamis- sekä seuranta- ja tiedonkeruuteknologioihin. Tämä jako siitä huolimatta, että osa teknologioista on käytössä kummassakin toiminnassa. Jakoa perustellaan sillä, että vaikka tunnistamisteknologioiden avulla voidaan aivan yhtä hyvin mm. hallita varastotapahtumia, seurannan ja tiedonkeruun teknologioilla päinvastainen ei ole välttämättä mahdollista. Molempien järjestelmien rinnakkaiselo ei myöskään välttämättä ole järkevää, vaan molemmille on omat sovellusalueensa.

7.2.1 Tunnistaminen ja tiedonkeruu

Nykyisin logistiikassa tunnistamistekniikkaa hyödynnetään lähes yksinomaan tunnistetarran (viivakoodi) tai muun tuotteeseen ulkoisesti kiinnitettävän tunnisteen avulla (RFID-tag). Tunniste voi toki olla myös suoraan tuotteeseen tai sen pakkausmateriaaleihin integroituna. Nykyisin melkein poikkeuksetta tunnistaminen tapahtuu optisesti viivakoodien avulla. Joissain erikoistapauksissa käytetään myös muita teknologioita, ja laajemmassa käytössä olevia teknologioita voidaankin olettaa olevan kolme:

- **Optinen** tunnistaminen, sovelluksinaan viivakoodit, 2D-koodi ja hahmontunnistus (OCR, Optical Character Recognition)
- **Radiotaajuudella** tapahtuva tunnistaminen, sovelluksenaan RFID
- **Biometriikka**, joka on käytössä vain henkilöiden tunnistamisessa eikä sitä käsitellä tässä sen tarkemmin.

Viivakoodit ja 2D-koodit

Viivakoodit ovat alun perin jo 1940- ja 1950-lukujen taitteessa kehitetty tekniikka, jossa tieto koodataan yhdistelemällä eri paksuisia viivoja tietylle alueelle ja mahdollisimman suurella kontrastilla (yleensä mustat viivat valkoisella pohjalla). Koodauksesta riippuen viivakoodin koko ja viivojen paksuuden merkitys voi vaihdella. Koodattava tieto on merkkejä, ja itse tiedon lisäksi viivakoodi sisältää virheenkorjausosan, joka yleensä vain indikoi virheen olemassaolosta eli siitä, onko koodi luettu oikein. Viivakoodi voidaan sitten lukea tarkoitusta varten tehdyllä optisella lukijalla tai vaikka modernilla kameralla varustetulla matkapuhelimella, joskin parhaiten lukeminen onnistuu tarkoitukseen tehdyllä optisella lukijalla.



Kuva 1. Esimerkki viivakoodista (EAN-13)¹⁰.

¹⁰ lähde: <http://www.pro-barcode.com/barcode-knowhow/code-ean.html>

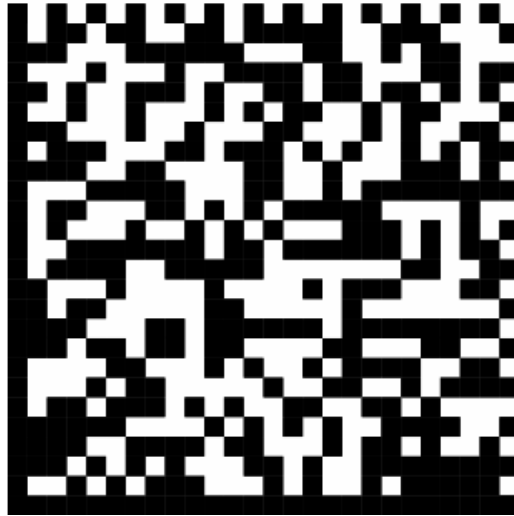
Viivakoodit ovat tulleet teollisuuden käyttöön alun perin päivittäistavarakaupan kautta, ne ovat globaalisti hyvin standardoituja (EAN/UCC ja kattojärjestö GS1) ja suhteellisen edullinen tapa identifioida tuotteita. Viivakoodi voidaan nykyisin joko kiinnittää esim. tavallisella lasertulostimella tulostettuna tarrana tai tulostaa painoteknisesti suoraan tuotteeseen tai pakkausmateriaaleihin. Viivakoodilukijat ovat edullisia ja robusteja, ja tuki viivakoodien käytölle on laajasti levinnyt mm. yrityksille tarjottaviin tietojärjestelmäpaketteihin. Viivakoodeja käytetään paljon päivittäistavarakaupan lisäksi mm. varastonhallinnassa ja lähetystoimenpiteissä teollisuudessa.

2D-koodit ovat suhteellisen uusi sovellus perinteisemmistä yksiulotteisista viivakoodeista, ne tulivat markkinoille 1980-luvun lopulla. Nimensä mukaisesti 2D-koodit ovat kaksiulotteisia koodeja, joiden etuna viivakoodeihin verrattuna voidaan pitää pieneen tilaan saatavaa suurta tietosisältöä. Merkkien ohella koodeihin voidaan tallentaa myös binääristä tietoa, kuten kuvia. Suuren tietosisällön takia 2D-koodeihin on luotu hyvät virheenkorjausominaisuudet, näiden ominaisuuksien ansiosta koodi pystytään edelleen lukemaan, vaikka osa koodista olisi tuhoutunut. Virheenkorjaustaso voidaan määrittää tarpeiden mukaan eri tasoille, mutta korkea taso samalla myös pienentää tallennettavan tiedon määrää. 2D-koodit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. *Pinotut koodit* (16K, 49, PDF417) olivat ensimmäisenä markkinoille tulleita 2D-koodeja, ja niitä voidaan osittain lukea myös samoilla lukulaitteilla kuin viivakoodeja. Ne ovatkin käytännössä vain päällekkäin pinottuja perinteisiä viivakoodeja. *Matriisikoodit* (Data Matrix, Maxicode, Code 1, QR Code) edellyttävät kameraluentaa, joko digitaalisen CCD-kennon tai lasertekniikan avulla toteutettuna. Kuten viivakoodeja, voidaan 2D-koodejakin tulostaa perinteisin tulostimin tarroille tuotteisiin tai pakkauksiin kiinnitettäväksi tai sitten suoraan itse tuotteisiin.



Kuva 2. Esimerkki pinotusta 2D-koodista (PDF417)¹¹.

¹¹ lähde: <http://www.pro-barcode.com/barcode-knowhow/pdf417.html>



Kuva 3. Esimerkki matriisi 2D-koodista (DataMatrix)¹².

2D-koodien avulla voidaan välittää mm.

- lähetyksen toimitustiedot, sisältäen tiedot lähetyksestä, laskutuksesta, toimituksen aikataulusta, mahdollisen ohjeistuksen, vaarallisten aineiden turvamääräykset jne.
- tuoteinformaatiota, joka ei mahtuisi mukaan tai muuten ole saatavilla toimituspaikalla jne.
- jälkimarkkinointi- ja huoltotietoa, mm. tietoa tuotteen tunnistamiseen ja sen historiasta
- tietoa tuotteen kierrätyksestä, mm. materiaalitietoa.

Varastotoiminnan automatisoinnin kannalta mielenkiintoisimmat sovellukset ovat tuotteiden varastokeräilyssä, jossa 2D-koodia voidaan käyttää viivakoodin sijaan, mutta siten, että sen avulla voidaan välittää oheistietoa keräilijälle. Tämä voi olla hyödyllistä esim. varastotoimintoja ulkoistettaessa. Toisaalta myös tilaustapahtuman automatisoinnissa, ns. Kanban-ohjauksen avulla, voidaan tilaus luoda automaattisesti, kun tavara otetaan varastopaikaltaan. 2D-koodi voi sisältää tarvittavat tilaustiedot.

¹² lähde: <http://www.pro-barcode.com/barcode-knowhow/datamatrix.html>

Viivakoodien, kuten 2D-koodien, ongelmana voidaan pitää sitä, että huolimatta pitkälle automatisoiduista työkaluista, niiden käyttö vaatii yleensä suhteellisen paljon manuaalista työtä. Viivakoodien lukeminen vaatii ”katsekontaktin”, ja lisäksi lukuetaisyys koodin ja lukijan välillä ei saa olla kovin suuri. Tämä onkin varmasti yksi syy, miksi vaihtoehtoja viivakodeille on pyritty löytämään nykyisessä logistiikan automatisoinnin hengessä. Toki osittainen automatisointi on mahdollista käyttämällä ns. robottiratoja ja sijoittamalla viivakoodi aina tarkasti ennalta määritettyyn kohtaan tuotetta tai pakkausta, mutta tämä ei läheskään aina ole mahdollista tai järkevien kustannusten puitteissa.

Hahmontunnistus

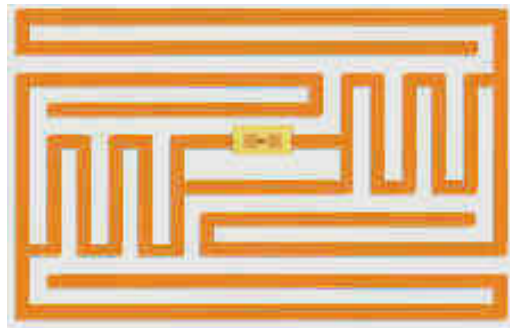
Hahmontunnistuksen teknologiat ovat kehittyneet valtavasti viime vuosina. Yleisesti teknologiaa käytetään mm. ajoneuvojen rekisterikilpien tunnistuksessa tienkäyttömaksun keruuseen liittyen sekä myös satamissa.

RFID

Radiotaajuudella tapahtuva tunnistaminen tarkoittaa käytännössä RFID-tekniikkaa. RFID-tekniikassa tieto on tallennettu mikrosiruun joka yhdessä antennin kanssa muodostaa RFID-tagin (ks. kuva 4). Tagi voi olla joko passiivinen (reagoi vain herätteeseen) tai aktiivinen (pystyy itse ilmoittamaan itsestään, sisältää pienen lähettimen ja teholahteen). Nykyisin (passiivinen) tagi voidaan laminoida suoraan paperiin tai tarraan, mutta usein se on pieni muovikuorinen lieriö tms., jonka sisällä sekä antenni että mikropiiri sijaitsevat (näitä yhdessä kutsutaan myös saattomuistiksi). Tämä tagi voidaan sitten sijoittaa mm. pakkauksen sisälle tai pakkausmateriaaleihin, sovelluksia on lukemattomia. Tagin tiedot luetaan viemällä pakkaus lukuportin läpi tai RFID-lukijan sisältävällä käsipäätteellä, fyysistä kontaktia tai ”näköyhteyttä” ei tarvita, mutta lukijan ja tagin välissä ei saa olla radiotaajuuksia läpäisemätöntä materiaalia. Lukuetaisyydet myös vaihtelevat riippuen käytettävästä laitteistosta.

RFID-teknologian tyypillisiä sovelluksia on mm. kulunvalvonnassa, sähköisessä maksamisessa (esim. joukkoliikenne), tuotannonohjauksessa, kuljetusten seurannassa ja elektronisessa tietullinkeruussa. RFID-teknologialla voidaan toteuttaa myös samanlaisia sovelluksia kuin viivakoodilla, ja sitä onkin usein esitetty viivakoodit syrjäyttävänä teknologiana. Vaikka RFID tarjoaakin monia etuja

viivakodeihin verrattuna, se tuskin kuitenkaan tulee koskaan täysin viivakoodista syrjäyttämään. Viivakoodien etuna on edullisempi hinta ja toisaalta niiden riittävyys monissa sovelluksissa. RFID:tä voidaankin pitää varteenotettavana vaihtoehtona vasta hieman arvokkaampia nimikkeitä käsiteltäessä, jolloin yksilön identifiointi sen avulla tulee kustannuksiltaan järkeväksi. Toisaalta myös suurempia kokonaisuuksia identifioidessa (esim. kuormalava) voidaan RFID:tä soveltamalla saavuttaa hyötyjä.



Kuva 4. EPC RFID -tagi (lähde: Wikipedia/US).

7.2.2 Varaston saldoseuranta ja tiedonkeruu

Varastossa saldoseurantaa suoritetaan yleensä seuraavasti:

- Suoritetaan mittaus tavaran saapuessa ja varasto-ottojen yhteydessä, jolloin näiden erotuksena saadaan kulloinenkin saldo.
- Mitataan määrää jatkuvasti esim. vaakaa hyödyntäen ja tehdään tarvittaessa tilauspisteen alitushälytys.

Mittauksessa ja seurannassa voidaan hyödyntää mm. seuraavia laitteita:

- käsipäätteitä (mm. viivakoodien luku)
- Web-kameraa (visuaalinen saldoseuranta)
- mikrokytkintä, painonappia ja vaakaa (josta on oma lukunsa tässä raportissa).

Edellisissä kappaleissa esitettyjen tunnistamisteknologioiden ja seuraavassa käsiteltävien käsipäätteiden lisäksi erityisesti kaksilaatikkojärjestelmällä (Kanban-ohjaus) toimivan varaston kulutusseurantaan soveltuva yksinkertainen tekniikka on mikrokyytkin. Sillä indikoidaan tilannetta, jossa toinen systeemin tilauspisteenä toimiva laatikko on tyhjä. Vastaavaan tapaan indikaattorina voisi toimia hyllyn reunassa oleva painonappi, jota painamalla voisi kertoa täydennystarpeesta esim. ilmaisinelävalpuna avulla tai sitten sähköisesti suoraan ”komentokeskukseen”.

Tiedonkeruuta varten tarvitaan tiedonkäsittelyjärjestelmä, johon tässä yhteydessä ei paneuduta tarkemmin.

7.3 Kaupalliset laitteet ja ratkaisut

7.3.1 Yrityskontaktit

Tietoa tunnistamisen ja tiedonkeruun kaupallisista laitteista ja ratkaisuista on kerätty yritysvierailujen kautta, haastatteleamalla yritysten edustajia sekä markkinoitviestinnän kautta. Hankkeen kuluessa oltiin yhteydessä seuraavassa lueteltuihin yrityksiin.

Viivakoodi Optiscan Oy (<http://www.viivakoodi.fi/>)

Viivakoodi Optiscan on viivakoodi- ja RFID-lukijoita sekä puheohjaukseen perustuvia ratkaisuja toimittava yritys.

Hand Held Systems Oy (<http://www.handheld.fi/>)

Hand Held Systems on suuren yhdysvaltalaisen mm. viivakoodi- ja RFID-lukijoita valmistavan Psionin käsipäätteiden maahantuoja. Yritys myy myös trukkipäätteitä ja teollisuuskäyttöön räätälöityjä kannettavia tietokoneita sekä ohjelmistoja, valikoiman erikoisuutena on Psionin tuotteisiinsa tarjoama ka-peakaistaverkko.

Vilant Systems Oy & A. Jalander Oy

(<http://www.vilant.com/> ja <http://www.jalander.com/>)

Vilant Systems on ohjelmistoja RFID-lukijoihin ja järjestelmiin toimittava yritys. A. Jalander puolestaan valmistaa kuormalavoja. Yhdessä nämä yritykset tarjoavat RFID-tageilla varustettuja kuormalavoja ja niiden seurantaan tarkoitettua kokonaisvaltaista järjestelmää. Tähän järjestelmään tutustuttiin Logistiikka ja kuljetus 2006 -messuilla.

Mercantile Oy & Bossard

(<http://www.mercantile.fi/> ja <http://www.bossard.com/>)

Mercantile on C-nimikkeiden hyllytyspalveluun ja logistiikkapalveluihin erikoistunut yritys, joka myös edustaa Suomessa sveitsiläisen Bossardin tietoverkkoon kytkettävää vaakahyllyä.

Raute Precision Oy (<http://www.raute.fi/>)

Raute Precision valmistaa erikoistarkkoja teollisuusvaakoja. Yritykseen oltiin yhteydessä vaakateknologiaan liittyvän tiedon kartuttamiseksi.

Kardex Finland Oy (<http://www.kardex.fi/>)

Kardex valmistaa ja markkinoi varastojärjestelmiä ja -hyllyjä. Yritykseen oltiin yhteydessä, jotta saatiin läpileikkaus nykyisin markkinoilla olevasta hyllyteknologiasta.

Lisäksi on tutustuttu mm. **ADC Nordic AB:n** (<http://www.adcnordic.com/>) ja **Finn-ID Oy:n** (<http://www.finn-id.fi/>) tuotevalikoimaan markkinointiviestinnän kautta.

7.3.2 Yhteenveto teknologioista ja laitteista

VMI-toiminnan näkökulmasta kaupallisista laitteista mielenkiintoisimpia ovat varastotyöhön suunnitellut käsipäätteet. Nämä päätelaitteet ovat periaatteessa teollisuuskäyttöön räätälöityjä PDA-tietokoneita. Ne tarjoavat kaksisuuntaisen yhteyden tietojärjestelmiin, jolloin tietojen selailu ja päivittäminen on mahdollista tehdä tarvittaessa jopa reaaliajassa.



Kuva 5. Esimerkki modernista käsipäätteestä: **Psion WorkAbout Pro**¹³ -pääte-laite, jolla on mahdollista lukea sekä RFID-tageja, että viivakoodeja.

Nämä käsipäätteet pystyvät myös kommunikoimaan usean eri yhdyskäytävän ja tietoverkkoratkaisun kautta. Näitä ovat mm. langaton lähiverkko (WLAN), Bluetooth, RF600 ja yleinen GSM/GPRS/3G-verkko, lisäksi esim. Psionin valmistamat laitteet pystyvät hyödyntämään erityistä kapeakaistaverkkoa, joka on vanhalla NMT-taajuudella (450 MHz) toimiva langaton lähiverkkoratkaisu. Kapeakaistaverkon etuna tavallisempaan WLAN-verkkoon on laajempi kuuluvuusalue ja parempi esteiden läpäisykyky, joka tekee siitä käyttökelpoisen esimerkiksi satamissa. Eri kommunikaatiokanavat on laitteista riippuen mahdollista saada joko samanaikaisesti käyttöön tai sitten vaihtoehtoisten moduulien kautta päätelaitteeseen.

¹³ <http://www.gdmdata.com/images/psion-workabout-pro.jpg>

Lähes kaikissa käsipäätteissä on myös vähintään integroitu viivakoodinlukija, mutta yhä enenevässä määrin myös integroitu RFID-lukija. Nämä voivat olla vaihtoehtoisia tai sitten käytössä myös samanaikaisesti, riippuen laitteesta. Viivakoodinlukija on yleensä kykenevä lukemaan ainoastaan EAN-koodeja, mutta tarvittaessa saa myös 2D-koodeja lukevia päätelaitteita. Sama pätee myös RFID-lukijoihin, tarvittaessa molemmat, sekä UHF- että HF-lukijat, on saatavilla.

Kapeakaistaverkkoa lukuun ottamatta kaikilla valmistajilla on hyvin samanlainen tuotevalikoima, josta löytyy käytännössä kaikki edellä mainitut teknologia-kombinaatiot.

Käsipäätteiden lisäksi markkinoilla on runsaasti ns. trukkipäätteitä ja teollisuuskäyttöön rakennettuja kannettavia tietokoneita. Ominaisuuksiltaan ne eivät suuresti eroa edellä käsitellyistä käsipäätteistä. Teollisuuskäyttöön räätälöityjen ratkaisujen lisäksi markkinoilla on muutamia ns. kuluttajateknologioihin perustuvia kaupallisia ratkaisuja, joiden käyttö olisi mahdollista vastaavissa varasto-sovelluksissa. Esimerkkeinä näistä on Nokian RFID-lukijan sisältävä matkapuhelin (mm. aiempi malli 3220 ja uusi 6131 NFC) ja Series 60 -mobiili-käyttöjärjestelmään saatavilla olevat puhelimen kameraa hyödyntävät viivakoodi ja 2D-koodi (*Upcode*¹⁴) -lukijaohjelmistot. Ja löytyypä viivakoodinlukija vakioasennuksena mm. Nokian mallista N93. Vaikka näistä ei ratkaisujen epävarman toiminnan takia olekaan jokapäiväiseen tuotantokäyttöön, voisi mahdollisuuksia olla satunnaisiin sovelluksiin. Suurimpana puutteena on varmasti kuitenkin se, että sovelluksia ei juuri ole tarjolla. Ongelmana on myös Series 60:n sovelluskehittäjien harvalukuisuus.

7.3.3 Havaintoja ja kokemuksia, uusia mahdollisuuksia

Markkinoilla on jo useita erilaisia mobiiliteknologioihin perustuvia varastopäätteitä. Näitä ovat mm. ammattikäyttöön tarkoitettut trukkipäätteet, käsipäätteet ja kannettavat tietokoneet. Myös tavallisia kannettavia tietokoneita ja käsipäätteitä (PDA-laitteita) näkee toisinaan käytössä.

¹⁴ <http://www.upc.fi/fi/upcode/>

Pääpiirteittäin teollisuuskäyttöön suunnitellut päätelaitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, tukiasemassa eräajona ”purettaviin” ja langattomiin lukijoihin. Kuten edellä on jo mainittu, langattomissa päätelaitteissa sovellettavien kommunikaatio-tekniologioiden kirjo on suuri, yhteys voidaan muodostaa mm. joko Bluetooth-, WLAN-, GSM/GPRS- tai 3G-tekniologioita hyödyntäen. Yhteys tietojärjestelmiin voi olla joko reaaliaikainen tai eräajoina suoritettava tukiasema-mallien kaltaisesti.

Hyvin yleisesti pääte/lukijalaitteen rakenne on modulaarinen eli sama lukija pystyy tarvittaessa lukemaan sekä viivakoodit että RFID-tagit ja toimimaan eri langattomilla tekniologioilla. Näitä moduuleita voidaan joissain tapauksissa tarvittaessa vaihtaa tai vaihtoehtoisesti lisätä tarpeiden muuttuessa.

Käsi-päätteissä käytetään ohjelmointirajapinnoiltaan avoimia ja hyvinkin monipuolisia käyttöjärjestelmiä, yleisempänä näistä Windows CE. Näissä ongelmana on enemmänkin toimintojen rajoittaminen niihin, joita todella tarvitaan eli käyttäjän valintojen rajoittaminen ja yksinkertaistaminen.

Monet valmiit sovellukset ovat kuitenkin VMI-toimintamallin kannalta ajateltuina suunnattu liikaa suurivolyymiseen keräilyyn eli esim. logistiikkakeskuksiin. Tästä kertoo muun muassa sovelluksia tarjoavien yritysten markkinointiviestinnän vahva painottuminen puheohjaukseen. Lisäksi tällä sovellusalueella on selkeä puute pilottisovelluksista, erityisesti RFID:n hyödyt VMI-toimintamallissa on vielä osoittamatta. Myöskään mobiiliin toimintamalliin soveltuvia hyllyjärjestelmiä ei ole markkinoilla (viitaten edellä mainittuihin seurantatekniologioihin).

7.4 Anturitekniikka ja sen soveltaminen varastoissa

7.4.1 Yleistä tunnistamisesta, mittaamisesta ja antureista

Lavean määritelmän mukaan *anturi* (aistin, sensori) on tekninen laite tai biologinen elin, joka mittaa tai aistii fyysisiä suureita tai kemiallisia yhdisteitä. Anturi myös välittää mittauksen tiedon eteenpäin käsiteltäväksi. Sanaa anturi ei Suomen kielessä yleensä käytetä tarkoittamaan biologista aistinta. Tässä artikkelissa keskitytään nimenomaan tekniseen mittaamiseen ja sen soveltamiseen kappaleiden tunnistamisessa.

7.4.2 Anturityypit

Useimmat anturit ovat sähköisiä tai elektronisia, mutta myös muuntyyppisiä antureita on olemassa. Anturit ilmaisevat mitattavan suureen suoraan tai epäsuorasti A/D-muuntimen kautta tietokoneen sovelluksessa. Antureita käytetään paljon automaatiassa, esimerkiksi robotiikassa. Alla on käyty lyhyesti läpi joitain yleisimpiä anturityyppejä.

Lämpöenergia-anturit

Lämpöenergia-antureiksi luokitellaan lämpötilan vaihteluun reagoivat anturit. Näitä ovat mm. lämpömittarit, termoparit, termistorit, kaksimetalliyhdisteet ja termostaatit. Näiden lisäksi tähän anturiryhmään kuuluvat lämpösäteilyn aistimet, joita on mm. bolometri ja kalorimetri.

Elektromagneettista värähtelyä mittavat anturit

Tähän anturiryhmään luokitellaan sekä sähköön liittyviä suureita mittaavat anturit että magneettiset anturit. Sähköantureita ovat mm. resistanssimittarit, virtamittarit, jännitemittarit ja tehomittarit. Magneettisia antureita puolestaan ovat kompassit, vuontiheysmittari ja Hall-ilmiötä havainnoiva Hall-anturi. Lisäksi tähän ryhmään kuuluu sähkömagneettista säteilyä etäisyyden, paikan ja nopeuden mittaamiseen hyödyntävä tutka.

Elektromagneettista värähtelyä hyödyntävillä antureilla on nähtävissä lämpöenergia-antureita enemmän käyttökelpoisia sovelluksia logistiikassa ja varastoinnissa; enemmän ehkä kuitenkin kuljetuslogistiikassa, mm. tutkan sovelluksina. Sähkömagneettisten herätteiden avulla on mahdollista mm. erottaa eri metallit toisistaan, ja tällä voi olla joitain sovellusmahdollisuuksia myös käytännössä.

Mekaaniset anturit

Mekaaniset anturit jaetaan edelleen kolmeen alaryhmään: paineantureihin, kaasun ja nesteen virtausantureihin sekä mekaanisiin antureihin. Paineantureihin kuuluu mm. korkeusmittari, (graafinen) ilmapuntari, painemittari, ilman nopeuden anturi, nousunopeusanturi ja pystynopeuden mittari. Kaasun ja nesteen virtausantureita puolestaan ovat virtausaukko, tuulimittari, virtausmittari, kaasumit-

tari ja vesivaaka eli ”vatupassi”. Mekaanisia antureita ovat mm. kiihtyvyyssanturi, paikka-anturi ja rasisanturi.

Mekaaniset anturit ovat ehkä jo nykyisinkin se eniten logistiikassa hyödynnetty anturityyppi. Esimerkkinä olkoon vaikka materiaalin massaansa perustuva kulutus-seuranta (venymäliuskaan perustuva vaaka).

Kemialliset anturit

Kemialliset anturit havainnoivat jonkin tietyn kemiallisen yhdisteen esiintyneisyyttä väliaineessa. Esimerkkinä mm. happianturi (tunnetaan myös nimellä lambda-anturi), ioniselektiivinen elektrodi, pH-lasi-elektrodi, hapetus-pelkistys-elektrodi.

Yleisin esimerkki on jokaisesta kodista löytyvä palovaroin, joka havainnoin ilman häikäpitoisuutta. Tuotannossa kemiallisia antureita käytetään mm. prosessiteollisuudessa prosessin kontrolloimisessa ja sen laadun ja turvallisuuden tarkkailussa.

Säteilyä mittaavat anturit

Säteilyä mittaaviin antureihin voidaan katsoa kuuluvan sellaisia teknologioita, jotka mittaavat ionisoivaa (radioaktiivista) ja ei-ionisoivaa (optista) säteilyä. Ionisoivaa säteilyä aistiviin antureihin kuuluvat mm. säteilymittarit eli Geiger-mittari, (säteilyn) annosmittari ja tuikelaskin sekä hiukkasanturiteli-tuikemittari, sumukammio ja kuplakammio. Ei-ionisoivaa säteilyä aistiviin eli optisiin antureihin puolestaan kuuluvat valoanturit eli valokennot, valonherkkä diodi, transistori ja tyhjiöputki, CCD-kenno ja kuva-anturi, sekä lähestymisanturit ja laserskannerit (etäisyysmittari), kiikarioptiikkaa hyödyntävä etäisyysmittaus, etäisyyden mittaaminen kuvan tarkennuksesta, koherentti laser, infrapuna-anturi, kuituoptiset anturit ja monia muita.

Ionisoivan säteilyn sovelluksia ei normaalissa logistisessa toiminnassa juuri ole. Viivakoodien optisen luennan lisäksi sovelluksia ei-ionisoivasta säteilystä on mm. tehtaiden laserkeilaus, jossa lukuisilla lasersäteillä keilataan tehdasta, ja heijastumien perusteella lasketaan etäisyyksiä ja kulmia esteiden ja keilauspisteiden välillä. Tällä tavoin voidaan tuottaa 3D-kuva tehtaan layoutista esimerkiksi päivityshuoltojen tarpeisiin, kun alkuperäistä 3D-kuvaa ei ole olemassa tai muuten saatavilla.

Akustiset anturit

Akustisiin antureihin kuuluvat ultraääni, kaikuluotain ja merenkulun sovellukset (mm. SONAR), sekä äänianturit: mikrofonit, seismometri ja vedenalainen kuuntelulaite (hydrofoni). Akustisten antureiden ehkä tunnetuin sovellus on ultraääni. Sen avulla voidaan tutkia mm. rakenteissa esiintyviä poikkeamia ja mahdollisia heikentyneitä pisteitä.

Muut anturit

Muita antureita ovat liiketunnistimet (mm. nopeustutka, nopeusmittari), etäisyysmittarit, kallistuksen mittaaminen (mm. gyroskooppi) jne.

7.4.3 Staattinen tunnistaminen

Staattisella tunnistuksella tarkoitetaan tässä sitä, että jotakin suuretta vain mitataan, ja tunnistaminen tapahtuu sen perusteella, esim. pakkauksen punnitseminen tai ulkomittojen optinen mittaaminen.

Soveltuvia anturiteknologioita ovat mm.

- mekaaniset anturit (esim. punnitseminen)
- optiset anturit (esim. äärimittojen selvittäminen)
- erityistapauksissa kemialliset anturit (esim. kemikaalit).

Näiden anturiteknologioiden sovellusmahdollisuuksia erityisesti C-luokan nimikkeistön hallinnassa voisi olla esim. punnitseminen ja sen tiedon hyväksi käyttäminen, että tietyn nimikkeen pakkauksella on tietty (uniikki) massa.

7.4.4 Dynaaminen tunnistaminen

Dynaamisella tunnistuksella tarkoitetaan tässä sitä, että ennen jonkin suureen (*vaste*) mittaamista annetaan kohteelle jokin impulssi (*heräte*). Esimerkkinä mm. läpivalaisu, jossa pakkaus altistetaan röntgensäteilylle, jolloin nähdään sen ”sisälle”. Eli logistiikassa tämä tarkoittaisi sitä, että annetaan nimikkeelle tai pak-

kaukselle heräte ja tehdään nimikkeen tunnistaminen tai lukumäärän määrittäminen tästä syntyvän vasteen perusteella. Yksinkertaisin esimerkki tästä voisi olla pakkausten ravistaminen, jonka avulla voidaan tunnistaa, onko pakkaus täysi vai vajaa, tai syntyvästä äänestä voidaan päätellä, onko sisällä metallisia vai muovisia kappaleita. Toisena esimerkkinä voisi olla vaikka kappaleen altistaminen elektromagneettiselle säteilylle ja magneettikentän muutosten arvioiminen (lääketieteestä tuttu magneettikuvaus).

Soveltuvia anturiteknologioita ovat mm.

- sähkömagneettiset anturit (esim. magneettikenttä)
- optiset ja säteilyä mittaavat anturit (esim. taitekerroin, läpivalaisu, laserkeilaaminen)
- akustiset anturit (esim. taajuuden muutos väliaineessa).

Monella eri herätetyypillä voidaan helposti erottaa kaasu, neste ja kiinteä aine.

Suurin dynaamisesta tunnistuksesta kuviteltavissa oleva hyöty voisi tulla sitä kautta, että nimikkeen tunnistaminen ei tapahdu välillisesti (esim. tunnistetarran avulla), vaan nimikkeen ominaisuuksien perusteella. Joissakin tapauksissa näköyhteyskään ei olisi tarpeen. Suurimpana haasteena on varmasti se, että tämän tyyppinen tunnistaminen ei välttämättä sovellu kuin erikoistapauksiin. Tekniikka on myös mitä luultavimmin kallista.

7.5 Yhteenveto

RFID ja viivakoodi ovat nykyisin käytetyimmät ja samalla myös tutkituimmat teknologiat. Anturitekniikoista saattaisi löytyä lisää vaihtoehtoja, mutta niillä ei ole arvoa ilman sovelluksia. Monet anturitekniikoista soveltuvat vain logistiikan erikoistapauksiin, mutta alue on sellainen, jossa sovelluksia ei erityistapauksia lukuun ottamatta ole juuri esiintynyt. Sama koskee myös VMI-toimintaa toiminta-alueena: mobiilitekniologiaa ei juuri sovelleta. Tämä ei välttämättä tarkoita monimutkaisia anturijärjestelmiä, vaan yksinkertaisempia jo olemassa olevia teknologioita soveltamalla saatettaisiin päästä hyödylliseen lopputulokseen, esimerkkinä vaikka vaa'an käyttö saldoseurannassa.

8. Kameran käyttö varastojen etävalvonnassa

Jukka Nousiainen & Ari Happonen

Tässä luvussa käsitellään kamerateknologian käyttämisen mahdollisuuksia ja rajoitteita varastonhallinnassa saldottomien tuotteiden tilausten ajoittamisessa, esitellään tuloksia kahdella verkkokameralla suoritetuista kuvanlaatutesteistä erilaisissa valaistusolosuhteissa ja eri etäisyyksillä kohteeseen, sekä pohditaan erilaisia vaihtoehtoja järjestelmän toteuttamiselle. Kuvanlaatutesteissä analysoidaan kuvan laadun riittävyttä teollisissa ympäristöissä olevissa valaistusolosuhteissa.

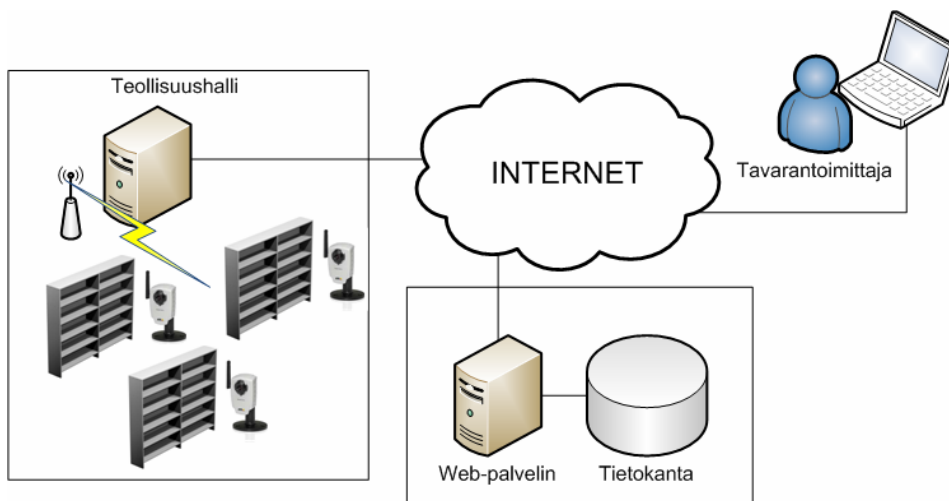
8.1 Kameravalvontajärjestelmän arkkitehtuuri

Seuraavassa esitellään mahdollisia arkkitehtuurisia ratkaisuita järjestelmän toteuttamiselle. Toteuttamismahdollisuuksia on useita riippuen järjestelmän käyttäjän tarpeista ja käytettävissä olevista resursseista. Yksinkertaisimmillaan järjestelmän voi toteuttaa tavarantoimittajan sähköpostiin säännöllisin väliajoin lähetettävällä kuvalla. Vaativimmissa ratkaisuissa voidaan käyttää ulkopuolisia kuvapankkeina toimivia palvelimia, joita käytetään kameralta saadun informaation tallentamiseen.

8.1.1 Kuvapankkiin perustuvat ratkaisut

Kuvapankkiin perustuvissa ratkaisuissa on tarkoituksena tarjota tavarantoimittajalle verkon yli toimiva palvelu, josta voi tarkastella kameran tallentamia kuvia Internet-selaimen avulla. Kuvapankin käyttäminen mahdollistaa kuvien helpon järjestelmisen tietokannan avulla. Kuvien selaaminen tapahtuu Internet-selaimen kautta.

Yksi mahdollinen toteutustapa kuvapankin käyttämiseksi esitellään kuvassa 1. Järjestelmässä on teollisuushalliin sijoitettuna verkkokamera, joka kuvaa tarkkailtavaksi tarkoitettua aluetta. Kamera lähettää kuvan verkkoyhteyttä pitkin eteenpäin samoissa tiloissa olevalle hallinta-PC:lle, joka välittää kuvan eteenpäin Internetin välityksellä kuvat tietokantaan tallentavalle palvelimelle. Tavarantoimittaja voi katsella tallennettuja kuvia Internetin yli web-palvelimelta.



Kuva 1. Esimerkki kuvapankkiin perustuvasta järjestelmästä.

Kun valvonnan piirissä on useita toimipaikkoja, tulevat kuvapankin käyttämisen edut paremmin esille. Useiden eri kameroiden kuvaamat kuvatiedostot lähetetään yhdelle keskitetylle palvelimelle, joka huolehtii kuvien säilyttämisestä. Kuvien kerääminen yhteen paikkaan helpottaa kuvien käyttäjän tehtävää poistamalla tarpeen lajitella kuvia manuaalisesti ja poistaa sähköpostiin kertyneitä vanhoja kuvia sisältäviä viestejä. Kuvat ovat helposti saatavilla kun tarve vaatii.

Palvelimen sijoittaminen

Tietoliikenneyhteyksien takia palvelimen sijoittaminen tulee tehdä tarkkailtavan teollisuushallin ulkopuolisiin tiloihin. Langattomia yhteystekniikoita, kuten GPRS:ää (General Packet Radio Service), käyttäessä teollisuushalliin kamerasihteyteen sijoitettu palvelin ei pystyisi tarjoamaan tarpeeksi luotettavaa ja kapasiteetiltaan riittävää tiedonsiirtoyhteyttä kuvapankkikäyttöön. Palvelinkäytössä on miellyttävän käyttökokemuksen saavuttaakseen käytettävä tietoliikenneyhteyttä, joka tarjoaa suhteellisen pienen vasteajan sekä hyvän tiedonsiirtokapasiteetin kuvien siirtämiseen. Palvelimen tuleekin olla sijoitettuna paikkaan, jossa on kiinteä yhteys Internetiin. Palvelimen sijoittamisen kannalta on kaksi erilaista mahdollisuutta. Joko palvelua varten tarvittavat resurssit vuokrataan joltain ulkopuoliselta yritykseltä, jolloin palvelimen huolto- ja ylläpitovastuu on vuokraavalla yrityksellä, tai kuvapankki sijoitetaan yrityksen itse hallinnoimalle palvelimelle.

Käyttäjänhallinta

Kuvapankkiratkaisua käyttäessä on mahdollista luoda usealla eri toimipaikalla olevien useiden kameroiden kuvapankki, josta pystytään keskitetysti tarkkailemaan usean eri kameran tallentamia kuvia. Käyttäjänhallinnan avulla pystytään usean kameran lähettämä tieto jakamaan vain kyseisestä toimipaikasta vastaavalle henkilölle. Näin käyttäjälle oleellinen tieto pystytään erottelemaan tiedosta, joka ei ole tarpeellista.

Käyttöliittymä

Kameravalvontajärjestelmä on käyttäjilleen vain työkalu, jota käytetään hyväksi tilausten ajoittamisessa. Järjestelmän tekniikan tulisi olla käyttäjälle mahdollisimman läpinäkyvä ja tarjota mahdollisuuden käyttää palvelua vaivattomasti ja ilman suurempaa tietämystä sen alla toimivasta järjestelmästä. Yksi ratkaisu on tehdä kuvapankin käyttöliittymä web-pohjaiseksi, jolloin sen käyttäminen on mahdollista normaalilla Internet-selaimella. Käyttöliittymän toteuttamisella web-sivustona mahdollistetaan palvelun käyttäminen lähes kaikkialta.

8.1.2 Kuvan lähettäminen sähköpostiin

Yksinkertaisin ja vähiten resursseja vaativa ratkaisu kameravalvontaan on kuvien lähettäminen sähköpostiin. Valvottavalla toimipaikalla on kameran yhteyteen asennettu tietokone, joka vastaanottaa kameran ottamat kuvat ja lähettää ne eteenpäin tavarantoimittajan sähköpostiin käyttäen Internet-yhteyttä. Yhteys voi olla toteutettuna joko langallisia tai langattomia yhteystekniikoita hyödyntäen. Langallisissa yhteystekniikoissa on etuna niiden luotettavuus ja tiedonsiirtonopeus, mutta niiden haittapuolina on niiden saatavuudesta syrjäisemmille seuduille aiheutuvat ongelmat ja mahdolliset korkeat aloituskustannukset. Langattomilla tekniikoilla yhteyden toteuttaminen on siirrettävyydellään langallisia tekniikoita parempi.

Kun on kyse kameravalvontajärjestelmästä, jossa kameroiden lukumäärä on alhainen, on tämä järjestely kaikessa yksinkertaisuudessaan riittävä. Kameravalvontajärjestelmien laajentuessa useaa kameraa käyttäväksi usealla toimipaikalla tulee kuvien organisointi ja tarkasteleminen kasvaneen sähköpostimäärän takia vaikeammaksi. Tällöinärkevin ratkaisu on ottaa toisenlainen järjestelmä käyttöön.

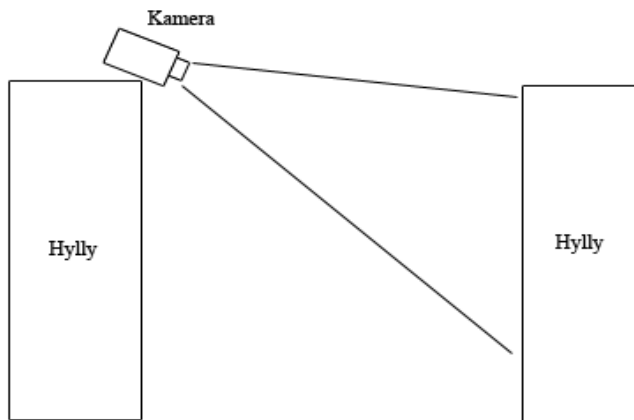
8.2 Kameravalvontajärjestelmän suunnitteleminen

Kameravalvontajärjestelmän suunnittelemisessa on useita huomioonotettavia asioita. Seuraavassa käsitellään valvottavalle alueelle tulevan järjestelmän vaatimuksia ja toteutusmahdollisuuksia.

8.2.1 Kameran fyysinen sijoittaminen

Kameran sijoittamisessa tulee huomioida, että paikalta on hyvä näkyvyys tarkkailtavalle alueelle onnistuneen kuvan takaamiseksi. Teollisuushalliolosuhteissa on usein muuta toimintaa, jota kameran asentaminen ei tulisi häiritä.

Kameran sijoituspaikaksi tulisikin valita sellainen kohta, joka häiritsee muuta työskentelyä mahdollisimman vähän. Ylimääräisten rakenteiden tekeminen esimerkiksi hyllyjen välille voisi haitata ohikulkevaa liikennettä. Kuva 2 esittää yhtä mahdollista ratkaisua kameran sijoittamiselle. Kamera on sijoitettu vastapäisen hyllyn päälle hyödyntäen jo valmiiksi paikalla olevia rakennelmia.



Kuva 2. Kameran sijoittaminen.

Valittaessa kameran sijoituspaikaksi käytävän toisella puolella oleva hylly sijoitusetäisyys voi vaihdella toimipaikkojen välillä huomattavasti. Käytävän leveys käytännössä määrittää kuvausetäisyyden. Kameroilla, joilla polttovälin muuttaminen ei ole mahdollista, voi etäisyyden muuttuminen yhdellä metrilläkin aiheuttaa kuvan rajauksen, ja näin vaikeuttaa kuvan tulkittamista.

8.2.2 Tilausrajan merkitseminen

Saldoluokkatiedon saamista on mahdollista helpottaa asentamalla tuotteita sisältävän laatikon pohjaan sisäpuolelle jokin nauha tai jotain muuta pohjasta erottuvaa materiaalia. Merkin asettamisen tarkoituksena on saada laatikon pohjaan merkki siitä, milloin tuotteiden määrä on alittanut tietyn määrän. Merkki asetetaan laatikon pohjaan tuotteiden alle. Kun tuotteiden määrä alittaa tietyn raja, merkki tulee näkyville. Merkkaamisesta on hyötyä vain sellaisissa tapauksissa, joissa on käytössä vinohyilly. Vinohyllyn ansiosta laatikossa olevat tavarat valuvat aina laatikon etuosaan, ja tämä mahdollistaa tuotteiden määrän seuraamisen.

Parhaimman mahdollisen näkyvyyden saa valitsemalla merkiksi jotain materiaalia, joka tarjoaa mahdollisimman suuren kontrastieron pohjaan ja sisältäviin tuotteisiin nähden. Esimerkiksi pohjan ollessa vaalean harmaa merkkinauhan väriksi tulee valita mahdollisimman tumma. Kun pohja on tumma, vaalea väri erottuu parhaiten taustasta.

8.2.3 Kuvan analysoiminen

Oleellinen osa kameravalvontajärjestelmää on saadusta kuvasta tehtävä analysointi. Kuvan perusteella on tehtävä päätös, onko saldotilanne tarpeeksi alhainen tilauksen tekemistä varten. Tilausrajan määrittelevä merkkinauha tai tuotteiden muilla tavoin arvioitu lukumäärä on tunnistettava joko ihmisen toimesta tai automaattisesti tietokoneen avustamana.

Tietokoneella suoritettavan kuvan analysoimisen ja oikeanlaisen tilausrajan merkkaamisen avulla on mahdollista toteuttaa järjestelmä, jossa tietokone pystyy päättämään kuvasta mahdollisen tarpeen uudelle tilaukselle. Havaitessaan kuvasta tilausrajan ylittämisen järjestelmä antaa käyttäjälle ilmoituksen rajan ylittämisestä. Käyttäjä pystyy näin säästämään aikaa kuvien katsomiselta. Voidaan kehittää järjestelmä, joka on esimerkiksi ohjelmoitu tunnistamaan tiettyä väriä joltain ennalta määritetyltä alueelta kuvasta. Määritetty väri täsmää asennetun merkkinauhan värin kanssa, ja kun merkkinauha tulee tuotteiden alta esille, lähettää järjestelmä käyttäjälle ilmoituksen.

Automaattisen tunnistamisen toteuttamisen ongelmana on erilaisten olosuhteiden aiheuttama parametrisoinnin vaikeus. Olosuhteet voivat vaihdella eri toimipai-

koissa tai jopa saman toimipaikan eri osissa mitattuna huomattavasti. Kameran kuvan analysoimiseen tarvittavat parametrit onkin asetettava erikseen jokaiselle eri kameralle, mikä lisää järjestelmän asentamisen monimutkaisuutta. Lisäksi ongelmaksi voi tulla merkkinauhan mahdollinen kuluminen, joka aiheuttaa värin haalenemisen, tai merkkinauhan likaantuminen.

Yksinkertaisempi kuvien tarkastamisen toteutus on järjestelmän käyttäjän suorittama kuvien läpikäyminen. Manuaalisessa tarkistamisessa käytännössä järjestelmän kameras ottaman kuvan tarkastaa käyttäjä itse ilman mitään automatiikkaa. Käyttäjän kannalta vaihtoehto on työläämpi, etenkin järjestelmissä, joissa kameroiden määrä on suuri.

8.2.4 Tietoliikenneyhteydet

Koska kameras sijoituspaikkana olevissa toimitiloissa ei välttämättä ole mahdollista käyttää toimipaikan verkkoyhteyttä, on kameras yhteydessä olevalle tietokoneelle mahdollistettava pääsy Internetiin jonkin yhteystekniikan kautta. Koska langalliset tekniikat ovat mahdollisesti saatavuudeltaan vähänkin syrjäisemmillä seuduilla hankalia ja kalliita, ovat langattomat tekniikat parempi ratkaisu. Langattomien yhteystekniikoiden vahvuutena on niiden laaja toiminta-alue sekä helppo liikuteltavuus. GSM-tekniikkaan perustuva GPRS (General Packet Radio System) on käytännössä koko Suomen alueella toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu, jota käytetään pääasiassa Internet-yhteyden muodostamiseen langattomasti. GPRS:n vahvuutena kuvien siirtämiseen käytettävänä tekniikkana on sen laaja toiminta-alue asumattomilla seuduillakin.

Valvottavan toimipaikan sisäisessä tiedonsiirrossa siirretään tietoa kameroilta tietokoneelle, joka huolehtii kuvien käsittelemisestä sekä lähettämisestä eteenpäin. Perinteisesti verkkokameroiden yhdistäminen verkkoon on tapahtunut langallisia siirtoteitä, kuten Ethernetiä pitkin. Langallisten tekniikoiden haittapuolena on kuitenkin kaapeloinnin toteuttaminen. Kameravalvontajärjestelmän tuominen tiloihin, joissa kaapelointia ei ole jo valmiiksi toteutettuna, aiheuttaa asentamisessa ylimääräistä työtä ja mahdollisesti ongelmia kaapelin sijoittamisen kannalta. Langattomien tekniikoiden tullessa koko ajan suosittumaksi on verkkokameroiden valmistajienkin mallistoihin alkanut tulla enemmän langattoman rajapinnan sisältäviä tuotteita. Langattomat tekniikat, kuten IEEE 802.11 -standardiperheeseen kuuluvat WLAN-tekniikat, mahdollistavat helpot laitteiden väliset tiedonsiirrot useiden kymmenien metrien etäisyydellä.

8.3 Kuvanlaatumittausten järjestelyt ja parametrisointi

Mittausten tarkoituksena on tutkia nykyaikaisten verkkokameroiden valmiuksia tarjota tarpeeksi hyvälaatuista kuvaa saldotiedon välittämiseksi. Mittauksissa käytettiin kahta AXIS Communicationsin valmistamaa verkkokameraa, AXIS 207MW:tä, joka on vuonna 2006 markkinoille tullut valvontakäyttöön tarkoitettu kamera ja AXIS 2120:aa, joka on jo markkinoilta poistunut vuonna 2001 julkaistu verkkokamera.

Mittauksia varten järjestettiin tila, jonka valaistusta pystyttiin hallitsemaan säädettävien valaisimien avulla. Kameran asettelu sekä kohteena oleva hyllykkö järjestellään niin kuin ne tulisivat olemaan tyypillisessä teollisessa ympäristössä.

Mittaukset on jaettu kahteen osaan: kohinamittauksiin ja kuvanlaatumittauksiin. Kohinamittauksissa arvioitiin kohinan vaikutusta kuvanlaatuun neljällä eri valaistustasolla 18 luksista 192 luksiin. Testissä käytetty valaistus vaihtelee hämästä tasosta Suomen Valoteknillisen Seuran varastotiloihin suosittelemaan 200 luksin valaistukseen. Kohinamittausta varten testitilanteessa otetaan jokaisella valaistustasolla kuvat kohinamittaukseen tarkoitetun ISO 15739 -standardin mukaisesta testikuvasta. Kuvat analysoidaan Adobe Photoshop -kuvankäsittelyohjelmaan saatavalla liitännäisellä. Kohinatestit pystyttiin suorittamaan vain uudemmalla AXIS 207MW -kameralla, koska AXIS 2120:lla otetut kuvat olivat heikommasta optiikasta johtuen niin vääristyneitä, ettei kuvia saatu analysoitua.

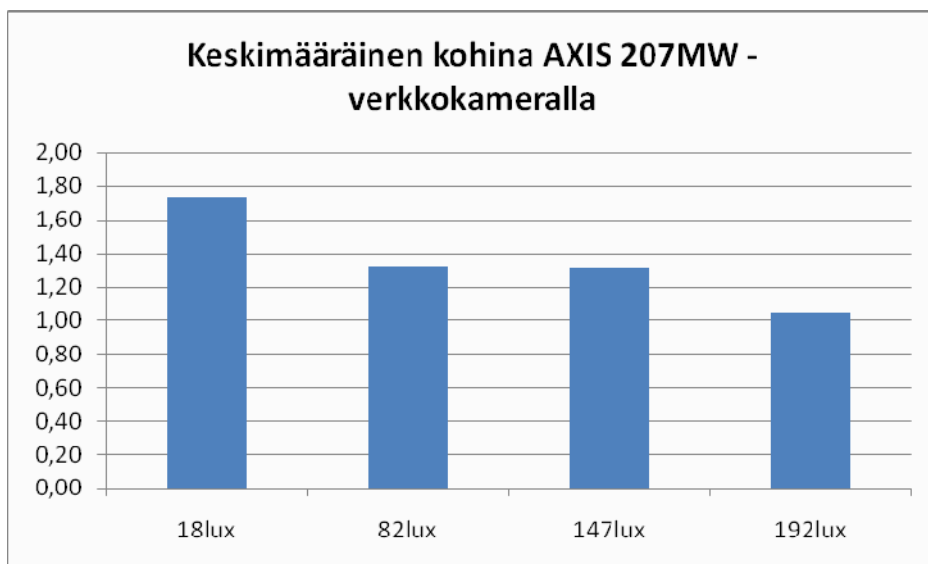
Kuvanlaatu testeissä arvioitiin kuvanlaadun riittävyyttä varioimalla testitilanteessa kuvausetäisyyttä sekä valaistuksen voimakkuutta. Kuvanottoetäisyyttä vaihdeltiin 2 ja 5 metrin välillä, ja valaistustasoina käytettiin neljää kohinamittauksissakin mukana ollutta valaistustasoa, jotka hieman eri sijainnin takia huoneessa asettuivat välille 11 ja 140 luksia. Testitilanteessa otetut kuvat käytiin silmämääräisesti läpi kuvanlaadun riittävyyden arvioimiseksi.

8.4 Mittaustulokset

Tässä luvussa esitellään mittauksesta saadut tulokset sekä analysoidaan ja arvioidaan kuvanlaadun riittävyyttä teollisiin olosuhteisiin.

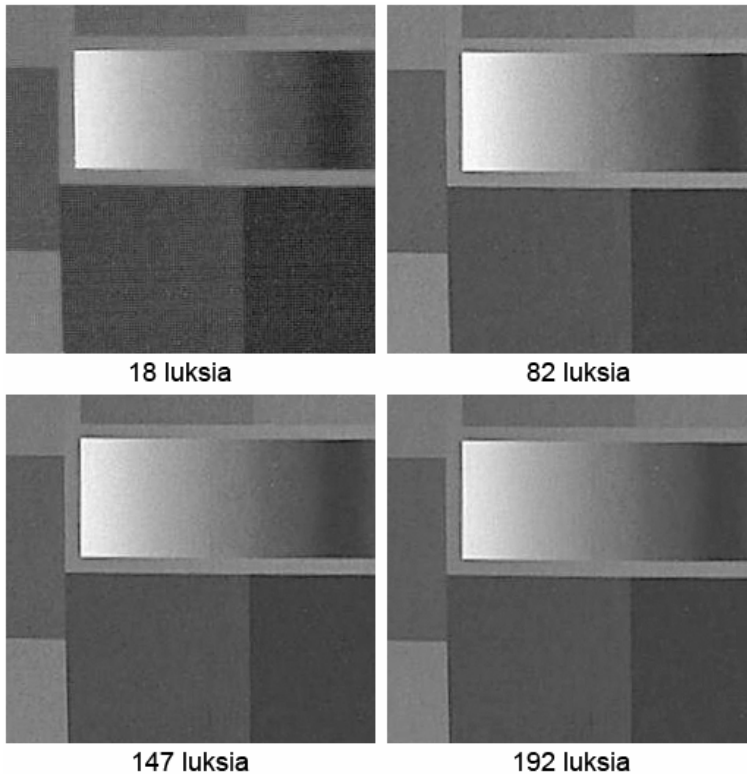
8.4.1 Kohinamittaukset

Testikuvat Photoshopin ISO 15739 -liitännäisellä analysoimalla saaduista tuloksista pystytään näkemään valaistuksen vaikutuksen kuvassa esiintyvän kohinan määrään. Kuva 3 esittää mittauspisteistä lasketun keskiarvon eri valaistustasoilla. Kuvaajasta on havaittavissa alhaisimman valaistustason huomattavasti muita korkeampi kohina. 82 luksin ja 147 luksin valaistustasoilla ei ole huomattavia eroja, mutta 192 luksin valaistus pääsee muista hieman kohinattommalle tasolle.



Kuva 3. Mitattu kohinan määrä eri valaistustasoilla.

Silmämääräisesti testikuvista arvioituna teollisuushalleissa vallitsevilla valaistusolosuhteilla on täysin mahdollista saada kuvanlaadullisesti riittäviä kuvia. Suomen Valaistusteknillisen Seuran suosittelemat valaistusarvot riittävät kameralle tarpeeksi kohinattoman kuvan ottamiseen. Suositellusta 200 luksin valaistuksesta paljon hämärämmissäkin olosuhteissa kameras kohina pysyy tasolla, jolla se ei aiheuta kuvan tulkintaa haittaavaa kuvanlaadun heikkenemistä. Siirryttäessä 82 luksista valoisampaan kohinan määrä ei oleellisesti vähene. Täten voikin olettaa, että normaaleissa teollisuushalliolosuhteissa kameras käyttäminen on kohinan vähyyden kannalta täysin mahdollista, olettaen että valaistus on riittävän tasainen ja kuvattavaan kohteeseen ei muodostu varjoja ympäröivistä rakenteista.



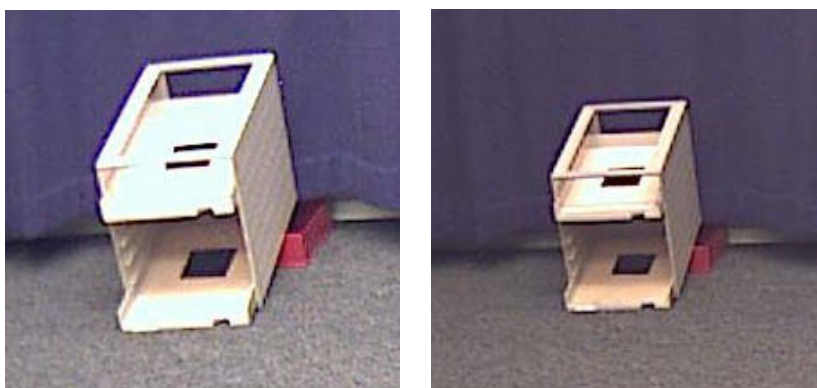
Kuva 4. Leikkaukset testikuvista.

Kohinamittaukset osoittavat, että kuvaan aiheutuva kohina on huomattavasti suurempi kuvattaessa tummempisävyisiä kohteita. Kuvattavan kohteen ympäristöllä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä. Vaikka kohteen ympäristö, esimerkiksi teollisuushallin lattia tai hyllykön kehykset, olisi sävyiltään tummaa, se ei kuitenkaan vaikuta kuvattavan kohteen sisältämään kohinan määrään. Kohinan määrään hyödynnettävän informaation sisältävässä osassa kuvaa ratkaisee itse kohteen sävy. Teollisessa käytössä olevat laatikot ovat useasti väriltään tummahkoja, joko tummansinisiä tai -punaisia. Alhaisessa valaistuksessa kuvaamisen kannalta varastojen kalustus ei siis ole paras mahdollinen. Testissä käytetyllä kameralla ei tummien ja vaaleiden sävyjen välillä ole juurikaan eroja riittävässä yli 100 luksin valaistuksessa.

8.4.2 Kuvanlaatutestit

Kameroista uudempi AXIS 207MW pystyi kameroista parhaimpaan suoritukseen säilyttäen riittävän kuvanlaadun aina neljän metrin kuvausetäisyyteen asti. Kuvanlaadussa ei havaittu huomattavaa kuvanlaadun heikkenemistä edes kuvan laidoilla, vaan koko kuva-ala on mahdollista hyödyntää. Todettiin, että valaistuksen vaikutukset kameras kuvanlaatuun mahdollisilla teollisuushalleissa olevilla valaistustasoilla ovat pienet; kuvan tulkittavuuteen ei valaistuksen piene-
nemisellä ollut suurta vaikutusta. Erittäin hämärällä 11 luksin valaistuksella kuvan tulkittavuus alkoi huonontua, mutta oli silti vielä käyttökelpoinen. Kameroista vanhempi, AXIS 2120, ei pienemmän resoluution ja optiikan huonommuuden takia pystynyt kuvanlaatuun, jota voisi suositella tällaista tehtävää varten. AXIS 207MW:n, kuten myös varmasti monen muunkin nykyaikaisen verkkokameran, valmiudet kuvanlaadullisesti ja muidenkin ominaisuuksien puolesta ovat riittävät etävalvontajärjestelmän toteuttamiselle.

Testeissä saavutetuissa tuloksissa kuvausetäisyyksistä kuvanlaatu osoittautui käyttökelpoisimmaksi välillä 3–4 metriä. Kuva oli kyllä vielä parempi lyhyemmällä 2 metrin etäisyydellä, mutta käytännössä kameras sijoittaminen niin lähelle harvoin on mahdollista. Otettaessa kuvia AXIS 207MW -kameralla näiltä etäisyyksiltä pystytään saamaan kuvaa 4–5,3 metrin leveydeltä. Korkeudeksi kuvalle tulee samalta etäisyydeltä 3–4 metriä, joka riittää hyvin kattamaan yhden hyllyn korkeuden. Kuvassa 5 on rajattu kohteena ollut laatikosto mustan merkkinauhan kanssa testitilanteessa otetuista kuvista. Kuvat on otettu 140 luksin valaistustasolla. Vasemmalla puolella on 3 metrin etäisyydeltä otettu kuva ja oikealla puolella 4 metrin etäisyydeltä otettu kuva.



Kuva 5. Rajaukset testitilanteissa otetuista kuvista.

8.5 Yhteenveto

Järjestelmän toteuttamiselle on kaksi arkkitehtonista ratkaisua. Yksinkertaisemmassa vaihtoehdossa kuvauspaikalla oleva hallinnointitietokone lähettää käyttäjän sähköpostiin otetun kuvan. Toisessa vaihtoehdossa käytetään erillisellä palvelimella olevaa keskitettyä kuvapankkia. Sähköpostin käyttäminen on kannattavaa vähän kameroita omaavissa järjestelmissä, mutta järjestelmissä, joissa kameroiden määrä on enemmän kuin pari kameraa, on kuvapankin pystyttäminen parempi ratkaisu. Jos järjestelmä toteutetaan niin, että järjestelmän käyttäjä tulkitsee kuvan itse, kameramäärän kasvaessa järjestelmä ei enää aja asiaansa eli helpota käyttäjän tehtävää tilausten ajoittamisessa. Kameramäärän ollessa suuri, 10 kameraa tai yli yhtä toimipaikkaa kohden, tulee kuvien tarkastamisesta jollin työlästä. Tällöin järkevämpää on ottaa käyttöön muita vaihtoehtoja, kuten kuvien tietokoneavusteinen tulkitseminen, tai pitäytyä tuotteiden määrän tarkastamisessa paikanpäällä.

Ulospäin suuntautuvan yhteyden toteuttamisella käyttäen langattomia yhteystekniikoita, kuten GPRS:ää, pystytään luomaan järjestelmä, joka on erittäin helposti siirrettävissä. Samanlaisen toteutuksen käyttöönottoaminen useassa paikassa on helppoa tietoliikenneyhteyden paikkariippumattomuuden ansiosta, ja tarve toimipaikkakohtaisten asetusten säätämiseksi on vähäistä.

Verkkokameroiden kuvanlaatuominaisuudet sekä muut tekniset valmiudet ovat kameravalvontajärjestelmän toteuttamisen kannalta riittävät. Kuvanlaatu-testit osoittivat kuvanlaadun parantuneen verkkokameroissa huomattavasti viime vuosina tekniikan kehittymisen myötä. Testissä ollut uusi verkkokamera pystyi tarjoamaan verrattain yksityiskohtaista kuvaa vielä 4 metrin etäisyydeltäkin, kun taas muutaman vuoden vanhemman kameran kuvanlaatu oli miltei käyttökelvoton.

9. Vaakavalvontajärjestelmän prototyyppi

Eero Siniluhta, Ari Happonen & Kai Häkkinen
(järjestelmän kannattavuusanalyysi)

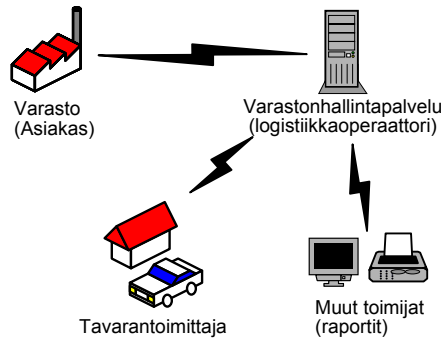
Tässä luvussa käsitellään TEMO-projektin aikana Eero Siniluhdan kandi-työnä rakentamaa vaakavalvontajärjestelmän prototyyppitoteutusta, vaakavalvonnan yleistä toimintaperiaatetta, prototyypin toteutusprosessin aikana havaittuja teknologisia rajoitteita, haasteita ja teknologian tarjoamia mahdollisuuksia, sekä esitetään prototyypin tekninen toteutus.

Vaakavalvonta on inventaarion valvonnan muoto, jossa yksittäisen tuotteen määrää seurataan punnitsemalla kyseisen tuotteen sijoituspaikassa oleva massa. Kun tiedetään, paljonko yksittäinen tuote tai esimerkiksi 100 kpl:n erä tuotetta painaa, voidaan johtaa karkea arvio siitä, paljonko kyseistä tuotetta on vielä varastossa jäljellä.

Prototyypin ja tutkimustyön havaintojen pohjalta on luotu esitys siitä, millaiseksi, standarditeknologian suomissa rajoissa, käytännön toteutus kannattaisi teknisessä mielessä rakentaa. Esityksessä pyritään mahdollisimman paljon sellaisiin ratkaisuihin, jotka ovat luonnostaan vähän huoltoa vaativia, ”itsestään” organisoituvia ja joiden hallinta ja huoltaminen vaatisi hyvin vähän tai ei ollenkaan ns. erikoisosaamista.

9.1 Vaakateknologiaan perustuvan VMI-etävalvonnan prosessimalli

Seuraavassa käydään lävitse vaakateknologiaan perustuvan VMI-etävalvontaprosessin ideologinen rakenne. Rakenne on hahmoteltu siten, ettei se ota kantaa siihen, toimiiko VMI-palvelu puhtaalla asiakas-palveluntarjoajakonseptilla, vai toimiiko välissä mahdollisesti kolmantena osapuolena logistiikkapalveluntarjoaja (kuva 1).

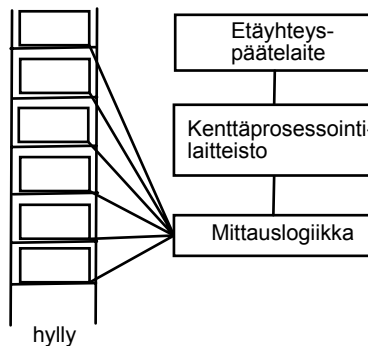


Kuva 1. Varaston etävalvontaan ja täydennykseen osallistuvat toimijat.

Prosessissa on kolme oleellista loogisessa mielessä erillistä toimijaa: asiakkaan varastoon sijoitettava järjestelmä (jäljempänä kenttäjärjestelmä), varastohallintapalvelu sekä tavarantoimittaja (kuva 1). Varsinaisiin toimintojen toteuttajiin ei oteta kantaa: varastohallintajärjestelmä voi olla esimerkiksi erillisen logistiikkaoperaattorin hallussa, tai sen toiminnot voivat olla suoraan tavarantoimittajan vastuulla. Näiden toimijoiden lisäksi järjestelmän toimintaan voi olla muilla osapuolilla erilaisia näkymiä, esimerkiksi erilaisten raporttien muodossa.

9.1.1 Kenttäjärjestelmä

Kaikkien valvottavien hyllyjen jokaiseen tuotepaikkaan – tuotelaatikon alle – asennetaan oma vaaka (kuva 2). Vaaka voi olla erillinen tai hyllyrakenteisiin yhdistetty. Punnitusmenetelmään ei oteta kantaa, sen sijaan punnitusdatan tulee olla luettavissa sähköisesti.



Kuva 2. Varastoon asennettavan kentälaitteiston looginen malli.

Mittauslogiikka on toimintaketjussa seuraava elementti vaakojen jälkeen (kuva 2). Jokainen vaaka kytketään mittauslogiikkaan, jonka tehtävänä on muuntaa vaakojen tuottama sähköinen punnitussignaali digitaaliseen muotoon (A/D-muunnos). Mittauslogiikka voidaan toteuttaa eri tavoin: se voi olla omana erillisenä järjestelmäkomponenttinaan, joka käsittelee useamman vaakan punnitussignaaleja, tai jokainen vaaka voi sisältää mittauslogiikan toiminnallisuuden itsessään (ja täten suoraan tuottaa digitaalista mittausdataa).

Kenttäprosessointilaitteisto käsittää kokonaisuudessaan varastoon sijoitettavan tiedonkäsittelylaitteiston (kuva 2). Sen perustehtävänä on käsitellä ja tallentaa hyllyvaakojen mittadataa sekä huolehtia tietoliikenteestä etäyhteysteitse varastohallintajärjestelmän suuntaan (kuva 1). Laajassa mielessä kenttäprosessointilaitteiston tehtäviin voidaan lukea myös esim. vaakajärjestelmän eheyden tarkkailu ja hyllyvaakojen mittausdatan suodattaminen sekä mahdollinen jälkikäsitely, joskin näitä tehtäviä voidaan ajatella jätettävän myös varastohallintajärjestelmän tehtäväksi, kentällä tapahtuvan prosessoinnin ja konfigurointitarpeen minimoimiseksi.

Etäyhteyspäätelaitte on etäyhteyden tuottamiseksi tarvittava tekninen laite (kuva 2). Kenttälaitteiston vapaan sijoitettavuuden ja nopean käyttöönottomahdollisuuden vuoksi etäyhteysmuodoksi on ensisijaisesti ajateltu langattomia yhteyksiä, esim. UMTS, GPRS ja GSM-DATA. Tiedonsiirtoverkko voidaan käyttää vastaavasti pakettidatan (esim. GPRS) tapauksessa Internetiä, tai GSM-DATAN tapauksessa suoraan matkapuhelinverkkoa. Myös kiinteäasenteiset yhteysmuodot – esim. ADSL – soveltuisivat kyllä tiedonsiirto-ominaisuuksiltaan mainiosti, mutta tällöin jouduttaisiin yleensä asentamaan varastokohteeseen oma liittymä varastohallintajärjestelmää varten, sillä vaikka varastokohteessa olisikin jo asiakkaalla käytössä oma Internet-yhteysjärjestelmä, ei sitä voida ajatella tietoturvasyistä käytettävän ulkopuolisen toimijan suorittamaan varastosaldonvalvontaan.

Tulevaisuuden vaihtoehtoista tällä hetkellä erityisen huomionarvoisen yhteysvaihtoehdon tarjoavat NMT-käytöstä vapautuneella 450 MHz:n taajuudella toimivat uudet GSM-verkkoja pidemmän kantaman omaavat yhteystekniikat.

9.1.2 Varastonhallintapalvelu

Prosessin toiminnanohjaus toteutetaan varastonhallintapalveluntarjoajan tai hänen IT-palveluitaan hoitavan ASP-palvelijan päässä (kuva 1). Varastonhallintapalvelu käsittää tietojärjestelmän, joka huolehtii yhden tai useamman kenttäjärjestelmän (asiakaskohteen) hallinnoinnista. Järjestelmä kerää ja tallentaa kohteiden punnitustiedot ja tekee niiden pohjalta päätelmiä siitä, mitä, mihin ja milloin tulee toimittaa. Lopputuloksena järjestelmä tuottaa tarvittavat kotiinkutsut varastontäydennysten suorittamiseksi. Lisäksi järjestelmään tallennettuja punnitustietoja voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi erilaisten analyysien aineistona prosessiketjun muiden osien optimointia varten, esim. vähän kulumien ja epästandardien tuotteiden mahdollisessa korvaamisessa standardeilla tuotteilla yhteistyössä asiakkaan kanssa.

9.1.3 Vaakavalvontajärjestelmän yleiset piirteet

Vaakavalvontajärjestelmän malli ei ota kantaa siihen, mitä varsinaisia teknologia- ja protokollavalintoja toteutuksessa tulisi käyttää. On kuitenkin tärkeää huomioida muutama vaakavalvonnan perusasia, esimerkiksi SAP-järjestelmään integroitumista mietittäessä.

Vaakavalvonnan kautta saatava ns. saldotieto ei sinällään ole aivan suoraan verrattavissa esimerkiksi päivittäistavarakaupan varasto- tai hyllysaldotietoon. Merkittävin ero on, että päivittäistavaruolella saldot perustuvat sisään tulevien tuotteiden kappaleentarkkaan kuittaamiseen ja varastosaldojen päivittämiseen sekä kassapäätteiltä saatavan myyntitapahtumainformaation (eng. Point of Sale) tuottamaan varastosaldon vähennykseen. Näin varastosaldot ovat periaatteessa tiedossa kappaleentarkasti jokaisen varastokirjanpidossa olevan tuotteen osalta. Tällaisessa järjestelmässä myyntipäätteiltä saatava tieto kertoo yksikäsitteisesti jokaisen tuotteen tarkan kulutuksen ja myyntitapahtumien ajanhetket. On kuitenkin syytä huomioida, että järjestelmän tuottama tieto ei välttämättä ole täysin tarkkaa esim. myymälävarkauksien ja tuoteryhmäkohtaisen viivakoodilukemisen takia.

Kuinka tämä sitten eroaa vaakavalvonnasta? Vaakavalvonnassa ei ensinnäkään ole saatavilla tietoa yksittäisestä kulutustapahtumasta (sisältäen esim. tapahtumaketken ja kulutettavien tuotteiden määrän), joka rinnastuu päivittäistavaruolella

siis myyntitapahtumaan. Verrattavaa kulutuskäyttäytymistä kuvaavaa informaatiota voidaan kuitenkin tuottaa laskemalla peräkkäisten hyllysaldotietojen erotus ja pääättelemällä siten mittausvälissä tapahtuneen kulutuksen määrä. On kuitenkin erittäin tärkeää tehdä selväksi ero tämän lasketun informaation ja myyntitapahtumainformaation välillä: Siinä missä myyntitapahtumainformaatio erittelee yksikäsitteisesti jokaisen kulutustapahtuman ja tuottaa tarkan kulutuksen kappalemäärätiedon, edellä mainittu laskentamalli vaakavalvonnassa ei sitä tee. Syy tähän on yksinkertaisesti se, että vaakavalvonnassa kappalemäärätieto perustuu mittauksessa tehtyyn painotietoon, joka muunnetaan kappalemääräksi. Koska sekä muunnoksessa että painonmittauksessa voi olla virhettä, tarkoittaa se sitä että nämä virheet kumuloituvat kokonaisvirheeksi laskennalliseen kulutustietoon. Eli toisin sanoen kulutustieto ei voi olla näin laskettuna kappaleentarkkaa.

Vaakavalvonta tuo kuitenkin edellä mainittuun varaston sisään ja uloskirjaukseen perustuvaan saldokirjanpitoon verrattuna erään huomattavan edun: varastosaldo inventoidaan jokaisen mittauskierroksen aikana uudelleen, eli ns. normaaliin saldokirjanpitoon verrattuna vaakamallin etuna on se, ettei varastosaldo ja tarvitse milloinkaan inventoida käsin, esimerkiksi hävikin tms. vuoksi.

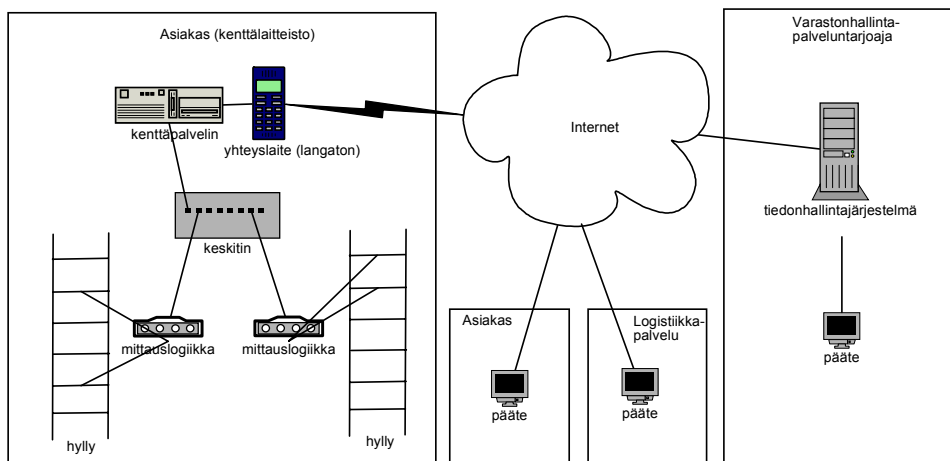
Riippumatta siitä, käytetäänkö myyntitapahtumainformaatioon tai vaakavalvontaan perustuvaa varastohallintajärjestelmää, tulee kuitenkin huomioida, että kirjattu varastosaldon vähennys ei välttämättä ole aitoa kulutusta. Kyseessä voi olla myös puskurointi johonkin toiseen varastoon, josta esimerkkinä mainittakoon työssä tarvittavien tarveaineiden varastointi lähemmäs työpistettä. Tällainen tuotteiden uloskirjaus vaakavalvontajärjestelmästä voi toisinaan johtaa varaston täydentämiseen siinä mielessä ennenaikaisesti, että varastoitavat tuotteet eivät oikeasti olleetkaan niin lopussa asiakaskohteesta kuin varastosaldosta on pääteltävissä. Koska päämääränä on kuitenkin ensisijaisesti varmistaa, että varastoitavat tuotteet eivät pääse loppumaan, ei mahdollinen ”ylitöydennys” muodostane suurta ongelmaa.

9.2 Prototyypitoteutus

Tässä luvussa kuvataan prototyypitoteutuksen suunnittelun painopisteet, prototyypin toiminta ja sen rakentamiseen valitut teknologiat ja komponentit, sekä selvitetään, miksi kyseiset valinnat on tehty.

Vaakavalvontajärjestelmälle on määritetty yleinen malli varaston etävalvontaan ja täydennykseen osallistuvien toimijoiden käyttötarpeiden pohjalta (kuvat 1 ja 3). Mallissa esitetään toimijakohtaisesti tarvittavat järjestelmät korkealla tasolla.

Prototyypitoteutuksen painopisteeksi valittiin kenttäjärjestelmän toteuttaminen, koska haluttiin ensisijaisesti selvittää nimenomaan sen toteutuksessa tarvittavien teknisten ratkaisujen soveltuvuutta (kuva 3). Järjestelmän testaamista varten myös tiedonhallintajärjestelmästä luotiin minimaalinen toteutus.



Kuva 3. Vaakavalvontajärjestelmän yleinen malli.

Prototyypissä ei niinkään painotettu tietokantapuolta ja palveluntarjoajan päässä olevaa toimintalogiikkaa, koska käytännössä vaakatyypiseen etävalvontaan liittyy suurimpana ongelmana painotiedon kerääminen ja tiedon siirtäminen asiakkaan tiloista palveluntarjoajan tietoon siten, että asiakkaalta tarvitsee vaatia mahdollisimman vähän päivittäisiä (ajoittaisia) toimia järjestelmän ylläpitämiseksi. Jos ja kun tieto saadaan siirrettyä asiakkaan toimitiloista tietokantapalvelimille, on kyseessä enää oikean ohjauslogiikan rakentaminen, mikä ei sinällään ole riippuvainen siitä, kuinka tieto on kerätty kentällä tai kuinka tieto on siirretty kentältä tietokantapalvelimille.

9.2.1 Laitteisto

Seuraavassa esitellään prototyypitoteutuksessa käytetty laitteisto.

Painon mittaaminen

Kun prototyypin laitteistoa ruvettiin kasaamaan, aloitettiin laitteistokomponenttien etsintä hakemalla painonmittaukseen sopivaa laitteistoa. Laitteiston hankinnasta oltiin yhteydessä Lahti Precision Oy:hyn (ent. Raute Precision Oy) (<http://www.lahtiprecision.fi/>) firman vahvan punnitusosaamisen takia. Kävimme firman edustajien kanssa lävitse eri mahdollisuuksia painonmittauksen saralla sekä tutustuimme yrityksen tuotetarjontaan projektimme vaatimissa määrin. Päädyimme lopulta rakentamaan prototyypimme Lahti Precision Oy:n tuotteisiin kuuluvan WA-8-mittalaitteen ympärille (kuva 4). WA-8-laite toteuttaa mittauslogiikan prototyypissämme, sekä tarjoaa standardin RJ-45 ethernet -liittymän mittatietojen välittämiseksi eteenpäin.

WA-8 on laitteena hyvin pitkälle viety tarkkuusmittauksen ammattilaitte, joka sinällään tarjoaa monia sellaisiakin ominaisuuksia, jotka paljastuivat prototyypin myötä projektimme tarpeet ylittäviksi. Fyysisesti WA-8-yksikkö tarjoaa nimensä mukaisesti mahdollisuuden kytkeä maksimissaan 8 eri vaakayksikköä laitteeseen mittaamista varten. Laitteeseen kytkettävät vaa'at eivät itsessään sisällä logiikkaa, joten WA-8 suorittaa punnitusmittauksen tuottamalla jännitteen piiriin ja mittaamalla tunnetun syöttöjännitteen ja vaakakohtaisen kalibroinnin avulla analogisen punnitussignaalin ja muuttaa tiedon lopuksi digitaaliseen muotoon. Koska laitteeseen kytkettävät vaa'at tuottavat mittatiedon analogisessa muodossa, on kaapeloinnin laatuun, kytkentöihin ja kaapeleiden pituuteen kiinnitettävä erityisesti huomiota hyvän mittaustuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 4. Lahti Precisionin WA-8-mittausyksikkö (alla) ja mittausyksikköön kytketty liukupotentiometri toimiva anturikuormitussimulaattori (yllä).

Prototyypilaitteistossa simuloimme WA-8-mittauslaitteeseen kytkettäviä vaakoja kahdeksan liukupotentiometrin avulla (kuva 4). Olisimme voineet käyttää järjestelmässämme yhtä hyvin myös varsinaisia vaakoja, mutta prototyypin toteutus ei sitä varsinaisesti vaatinut ja käyttämällä potentiometrejä vaakasimulaattoreina laitteistomme oli helposti siirrettävä ja palveli täten paremmin tutkimusprojektiamme.

WA-8-mittauslaitteen kanssa kommunikointiin voidaan käyttää MODBus-protokollaa, joka on teollisuudessa paljolti käytetty, 1970-luvulla kehitetty kenttäväyläprotokolla. MODBUS-protokollasta on olemassa kaksi protokollapakettien esitystavalta eroavaa versiota: ASCII-koodattu MODBUS/ASCII ja binäärikoodattu MODBUS/RTU. WA-8-mittauslaitteen tapauksessa käytetään binäärikoodattua versiota MODBUS/RTU. WA-8-mittauslaitteen kanssa voidaan MODBus-protokollaa käyttäen kommunikoida joko suoraan sarjaliikenteenä RS-232-väylää pitkin tai vaihtoehtoisesti protokollapaketit voidaan edelleen kapseloida TCP-paketteihin ja välittää TCP/IP-protokollaa käyttäen ethernet-verkon kautta. Prototyypin tapauksessa käytettiin TCP/IP-protokollaan pohjautuvaa tapaa, protokollan laajan käytön ja varsinaisen tiedonsiirtomedian helpon vaihdettavuuden vuoksi esim. WLAN-pohjaiseksi.

MODBUS-protokolla on toimintatavaltaan asiakas-palvelin (client-server) -pohjainen, jossa yhteydet ja palvelupyynnöt tekee aina asiakas. Tässä tapauksessa asiakkaana toimii kenttäpalvelin ja palvelijana WA-8-mittauslaite, jolta kenttäpalvelin kysyy haluttujen vaakojen tilatiedot tarvittaessa.

Kenttäpalvelin



Kuva 5. Gadget Computer eBox-2300 mini PC (lähde: www.gadgetcomputer.com).

Asiakkaan tiloihin sijoitettavaa kenttäpalvelinta edustavaksi laitteeksi valitsimme prototyyppiimme Gadget Computer -yrityksen markkinoiman Vortex x86 -prosessoria käyttävän eBox-2300 mini-PC:n (kuva 5). Valinnassa korostuivat etenkin laitteen huomaamattomuus (pieni koko, laitteessa ei ole tuulettimia) ja mahdollisuus käyttää laitteen massamediana Compact Flash -tyyppistä muistikorttia, jolloin laitteessa ei tarvitse olla yhtään liikkuvaa osaa. Lisäksi laitteen yhteensopivuus avoimeen lähdekoodiin perustuvien käyttöjärjestelmien, kuten GNU/Linux-käyttöjärjestelmän, kanssa oli tärkeä kriteeri valintaa tehtäessä. Lopullinen valintapäätös tehtiin, kun laitteen USB 1.1 -standardia tukevat USB-väylät todettiin nopeudeltaan riittäviksi käytettäväksi yhdessä USB-väylään kytkettävän GPRS-modeemikortin kanssa. Laitteen ominaisuudet on esitelty taulukossa 1.

*Taulukko 1. Gadget Computer eBox-2300 laitteistokuvaus
(lähde: www.gadgetcomputer.com).*

Prosessori ja muisti	Liitännät	Koko	Huomioitavaa
200 Mhz, 128 MB	3 x USB(1.1), audio in/out, ethernet, VGA, keyboard	115 x 115 x 34 mm	Passiivi- jäähdytetty



Kuva 6. TeleWell USB GPRS -modeemi (lähde: www.telewell.fi).

Internet-yhteys

Kenttäpalvelin-PC:n Internet-yhteyslaitteeksi valittiin GPRS-yhteystekniikalla toimiva TeleWell USB GPRS -modeemi (kuva 6). Laite saa käyttövirtansa suoraan PC:n USB-väylästä, joten laitteisto säilyy hyvin kompaktina. Koska ko. modeemi kytketään kenttäpalvelin-PC:n USB-väylään, voidaan se viedä enimmillään noin 5 metrin päähän itse PC-laitteistosta. Lisäksi modeemissa on irroitettava antenni, joka voidaan tarvittaessa korvata herkemällä. Näiden seikkojen nojalla modeemin sijoitteluun tarjoutuu monia mahdollisuuksia, jolloin GSM-verkon kuuluvuuden kannalta edullista sijoituspaikkaa voidaan hakea melko vapaasti.

GPRS-yhteyden käyttöä varten tarvitaan GSM-liittymä GPRS-ominaisuudella varustettuna. Tähän tarkoitukseen valittiin prototyypin käyttötarkoitukseen hyvin soveltuva DNA:n Prepaid-liittymä. Kaikki kommunikaatio kenttäpalvelimelta palveluntarjoajan tiedonhallintajärjestelmään tapahtuu edellä mainitun langattoman tiedonsiirtokanavan lävitse. GPRS-teknologiaa käyttämällä pyrittiin selvittämään GPRS-yhteyden hyvät ja huonot puolet, niin yhteyden luotettavuuden kuin käytettävyydenkin kannalta laajempaa soveltamista silmällä pitäen. Käytännössä tiedonsiirtoyhteys pysyi testien aikana luotettavasti päällä, eikä erityisempiä ongelmia havaittu. GSM-yhteydelle ominainen viive yhteyksien muodostamisessa huomattiin kyllä interaktiivisessa käytössä, mutta automatisoidussa järjestelmässä tämä viive ei ole olennainen järjestelmän toiminnan kannalta.

Paikallisverkkokytkenät

Kenttälaitteiden välillä käytettiin tiedonsiirtomediana ethernet-verkkoa. WA-8-mittauslaitte kytkettiin RJ-45-tyyppisellä verkkokaapelilla ensin tavanomaiseen kahdeksanporttiseen ethernet-keskittimeen ja edelleen keskittimestä vastaavalla kaapelilla kenttäpalvelimeen.

Tiedonhallintajärjestelmäpalvelin

Minimaalinen tiedonhallintajärjestelmä toteutettiin Internetiin liitetyllä GNU/Linux-käyttöjärjestelmää käyttävällä palvelin-PC:llä.

9.2.2 Ohjelmisto

Sekä kenttä- että tiedonhallintajärjestelmäpalvelimen käyttöjärjestelmäksi valittiin Debian GNU/Linux 3.1 aikaisempien hyvien kokemusten, hyvän ohjelmistotarjonnan ja laitetuken vuoksi. Hyvä laite- ja ohjelmistotuki näkyi tässä tapauksessa erityisesti siinä, että GPRS-modeemi saatiin toimimaan käyttöjärjestelmässä varsin helposti ja luotettavasti. Ajurit ja ohjelmistot olivat saatavissa käyttöjärjestelmän virallisilta jakelukanavilta. Ohjelmistojen asennuksen lisäksi vaadittiin vain vähän parametrien asettamista asetustiedostoihin.

Kenttäpalvelimen ohjelmistojärjestelmä toteutettiin kokonaisuudessaan Python-ohjelmointikielellä. Kielen valintaperusteina olivat hyvä soveltuvuus ”prototyyp-

pitykseen”, laaja saatavilla oleva kirjastovalikoima, käännös- ja ajoympäristön vapaa lisensointitapa sekä kielen riittävä suorituskky. Pythonin peruspaketin mukana tulleiden kirjastojen lisäksi prototyypijärjestelmässä hyödynnettiin GPL-lisenssin alaisen Lintouch-projektin (lintouch.org) tuottamaa MODBus-kirjastoa kenttäpalvelimen ja WA-8-mittalaitteen väliseen kommunikointiin, MODBUS-standardin mukaisten viestien käsittelemiseksi.

Tiedonhallintajärjestelmässä käytettiin Apachen HTTP-palvelinohjelmistoa, johon minimaalinen tiedonhallintajärjestelmä rakennettiin käyttäen PHP- ja Python-ohjelmointikieliä. Tiedonhallintajärjestelmän käyttöliittymänä toimivaa web-sivua käytetään normaalilla Internet-selaimella.

9.3 Prototyypilaitteiston toiminnallinen kuvaus

Seuraavassa esitetään prototyypin toiminnallinen kuvaus kenttäjärjestelmän ja toteutetun minimaalisen tiedonhallintajärjestelmän suhteen.

Prototyypijärjestelmä jakautuu toiminnallisesti asiakas-palvelinmallin mukaisesti: aktiiviseen tiedonhallintajärjestelmään (asiakas) ja passiiviseen kenttäjärjestelmään (palvelin).

Prototyypijärjestelmässä tiedonhallintajärjestelmän vastuulla on pyytää kenttäjärjestelmältä tarvittava varastosaldotieto.

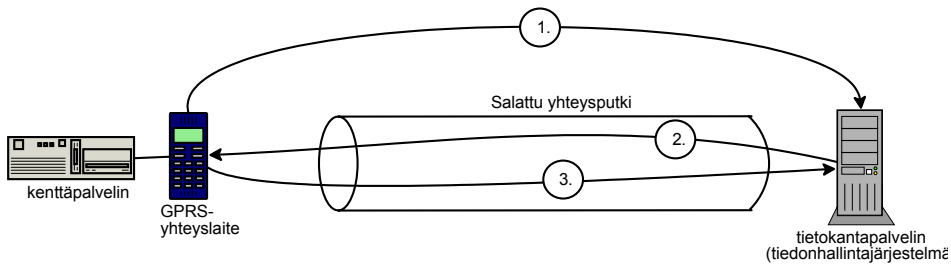
Kenttäjärjestelmän prototyypin tehtävänä on ottaa pyyntö vastaan, selvittää varaston hetkellinen saldo sekä toimittaa tieto tiedonhallintajärjestelmälle. Rakennetussa prototyypissä kenttäjärjestelmä on siis todella passiivinen ja kerää varaston saldotiedot ainoastaan pyydettyä. Pitkälle viedyssä käytännön toteutuksessa kenttäjärjestelmän tehtäviin kuuluisi tarvittaessa useampi diskreetti varastonsaldonmittaus autonomisesti, esimerkiksi kuuden tunnin välein, jolloin tiedonhallintajärjestelmä voisi kerran vuorokaudessa kerätä tiedot useammalta hetkeltä edellisen 24 tunnin ajalta.

9.3.1 Kenttäjärjestelmän toiminta

Kenttäjärjestelmän normaalikäytössä on kaksi toiminnallista vaihetta: käynnistys- ja palveluvaiheet.

Käynnistysvaiheessa laitteisiin kytketään virta. Kenttäjärjestelmän osista WA-8-mittauslaite, ethernet-kytkin ja GPRS-modeemi eivät vaadi tämän erityisempiä toimenpiteitä käynnistysvaiheessa. Huomioitakoon, että WA-8-mittauslaite säilyttää asetuksensa verkkovirratta.

Kenttäpalvelin on konfiguroitu siten, että heti käyttöjärjestelmän käynnistyksen jälkeen se avaa Internet-yhteyden GPRS-modeemia käyttäen. Kun Internet-yhteys on olemassa, kenttäpalvelin pyrkii avaamaan salatun SSH-tunnelin tietokantapalvelimelle (kuva 7, nuoli 1). Salattu tunneli on tyypiltään ns. vastakkais-suuntainen tunneli (reverse tunnel), jota pitkin tietokantapalvelin voi jatkossa suorittaa varastosaldokyselyjä kenttäpalvelimelle.



Kuva 7. Tietoliikenneyhteyden muodostus ja saldotietokysely.

Kun salatun tunnelin avaus on saatettu loppuun, on järjestelmä siirtynyt palveluvaiheeseen. Tässä vaiheessa tietonhallintajärjestelmä voi suorittaa salattua tunnelia pitkin varastosaldokyselyjä kenttäpalvelimelle (nuoli 2). Kenttäpalvelin toimittaa saldotiedon vastauksena samaa tunnelia pitkin tietokantapalvelimelle (nuoli 3).

Ensisilmäyksellä näin toteutettu yhteydenmuodostus vaikuttaa tarpeettoman hankalalta. Perustelu ratkaisuun löytyy siitä, että GPRS-yhteydellä olevat pääte-laitteet ovat aina verkko-operaattorin palomuurin takana eikä niihin siten voi ottaa suoraa yhteyttä muualta Internetistä. Tämän vuoksi ainoaksi keinoksi jää

se, että kenttäpalvelin pyrkii itse aktiivisesti muodostamaan ja pitämään yllä salattua yhteysputkea tietokantapalvelimelle, jolloin verkko-operaattorin palomuurista ei ole enää loogiselle toiminnalle haittaa. Tunnelointiin perustuviin yhteyskäytäviin liittyy kuitenkin sellainen teoreettinen ongelma, että tunneleita voi olla maksimissaan 65 536 kappaletta yhtä palvelintietokonetta kohden. Ongelma voidaan kuitenkin kiertää käyttämällä tiedonhallintajärjestelmän päässä useampaa erillistä ”välityspalvelinta” yhden tietokantapalvelimen sijaan, jolloin yhteyksien maksimimäärä voidaan moninkertaistaa. Käytännössä näin kannattaa tehdä jo pelkästään tiedonhallintajärjestelmän vikasietoisuuden lisäämiseksi.

Vaihtoehtoinen tapa olisi toteuttaa toimintalogiikka siten, että kenttäpalvelin lähettäisi tiettyinä kellonaikoina itsenäisesti omaamansa vaakatiedon. Tämä olisi kuitenkin keskitetyn hallittavuuden ja kenttälaitteiston huollettavuuden kannalta heikko ratkaisu, kun laitteistoja pitäisi esim. huoltotilanteessa konfiguroida laitekohtaisesti. Lisäksi tiedonhallintajärjestelmä ei pystyisi kontrolloimaan kokeamaansa kuormitusta, kenttäpalvelimen tilaa ei voitaisi niin tarkkaan seurata ja mahdollinen tiedonkeruuhetken muuttuminen esim. kenttäpalvelimen kellon epätarkkuuden vuoksi aiheuttaisi hankaluuksia tiedonhallintajärjestelmän toimintalogiikan suunnittelussa ja käyttövarmuudessa.

9.3.2 Tiedonhallintajärjestelmän toiminta

Prototyypissä toteutettu palveluntarjoajan tiedonhallintajärjestelmä on luonteeltaan täysin demoluonteinen eikä siis juurikaan toteuta oikealta järjestelmältä vaadittavia toiminnallisuuksia. Tätä ”demojärjestelmää” käytetään WWW-selaimella, ja se täyttää toiminnalliset vaatimukset siten, että sillä voidaan todeta kenttäpalvelinjärjestelmän ja yhteyskäytäntöjen toimivuus sekä arvioida siten prototyypin ratkaisujen toimivuutta laajempaa toteutusta silmällä pitäen.



Kuva 8. Prototyypissä toteutettu minimaalinen palveluntarjoajan ”tiedonhallintajärjestelmä”.

”Demojärjestelmä” toimii yksinkertaisuudessaan siten, että aina kun sen käyttöliittymäsivua (kuva 8) päivitetään, tiedonhallintapalvelin suorittaa reaaliaikaisesti kyselyn kenttäpalvelimelle. Kyselyn suoritukseen menee yleensä noin 5–15 sekuntia, jonka jälkeen muuttuneet tiedot saadaan näkyviin käyttöliittymään. Suurin osa kyselyn suorittamiseen kuluva ajasta kuluu GPRS-yhteydellä tapahtuvaan tiedonsiirtoon ja Python-ohjelmointikielellä toteutetun ohjelmiston ajoon kenttäpalvelinlaitteella, jonka prosessoriteho itsessään on varsin rajattu. Näin ollen yksittäisten vaakojen tiedon haku sujuu myös ”reaaliaikaista” käyttöliittymää ajatellen riittävän nopeasti. Suurempien vaakajoukkojen tietoja haettaessa kyselyn suoritukseen kuluva ajan voidaan olettaa huonoimmillaan kasvavan vaakajoukon suuruuteen verrattuna lineaarisesti, kun siirrettävän tiedon määrä kasvaa samassa suhteessa.

Käyttöliittymään on lisäksi hahmoteltu yksinkertainen täydennystarpeen simulointi, jossa täydennystarve kuvataan värein vihreä (ei täydennystarvetta), keltainen (voidaan täydentää) ja punainen (täydennettävä).

9.4 Analyysi ja ehdotus järjestelmäkomponenttien valinnaksi

9.4.1 Suunnittelukriteerit

Analysoitaessa prototyypin rakentamisesta saatuja oppeja ja mietittäessä nykyistä hyllypalvelumallia muodostui käsitys siitä, mitkä komponentit tulevat olemaan järjestelmän laajamittaisen implementaation kannalta avainasemassa kustannustehokkuuden, toteutettavuuden ja ylläpidettävyyden kannalta.

Jotta järjestelmä kannattaisi toteuttaa, vaaditaan taloudellinen peruste: tarkoituksena on pienentää hyllypalvelusta aiheutuneita kuluja aiempaan järjestelyyn verrattuna. Toissijaisina seikkoina järjestelmän avulla voidaan tuottaa kustannustehokkaasti oheistietoa varastoitujen tuotteiden menekistä ja sitä kautta mahdollisesti edelleen parantaa palvelutasoa, sekä lisäksi vähentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta.

Aluksi suurimmat säästöt saataisiin henkilötyötuntien vähenemisen myötä. Perinteisessä mallissa, jossa hyllyttäjä käy tarkastamassa, tarvitseeko hyllyjä täyttää, ovat henkilökustannukset varsin kiinteät: Hyllyt käydään tarkastamassa määräajoin, eikä eri asiakaskohteita yhtä työntekijää kohden luonnollisesti voi olla niin monta ettei työntekijä ehtisi käydä niitä tarkastamassa. Vaakavalvontajärjestelmässä hyllyjen valvonta ei ole riippuvainen henkilöstöresursseista, joten suurempi asiakaskohdejoukko ei nosta valvonnan osalta henkilömäärää. Kun hyllyttäjällä ei enää kulu aikaa varsinaiseen hyllysaldojen tarkistamiseen, saadaan täydennys suoritettua nopeammin.

Kun järjestelmään sitten on kerääntynyt tietoa asiakaskohteen hyllypalvelun piirissä olevien tuotteiden menekistä pitkän ajan kuluessa, voidaan sen avulla edelleen optimoida kustannuksia sekä tuottaa oheispalveluja, esim. täydennysvälien optimointi, hyllyjen käytön optimointi siten että jokaista tuotetta olisi oikea määrä suhteessa menekkiin, huomiot siitä, jos jotain tuotetta ei kulukaan ollenkaan, jolloin sitä ei ehkä enää kannattaisi pitää varastossa jne.

Koska kyseessä on automaatiojärjestelmä, on henkilöstökulujen osalta kiinnitettävä huomio myös huoltotehtäviin. Jotta saavutetut henkilöstökulujen vähennykset eivät mitätöityisi huoltohenkilöstön määrän ja huollon tarpeen kautta, tulee

järjestelmän olla komponenteiltaan edullinen ja kestävä sekä helposti huollettava. Edullisuus saavutetaan käyttämällä yleisiä massatuotannossa olevia standardikomponentteja ja kestävyys oikeilla komponenttivalinnoilla sekä huollon helppous huoltotoimenpiteitä silmällä pitäen suunnitellulla laitteisto- ja ohjelmistokonfiguraatiolla.

9.4.2 Toteuttaminen

Miten edellä mainitut kriteerit sitten käytännössä voitaisiin täyttää? Prototyypin kokemusten pohjalta näyttäisi siltä, että vaakaan pitäisi saada integroitua suoraan sekä mittaustekniikka että logiikka, joka muuttaa mittaustuloksen jo vaa'assa digitaalseksi massatiedoksi. Tällaisen vaa'an etu prototyypissä käytetyn erillisen mittauslogiikan sijaan on siinä, että mittaustulos ei huonone vaa'an ja mittauslogiikan välisen kaapeloinnin ja mahdollisten kaapelointimatalla olevien häiriölähteiden vuoksi.

Erilaisia teknisiä standardeja rajapinnoille tutkiessamme tulimme siihen tulokseen, että USB-liitännällä varustettu vaaka, jossa olisi edellä mainittu logiikka integroituna, olisi nykytekniikalla mitä luultavimmin kaikista sopivin ratkaisu tähän käyttötarkoitukseen. Markkinoilla on muutama kuluttajille suunnattu tuote, joissa vaakaan on valmiiksi integroitu USB-liitäntä punnitustiedon lukemiseksi tietokonetta käyttäen, mutta kaikki löytämämme tuotteet vaativat oman ohjelmistonsa painotiedon seuraamiseksi. Näiden tuotteiden hinta oli noin 20–30 euroa, mikä kertoo siitä, että mittaustiedon muuntaminen vaa'assa digitaalseksi sekä USB-liitännän tarjoaminen ei sinänsä ole kallista.

USB:n valinta liitäntäväyläksi pohjautuu siihen ideologiaan, että liitäntäteknologian itsensä täytyy olla edullinen toteuttaa, ja lisäksi valittavien liitäntätyyppien tulisi olla sellaisia, että huoltotoimenpiteiden tekeminen ja laitteiston kasaaminen olisi mahdollisimman yksinkertaista opettaa henkilökunnalle. Tuttu teknologia helpottaa kouluttamista ja vähentää muutosvastarintaa.

Taulukko 2 esittää yksinkertaisen laskelman siitä, kuinka paljon edellä mainitun kaltaisia vaakoja asiakastiloissa tulisi mahdollisesti olemaan. On helppoa ymmärtää pelkän kappalemäärän pohjalta, että yksittäinen vaaka ei voi olla investointihinnaltaan kovinkaan kallis, jotta järjestelmä maksaisi itsensä takaisin koh-

tuullisessa ajassa teknologiainvestointina. Koska järjestelmän kustannussäästöt muodostuvat pääosiltaan turhan suorittavan työn minimoimisesta, on lisäksi pyrittävä minimoimaan järjestelmän ylläpitoon kuluva aikaa huolehtimalla siitä, että teknologiset valinnat suuntautuvat sellaisiin ratkaisuihin, jotka itsessään ovat luonteeltaan kestäviä ja vähän huoltoa tarvitsevia. Tässä tapauksessa se tarkoittaa pääasiassa sitä, että pidättäydytään mahdollisimman yksinkertaisissa, mekaanisesti kestävässä vaihtoehtoissa, jotka ovat yksinkertaisia ymmärtää ja huoltaa. Järjestelmän monimutkaisuus tulee siirtää mahdollisuuksien mukaan palveluntarjoajan päähän ns. pääsuorituspaikalle, jossa asioihin voidaan puuttua välittömästi ja mahdollisimman suurella ammattitaidolla.

Taulukko 2. Tarvittavien vaakojen määrä asiakastiloissa.

Asiakastiloja	1 kpl
Hyllyjä	20 kpl
Tuotepaikkoja hyllyssä	50 kpl
Vaakoja asiakastiloissa	20 x 50 = 1000 kpl

Jos lähtökohtana on edellä mainittu USB-kytkentäinen vaaka, se tarkoittaa sitä, että tarvitsemme yhden tai useamman USB-keskittimen, jolla liitämme ryhmän vaakoja kenttäpalvelimeen. Pienet, esim. 4-porttiset USB-keskittimet ovat itsessään varsin edullisia, hintaluokaltaan 10–20 €. Vaakojen liitäntä kenttäpalvelintietokoneeseen voitaisiin vaihtoehtoisesti toteuttaa langattomasti Wireless USB-standardin mukaisesti, mutta saavutettava etu langalliseen kytkentään nähden on melko pieni. Vaakojen sijoittelun suhteen saavutettaisiin mahdollisesti hie- man lisää vapautta, mutta tekniikkana Wireless USB on (kirjoitushetkellä 3/2007) huomattavasti langallista vaihtoehtoa kalliimpi eikä tarjoa tärkeintä langattomuuteen liitettävää etua eli vapautumista johdotuksista. On nimittäin niin, että vaikka kytkentänä käytettäisiin Wireless USB:tä, on vaa’alle syötettävä joka tapauksessa sen tarvitsema virta. Langallisessa USB-kytkennässä virransyötöstä huolehtii USB-väylä, langattomassa vaihtoehdossa virransyöttöä varten on vedettävä oma kaapelinsa, joten kaapeloinnin määrä ei nimellisesti vähene. Lisäksi langaton yhteys saattaa suuren vaakamäärän takia kärsiä kommunikointiongelmista ja laitteet saattavat häiritä toinen toistaan.

Vaakojen kytkeminen USB-väylän kautta suoraan kenttäpalvelimeen on perusteltua pienessä asiakaskohteessa, jossa kenttäpalvelin voidaan sijoittaa hyllyjen välittömään läheisyyteen. Isommassa varastokohteessa, jossa on useita hyllyjä mahdollisesti sijoitettuna laajemmalle alueelle, tulee kyseeseen käyttää erillisiä hyllykohtaisia tiedonkeruulaitteita. Tällaisen laitteen tarkoituksena on kerätä tiedot omasta hyllysegmentistään ja edelleen välittää tiedot eteenpäin kenttäpalvelimelle. Tiedonkeruulaitteena voi olla esimerkiksi pienehkö PC-kone tai tarkoitukseen sopivaksi muokattu WLAN-tukiasema. WLAN-tukiasema on monessa mielessä erittäin hyvä laite toimimaan hylly- tai hyllyryhmäkohtaisena tiedonkeruulaitteena, koska laite pystyy kommunikoimaan sekä vaakojen että asiakastiloissa olevan hallintalaitteen kanssa mahdollisimman vähäisin johdotuksin ja laitehankinnoin. Kirjoitushetkellä eräs vaihtoehto tällaiseksi tukiasemalaitteeksi on Asuksen valmistama WL-500g Premium WLAN -tukiasema. Kyseiseen tukiasemaan voidaan asentaa vapaasti saatava Linux-käyttöjärjestelmän jakeluversio OpenWrt (<http://openwrt.org/>), joka mahdollistaa vapaan ohjelmistokehityksen vaakajärjestelmää rakennettaessa. Lisäksi tässä Asuksen valmistamassa laitteessa on merkillepantavaa se, että siinä on itsessään myös USB-valmius. Keskimäärin yksi vaakaryhmä sisältänee 1–3 hyllyn kaikki vaa'at, joten edellä taulukoidun (Taulukko 2) esimerkin mukaan ko. kokoluokan teollisuuskohteeseen tarvittaisiin luultavimmin 8–12 kappaletta laitteita, jotka on kytketty USB-kytkinten avulla vaakoihin.

Kenttäpalvelin, johon edellä mainitut laitteet yhdistetään joko langallisten (ethernet) tai langattomien verkkotekniikoiden avulla (kirjoitushetkellä luultavimmin WLAN, lähitulevaisuudessa yhtenä mahdollisena vaihtoehtona WiMAX) huolehtii tiedon kasaamisesta ja edelleen toimittamisesta varastohallintapalveluntarjoajan palvelimelle. Lisäksi kenttäpalvelin valvoo vaakojen ja muiden kenttälaitteiden toimintaa sekä raportoi toimintaongelmista eteenpäin palveluntarjoajan keskuspalvelimille. Järjestelmän toteutuksen mahdollisimman suuri riippumattomuus ajasta, paikasta ja asiakkaasta saavutetaan siten, että minimoidaan asiakkaan tiloihin asennettavien tarvittavien kiinteiden resurssien tarve. Yhdistämällä kenttäpalvelin asiakkaan tiloista varastohallintapalveluntarjoajan palvelimille käyttämällä GPRS-yhteyttä ja hyödyntämällä WLAN-yhteyksiä varastoalueella on järjestelmä mahdollista toteuttaa siten, että ainoa asiakkaalta tarvittava resurssi on sähkönsyöttö.

9.4.3 Esimerkkejä huoltotilanteista ja yksityiskohdista

1. Mittaustulostiedon liittäminen oikeaan tuotteeseen

Järjestelmän asiakaspuolen toteutuksen yksinkertaistamiseksi yksittäinen vaaka ja sen päällä oleva tuote voitaisiin ”sitoa” toisiinsa palveluntarjoajan tietokannoissa vaakakohtaisen tunnisteiden avulla. Tällöin järjestelmän kannalta on aivan sama, missä järjestyksessä asiakkaan tiloissa olevat vaakat kytetään USB-liitäntöjen avulla osaksi järjestelmää. Niin kauan kuin tuote ja vaaka pidetään yhdessä, voidaan tuotteiden paikkoja vaihtaa hyllyssä vapaasti.

2. Vaa’an tunnistaminen ja huoltotoimenpiteet

Vaa’an tunnistamiseksi vaakaan kannattaisi liittää tuotantovaiheessa lyhyen kantomatkan passiivinen RFID-tagin, viivakoodin ja aivan tavallinen sarjanumero. Näin vaa’an yksilöiminen kenttäolosuhteissa voidaan toteuttaa tapaukseen parhaiten sopivalla tavalla. Esimerkiksi rikkoutuneen vaa’an vaihtaminen voisi tapahtua siten, että henkilö joka vaihtaa vaakaa, käynnistää kännykästään tai muusta kannettavasta huoltopäätteestä huoltotoimenpiteisiin liittyvän sovelluksen. Hän valitsee toiminnon ’vaa’an vaihtaminen’ ja syöttää laitteeseen vaa’an tunnisteiden. Tunniste voidaan syöttää lukemalla RFID-tagin, käyttämällä viivakoodin lukijaa tai puhelimen kameraa 2D-viivakoodin lukemiseksi tai vaihtoehtoisesti näppäilemällä tunnistenumeron. Yhteys päätelaitteen ja palveluntarjoajan järjestelmän välille luodaan päätelaitteen oman langattoman Internet-yhteyden avulla tai hyödyntämällä paikallisen kenttäpalvelimen mahdollisesti tarjoamaa tietoliikenneyhteyttä. Varastohallintapalveluntarjoajan järjestelmä kuittaa, että se on valmis ottamaan vastaan uuden vaa’an tunnisteiden, jonka huolto suorittava henkilö syöttää edellä kuvatulla tavalla. Järjestelmä kuittaa vaihdon suoritetuksi ja uusi vaaka kytetään osaksi järjestelmää. Näin huoltotoimenpiteistä kirjataan myös automaattisesti tapahtumatiedot talteen ja säästetään aikaa dokumentointityön vähentyessä.

3. Laitteiden kestävyys

Vaaka:

Vaa'an rakentamisen teollisuusoloja kestäväksi ei pitäisi olla ongelma, koska ko. käyttöön on olemassa (monelta eri valmistajalta) varta vasten suunniteltuja tuotteita, joiden kestävyys perusperiaate piilee useimmiten vankassa rakenteessa ja yksinkertaisessa elektroniikassa. Mietittäessä edellä kuvatun kaltaista järjestelmää juuri nämä ominaisuudet ovat vaa'an rakenteen kannalta niitä kaikista tärkeimpiä. Vaa'an painon mittaaminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi venymäliuskaan perustuen, ja vaakaan tarvittava elektroniikka (A/D-muunnos + USB-liitin sekä logiikka) voidaan, liitintä lukuun ottamatta, valaa epoksiin ja saavuttaa erittäin hyvät kestävyysominaisuudet.

USB-hubit ja vaakaryhmää valvovat laitteet:

Käytettäessä kuluttajaelektroniikkaa laitteet pitäisi koteloida iskuilta ja kosteudelta suojaavalla rakenteella. Hyllyjen tapauksessa tämän ei pitäisi olla iso ongelma, koska laitteille voidaan rakentaa hyllyjen rakenteisiin omat sijoituspaikat suoraan jo hyllyjen valmistusvaiheessa. Jos käytetään ”vanhoja” hyllyjä, on laitteet suojattava tilanteen vaatimalla tavalla. Edellä esiteltyjen tiedonkeruutietokoneiden (WLAN-tukiasema tai pienehkö PC) tapauksessa suojaaminen vaatii isku- ja pölysuojauksen, mutta ei esimerkiksi laitteiden eristystä rakenteiden tärinästä. Nämä tuotteet ovat luonteeltaan sellaisia, että joko niissä ei ole liikkuvia osia tai ne on mahdollista rakentaa siten, että niihin ei tule yhtään liikkuvaa osaa (esimerkiksi kiintolevyt, tuulettimet yms.). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että eristämiseen riittää yksinkertainen PVC-muovista valmistettu ja saumauksista tiivistetty muovilaatikko, jossa on johdotuksia varten pölyä ja kosteutta läpäisemättömät läpiviennit. Eli lyhyesti sanottuna suojaamiseen ei tarvita mitään ”huipputeknologiaa” taikka erikoisratkaisuja, joten näiden osalta kustannusten voidaan olettaa olevan kohtuullisia ja ratkaisujen toimivuuden erittäin korkealla tasolla.

Kenttäpalvelin:

Toimintaympäristöstä riippuen on mahdollista, että kenttäpalvelin täytyy suojata samoin kuin USB-hubit ja vaakaryhmää valvovatkin laitteet, mutta on

myös mahdollista, että mitään erillistä suojaamista ei tarvita. Useimmissa asiakastiloissa on puhtaita toimistotiloja asiakkaan omaa toimintaa varten, jotka osassa teollista toimintaa sijaitsevat luonnollisesti langattoman tietoliikenteen (WLAN-yhteydet) kannalta hyvällä paikalla. Esimerkkinä tällaisesta sijoituspaikasta voidaan mainita toimistotilat, jotka on sijoitettu teollisuushallissa hallin päähän tai kahden hallin haaran risteämäkohtaan lattiatason yläpuolelle toiminnan seuraamista varten. Tällaisin tiloihin sijoitettu kenttäpalvelin on pölyltä ja mekaaniselta rasitukselta suojassa, ja langattomien kommunikaatioyhteyksien rakentaminen on helpohkoa.

Tietoliikenneyhteys kenttäpalvelimelta palveluntarjoajalle:

Itse asiassa kyseisen yhteyden muodostaminen voi olla järjestelmän rakentamisen kannalta välillä yllättävän haastavaa. Teollisuushallit, joissa on paksut metalliseinät ja katto – ja joissa ei ole GSM-verkon toistoasemia – voivat olla GPRS:n kuuluvuuden kannalta hyvinkin epäedullinen paikka. Tällaisissa kohteissa lienee helpointa asentaa kenttäpalvelin siten, että siihen kytkettävän GPRS-modeemin antennikaapeli (tai USB-kaapeli, mikäli kyseessä on USB-liitäntäinen modeemi) riittää vastaanottimen viemiseen sopivaan paikkaan. Paikasta riippuen tämä voi vaatia kenttäpalvelimen koteloitua, mutta samalla välttyään mahdollisesti lisäämästä järjestelmään lisää komponentteja, mikä osaltaan vähentänee huoltotoimenpiteiden tarvetta.

9.5 Vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi

9.5.1 Lähtökohdat

Vaakajärjestelmän rakenneratkaisut perustuvat TEMO-projektissa tehdyn prototyyppijärjestelmän tuomiin kokemuksiin.

Järjestelmän kustannukset ovat kaikilta osin arvioita, jotka perustuvat kuitenkin järjestelmän rakennuskomponentteja vastaavien kaupallisten tuotteiden listahintoihin. Ohjelmistotyön kustannukset perustuvat tutkijoiden kokemuksiin vastaavista hankkeista.

Hyllytyskustannusten osalta käytetään TEMO-projektissa tehtyä kustannusmallia sellaisenaan.

Vaakajärjestelmän kaupallinen toteuttaminen vaatii kuitenkin melko suuria taloudellisia peruspanostuksia tuotekehitykseen. Protojärjestelmä antoi selkeän kuvan siitä, että järjestelmä on toteutettavissa, vaikkakin siihen liittyy paljon erilaisia teknisiä ongelmia. Lisäksi päänvaivaa tulee aiheuttamaan erilaisten teknisten ratkaisuvaihtoehtojen valinta. Valinnoissa pitäisi pystyä tekemään hyviä arvauksia tulevaisuuden teknologioista sekä pystyä huomioimaan erilaiset järjestelmän käyttötilanteet. Lisäksi järjestelmällä tuettava toiminnanohjausmalli pitäisi pystyä kuvittelemaan.

Tämän kannattavuusanalyysin tarkoituksena on saada aikaan karkea taloudellinen arvio vaakajärjestelmän kannattavuudesta kahdessa mielessä:

1. Kannattaako jonkun laitevalmistajan lähteä edelleen kehittämään vaakajärjestelmää ja tavoitella sitä kautta uutta liiketoimintaa?
2. Kannattaako teollisten yritysten, tavarantoimittajien tai logistiikkaoperaattoreiden ottaa vaakajärjestelmää käyttöön?

Vaakajärjestelmälle voidaan löytää myös muita puoltavia ja/tai ei-puoltavia perusteluita, joihin ei tässä yhteydessä puututa.

9.5.2 Hyllykön investointikustannukset

Tässä kustannuserittelyssä lähtökohtana on, että hyllyjärjestelmä on tuotekehitetty valmiiksi moduulirakenteiseksi järjestelmäksi.

Tarkastellaan hyllykköä, jossa on 50 hyllylokeroa. Kustannusten osalta varsinaista perushyllykköä ei lasketa mukaan, koska se on olemassa ilman vaakajärjestelmääkin.

Voidaan kuitenkin ajatella, että vaakajärjestelmän edellyttämässä hyllykössä on erikoisratkaisuita, jotka nostavat hyllykön hintaa. Arvioidaan hyllylisäksi 200 euroa.

Vaakojen hankintakustannus. Markkinoilla ei ole vapaasti kaupan tähän tarkoitukseen soveltuvia vaakoja. Kuluttajakaupassa digitaalisia henkilövaakoja on useita erilaisia, ja hinnat vaihtelevat välillä 30–50 euroa. Koska vaaossa on digi-

taalinäyttö, voidaan olettaa, että näihin vaakoihin voi melko pienellä panostuksella lisätä USB-liitäntän, josta näytön lukema voidaan lukea erilliseen tietokoneeseen. Toisaalta vaaosta voidaan jättää LCD-näyttö pois, mikä puolestaan halventaa konstruktia. Vaakojen pitää toimia teollisissa olosuhteissa vuosikautia ilman huoltoa, mikä vaikuttaa rakenteeseen. Valmistettavat määrät tulisivat olemaan joka tapauksessa vähintäänkin kymmeniätuhansia, jolloin teettäminen ns. halpamaissa lienee järkevää.

- Arvioidaan vaa'an kustannukseksi 40 euroa x 50 hyllylokeroa = 2 000 euroa.
- Hyllylisä 200 euroa.
- Hyllykköön kiinnitettävä PC maksaa n. 300 euroa.
- GPRS-moduuli maksaa n. 200 euroa.
- USB-keskittimet 8 kpl à 50 euroa = 400 euroa.
- USB-kaapeleita kuluu n. 50 kpl à 6 euroa = 300 euroa.
- Hyllykön koontikustannukseksi arvioidaan 500 euroa.
- Hyllykön investointikustannus on yhteensä 3 900 euroa.
- Oletetaan lisäksi, että hyllykön huoltoon kuluu vuosittain 600 euroa.

Oletetaan, että hyllykön käyttöikä on 10 vuotta, saadaan vuotuiseksi kustannukseksi:

Poistot	390 euroa
Korot (5 %)	170 euroa
<u>Huolto</u>	<u>600 euroa</u>
Yhteensä	1 160 euroa

9.5.3 VMI-tietojärjestelmän investointikustannukset

VMI-tietojärjestelmän investointikustannus perustuu TEMO-hankkeessa esitettyyn ratkaisuun. Tässä laskelmassa tarkastellaan järjestelmää omana kokonaisuutena ilman erilaisia tietoteknisiä liittymiä asiakkaiden, toimittajien tai muiden osapuolien järjestelmiin.

Tiedonkeruu ja tiedon varastointijärjestelmän suunnittelu- ja rakentaminen 200 000 euroa.

Tiedon jalostamiseen tarvittava analyysiohjelmisto 200 000 euroa.

Tietojärjestelmä yhteensä 400 000 euroa.

Oletetaan järjestelmän käyttöiäksi 10 vuotta, jolloin saadaan vuotuisiksi kustannuksiksi:

Poistot	40 000 euroa
Korot (5 %)	20 000 euroa
<u>Ylläpito</u>	<u>40 000 euroa</u>
Yhteensä	100 000 euroa

Jos oletetaan, että esimerkkiä vastaavia hyllyköitä olisi vaakavalvonnassa 100 kpl, saadaan hyllykköä kohden 1 000 euroa vuotuisia kustannuksia.

9.5.4 Tietoliikennekustannukset

Tietoliikennekustannukset ovat GPRS-liikennettä. Soneran hinnaston mukaan datan siirtohintana on 0,60 euroa / 50 kilotavua.

Jos jokainen vaaka tuottaa 1 kilotavua vuorokaudessa ja PC siirtää koko datamäärän yhdellä kerralla, on päivittäinen tietoliikennekustannus 0,60 euroa, eli 220 euroa vuodessa. Lisäksi tulevat kiinteät maksut ja erilliset kyselyt, jolloin kokonaiskustannus kasvaa. Arvioidaan tietoliikenteen kokonaiskustannuksiksi 1 000 euroa vuodessa.

9.5.5 Hyllytyskustannukset

TEMO-hankkeessa tehdyllä mallilla saadaan seuraavat vuotuiset hyllytyskustannukset käyntimäärien funktiona (pyöristetyt luvut):

Hyllytyskertoja vuodessa	Vuotuinen kustannus/e
104	18 000
52	10 000
26	6 000
18	5 000

9.5.6 Kannattavuuslaskelma

Vaakajärjestelmän vuotuiset kokonaiskustannukset ovat:

Hyllykön investointikustannukset	1 160 euroa
VMI-tietojärjestelmäkustannukset	1 000 ”
<u>Tietoliikennekustannukset</u>	<u>1 000 ”</u>
Vuotuiset kustannukset yhteensä	3 160 euroa

Jos nykyinen hyllytyshylyysfrekvenssi on kaksi kertaa viikossa ja vaakajärjestelmän avulla se voidaan vähentää yhteen kertaan viikossa, saadaan vuotuisiksi säästöiksi $18\,000 - 10\,000 = 8\,000$ euroa.

Jos hyllytyshylyysfrekvenssi on kerran viikossa ja vaakajärjestelmän avulla se voidaan vähentää joka toiseen viikkoon, saadaan vuotuisiksi säästöiksi $10\,000 - 6\,000 = 4\,000$.

Koska vaakajärjestelmän vuotuinen kustannus on 3 160 euroa, on investointi kannattava kummassakin edellä mainituissa tapauksissa.

Sen sijaan hyllytyshylyyskertojen vähentyminen kahden viikon välein tapahtuvasta hyllytyksestä kolmen viikon välein tapahtuvaan tuottaa säästöjä ainoastaan $6\,000 - 5\,000 = 1\,000$ euroa, jolloin investointi ei selvästi kannata.

9.5.7 Johtopäätöksiä

Tämän kannattavuusanalyysin tarkoituksena on saada aikaan karkea taloudellinen arvio vaakajärjestelmän kannattavuudesta kahdessa mielessä:

1. Kannattaako jonkun laitevalmistajan lähteä edelleen kehittämään vaakajärjestelmää ja tavoitella sitä kautta uutta liiketoimintaa?
2. Kannattaako teollisten yritysten, tavarantoimittajien tai logistiikkaoperaattoreiden ottaa vaakajärjestelmää käyttöön?

Tutkimuksen kuluessa nousi selvästi esille, että tavarantoimittajien hyllytyshylyysfrekvenssi oli melko tiuha. Jos hyllytyshylyyskäyntejä voidaan vähentää ilman vaakajärjestelmää,

systemiä, lienee se paras tapa. Käyntimäärien harventaminen edellyttää kuitenkin nykyistä parempien ohjausjärjestelmien kehittämistä. Jos ohjausjärjestelmien kehittäminen edellyttää nimikekohtaisen kulutusdatan keräämistä, saa vaakasysteemi perusteluita.

Toisaalta tässä laskelmassa käytetyt kustannusarviot voivat olla hyvinkin yläkanttiin, jolloin vaakajärjestelmän todelliset käyttökustannukset ovat esitettyjä lukuja pienemmät.

Toisaalta vaakajärjestelmän käyttökustannukset voidaan nostaa huomattavasti suuremmiksi, jos järjestelmän monimutkaisuutta aletaan lisätä.

Kaiken kaikkiaan laskelmat antavat aihetta jatkoselvityksiin. Teollisuus tarvitsee tehokasta logistiikkaa, johon nyt näyttäisi löytyvän kelvollista automaatiotekniikkaa. Toisaalta ei olisi pahitteeksi, jos Suomeen saataisiin vaakajärjestelmiä kehittävä ja markkinoiva yritys kohentamaan kansantaloutta.

9.6 Yhteenveto

Vaakavalvontajärjestelmän prototyypitoteutuksen suunnittelu ja toteutus onnistuivat tuottamaan haluttua tietoa nykyisten teknisten mahdollisuuksien soveltuvuudesta vaakavalvontajärjestelmän rakentamiseen. Toisaalta prototyypin toteutusprosessi synnytti paljon ideoita vaakavalvontaan liittyvien oheisjärjestelmien ja -palveluiden toteuttamistavoista.

Voidaankin todeta, että valmiudet järjestelmän rakentamiseen ovat olemassa. Järjestelmän osakokonaisuudet voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, joten varsinaista toteutusta varten jää komponenttivalintojen osalta ratkaistavaksi monia yksityiskohtia. Kenttälaitteiston osalta kriittisimpänä komponenttina lienee kuitenkin pidettävä vaakaa: vaa'assa tulisi olla integroituna A/D-muunnin punnitus-tiedon muuttamiseksi digitaaliseen muotoon sekä valittuun kenttäväylään sopiva liitäntä, esim. USB. Koska vaakoja tarvitaan paljon, olisi niiden lisäksi oltava edullisia ja huollon tarpeen minimoinnin kannalta kestäviä. Tällainen integroitu vaakaa onkin tällä hetkellä ainoa järjestelmän komponentti, jollaista emme löytäneet ”suoraan kaupan hyllyltä”.

10. Yhteenveto

Hankintalogistiikan ulkoistaminen eri tavoin on yleistymässä teollisuudessa. Tavanomaisin toimintamalli on C-nimikkeiden ja MRO-nimikkeiden hyllyttäminen ulkopuolisen tavarantoimittajan voimin. Vallitsevat VMI-sovellukset perustuvat tyypillisesti manuaaliseen työhön. Tietotekniikan soveltaminen VMI-malleissa on melko vähäistä.

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää mobiilipohjainen VMI-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori.

Tutkimuksen alussa selvitettiin VMI-toiminnan teoreettisia lähtökohtia perustuen CPFR-filosofiaan ja transaktiokustannusteoriaan. Koska tavoitteena oli myös rakentaa toimiva prototyypijärjestelmä, perehdyttiin myös varastohallinnan teknologioihin. Prototyypijärjestelmäksi rakennettiin varastohyllyihin asennettava vaakajärjestelmä, joka punnitsee tavaramääriä jatkuvasti ja lähettää Internetin kautta mobiiliteknologioihin perustuen saldotietoja toimittajalle. Lisäksi selvitettiin kameran käyttämistä varastojen etävalvonnassa.

Edellä esitettyjen lisäksi VMI-tietojärjestelmän perusfilosofiaa ja rakennetta kehitettiin sekä luotiin yleispätevä suunnitelma järjestelmän perusrakenteeksi. Näiden pohjalta luotiin lisäksi VMI-toiminnan kustannusmalli, jonka pohjalta tehtiin vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi.

Yhteenvetona voitiin todeta, että mobiiliteknologioiden hyödyntäminen näyttää olevan taloudellisesti kannattavaa ja että teknologisia esteitä toteutukselle ei ole.



Tekijä(t) Häkkinen, Kai, Hemilä, Jukka, Uoti, Mikko, Salmela, Erno, Happonen, Ari, Hämäläinen, Harri, Siniluhta, Eero, Nousiainen, Jukka & Kärkkäinen, Mikko		
Nimeke VMI teollisuudessa Teoriaa, teknologiaa ja sovelluksia		
Tiivistelmä Hankintalogistiikan ulkoistaminen eri tavoin on yleistymässä teollisuudessa. Tavanomaisin toimintamalli on C-nimikkeiden ja MRO-nimikkeiden hyllyttäminen ulkopuolisen tavarantoimittajan voimin. Vallitsevat VMI-sovellukset perustuvat tyypillisesti manuaaliseen työhön. Tietotekniikan soveltaminen VMI-malleissa on melko vähäistä. Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää mobiilipohjainen VMI-malli, jossa tietojenkäsittelystä voisi vastata ulkopuolinen operaattori. Tutkimuksen alussa selvitettiin VMI-toiminnan teoreettisia lähtökohtia perustuen CPFR-filosofiaan ja transaktiokustannusteoriaan. Koska tavoitteena oli myös rakentaa toimiva prototyypijärjestelmä, perehdyttiin myös varastohallinnan teknologioihin. Prototyypijärjestelmäksi rakennettiin varastohyllyihin asennettava vaakajärjestelmä, joka punnitsee tavaramääriä jatkuvasti ja lähettää Internetin kautta mobiiliteknologioihin perustuen saldotietoja toimittajalle. Lisäksi selvitettiin kameran käyttämistä varastojen etävalvonnassa. Edellä esitettyjen lisäksi VMI-tietojärjestelmän perusfilosofiaa ja rakennetta kehitettiin sekä luotiin yleispätevä suunnitelma järjestelmän perusrakenteeksi. Näiden pohjalta luotiin lisäksi VMI-toiminnan kustannusmalli, jonka pohjalta tehtiin vaakajärjestelmän kannattavuusanalyysi. Yhteenvetona voitiin todeta, että mobiiliteknologioiden hyödyntäminen näyttää olevan taloudellisesti kannattavaa ja että teknologisia esteitä toteutukselle ei ole.		
ISBN 978-951-38-6956-4 (nid.) 978-951-38-6957-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero
Julkaisuaika Syyskuu 2007	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 142 s.
Projektin nimi TEMO		Toimeksiantaja(t) Yritykset, Tekes, VTT
Avainsanat VMI, inbound logistics, technical distributor, industry		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

<p>Author(s) Häkkinen, Kai, Hemilä, Jukka, Uoti, Mikko, Salmela, Erno, Happonen, Ari, Hämäläinen, Harri, Siniluhta, Eero, Nousiainen, Jukka & Kärkkäinen, Mikko</p>		
<p>Title VMI in industry Theories, technologies and applications</p>		
<p>Abstract The outsourcing of the inbound logistics is an increasingly growing area in industry. A very typical operation model concerning so called C-class and MRO-class items is based on replenishment carried out by an external supplier. The prevailing Vendor Managed Inventory (VMI)-applications are usually based on manual work. There are only few ICT-technology based applications found yet. The goal of this study was to develop a mobile technology based VMI-model where the ICT-service could be offered by an external operator and then to construct a prototype system for practical applications. In the beginning of the study, the CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) philosophy and the transaction cost theory were discussed in relation to the VMI-models. A cost model of the VMI-operation was designed. In order to design a functioning prototype system, the prevailing warehouse related ICT-technologies were explored. The basic component of the prototype storing rack system was a weighting application which was connected to the Internet server via mobile equipment. Additionally, the possibility to use a digital camera in the remote control of inventories was studied. Consequently, the philosophy of the VMI-information system was discussed. The basic structure of the system was innovated. Further, the basis for the system was designed. The profitability analysis of the weighting application based remote control system showed that the utilization of the mobile-technologies in VMI-operation seems to be economically profitable and that there seem not to be any technological major problems to design a functioning system. So, the work performed in the project can be utilised as a basis for feasible and profitable practical applications.</p>		
<p>ISBN 978-951-38-6956-4 (soft back ed.) 978-951-38-6957-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)</p>		
<p>Series title and ISSN VTT Publications 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)</p>		<p>Project number</p>
<p>Date September 2007</p>	<p>Language Finnish, engl. abstr.</p>	<p>Pages 142 p.</p>
<p>Name of project TEMO</p>		<p>Commissioned by Companies, Tekes, VTT</p>
<p>Keywords VMI, inbound logistics, technical distributor, industry</p>		<p>Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374</p>

Tutkimuksessa kehitettiin teollisuuden VMI-toimintaan soveltuva mobiili-pohjainen vaakajärjestelmä, josta rakennettiin toimiva rajattu prototyyppi-sovellus. Prototyypisovelluksen tietoliikenne tapahtui mobiiliteknologioihin perustuen Internet-serveriin. Varaston etävalvontaa varten rakennettiin loppukäyttäjää varten sovellus, joka kertoo näytölle visuaalisesti varastohyllyjen saldotilanteen ja hälytykset. Vaakajärjestelmän kannattavuus-analyysi osoitti sen olevan kannattavaa. Lisäksi voitiin todeta, että teknisiä esteitä järjestelmän rakentamiselle ei ole. Julkaisussa käydään läpi myös VMI-toimintaan soveltuvia teorioita, malleja ja varastohallinnan teknologioita.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374
