

Tallinna Ülikool
Matemaatika – loodusteaduskond
Informaatika osakond

Kaido Heinsalu

RFID tehnoloogia kasutamine ehitusettevõtte inventari halduses

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Janno Pugi

Autor:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

„.....“ 2007. a.

„.....“ 2007. a.

„.....“ 2007. a.

Tallinn 2007

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
1 RFID tehniline taust.....	6
1.1 RFID olemus.....	6
1.2 RFID terminoloogia.....	7
1.2.1 RFID märgis.....	7
1.2.2 RFID lugeja ja antenn.....	8
1.2.3 Töösagedused.....	8
2 RFID lahendused ehitusettevõtte inventari halduses.....	9
2.1 Laohalduse ja logistika korraldamine.....	9
2.1.1 RFID transpordis.....	9
2.1.2 RFID laohalduses.....	11
2.2 Inventari haldamine ja jälgimine ehitusobjektidel.....	13
2.2.1 Ehitusmaterjalide haldamine.....	13
2.2.2 Seadmete ning ehitustööriistade haldamine.....	14
2.3 Tööliste ja transpordi jälgimine.....	15
3 RFID võrdlus inventarihalduseks kasutatava triipkoodisüsteemiga.....	16
3.1 Tehnoloogiate omaduste võrdlus.....	16
3.2 Aja- ja ressursikulu.....	18
3.3 Ehitusobjekti ohutus ja turvalisus.....	19
3.4 Ühtlase töövoo tagamine.....	20
4 RFID tehnoloogiale ülemineku olulisemad nüansid.....	21
4.1 Regulatsioon ja sagedusala valik.....	21
4.1.1 Standardid.....	21
4.1.2 Sagedusala valik.....	23
4.2 Riskid ja kitsaskohad.....	24
4.2.1 Olulisemad turvariskid.....	24
4.2.2 RFID levi ning sagedusega seonduvad nüansid.....	26
4.3 RFID tehnoloogiale ülemineku planeerimine.....	28
5 Läbiviidud uurimuse analüüs.....	30
Kokkuvõte.....	34
Summary.....	36
Lisad.....	38
Küsitlus Eesti ehitusettevõtetele.....	38
Allikad.....	39

SISSEJUHATUS

RFID (*Radio Frequency Identification*) ehk raadioidentifikaatorite tehnoloogia on tugevdamas enda positsiooni Eestis ning on hüppeliselt muutunud väga aktuaalseks. Kui veel mõni aeg tagasi oldi RFID suhtes äraootaval seisukohal, siis nüüd on hoogu kogumas samalaadne buum, nagu seda antud tehnoloogia mujal maailmas on vallandanud. Suurenenud on huvi raadiomärgistel põhinevate lahenduste kasutuselevõtu vastu ning üha enam on hakanud tekkima RFID lahenduste väljatöötamisega tegelevaid ettevõtteid. RFID on jäädavalt muutmas mitmeid majandusharusid maailmas, kuid seni on selle levik Eestis väga pikka aega paigal tammunud. Lähimurre on iga hetk siingi toimumas, mida soodustab kindlasti ka hetkel majanduses valitsev kõrgseis.

Võttes arvesse, et RFID kasutusvaldkondade skaala on väga lai, siis konkreetse bakalaureusetöö teemavalikul sai määravaks just asjaolu, et ehitussektor oma praeguses hiilguses vajaks autori arvates lisavõimalusi ning innovatiivset värskendust. Lisaks on paljude valdkondade seast just ehitussektor pikajalise RFID kasutamise seisukohalt üks potentsiaalsemaid, kuna omab väga mitmeid erinevaid tahke selle rakendamiseks. Kuigi antud teemavaldkond võimaldaks kindlasti palju laiemat käsitlust, kui seda nõuab bakalaureusetöö, siis on käesolev töö keskendunud eelkõige RFID kasutusvõimalustele ehitusettevõtte inventarihaldusega seonduvatest aspektidest lähtudes. Seda mõttesuunda toetab ka fakt, et RFID tehnoloogiat kasutatakse kõige laialdasemalt just inventari haldamises. Siiski võimaldab antud teemalähenedamine aimu saada ka RFID tehnoloogia rakendamisvõimalustest teistes valdkondades.

Kui ühest küljest on käesoleva bakalaureusetöö teemavalik põhjendatud autori isiklikust huvist tingituna, siis teisalt omab antud teemakäsitus ka laiemat tähendust ja aktuaalsust. Nimelt on bakalaureusetöö koostatud hetkel ehitusettevõtete inventari haldamises valitsevat olukorda arvestades. Selleks on lõputöö raames läbi viidud kirjalikus vormis uurimus seitsme Eesti ehitusettevõtte seas, selgitamaks välja praegused inventari haldamisel kasutatavad põhimeetodid, selles valitsevad probleemid ning võimalikud arengutendentsid.

Uurimisaluste valikul lähtus autor põhimõttest, et valik kataks võimalikult palju erinevaid ehituse tegevusalasid ning ettevõtted ei oleks oma olemuselt liiga sarnased. Valiku tegemisel kasutas autor

Eesti Ehitusettevõtjate Liidu kodulehe¹ andmeid, kust valis välja nii peatöövõtu, üldehituse, vahendusteenuste, ehitusjärelvalve, ehitusekspertiisi, tootmise, montaaži kui ka viimistlusega tegelevaid ettevõtteid. Enim valdkondi katvateks ning suuremateks olid Merko Ehitus AS, Skanska EMV AS, Kontekt Int AS ja Beteoneks AS ning väiksemal skaalal tegelevateks Rihti Projekt AS, VMT Ehitus AS ja Viimsi Keevitus AS. Uurimusest tõstatas käesoleva töö probleem – hetkel on ehitusettevõtetes kasutusel küllaltki palju ebaefektiivseid ja ajale jalgu jäänud meetodeid, mis ei võimalda piisavalt kiirelt ja täpselt inventari haldamist.

Eelnimetatud probleemile lahenduse leidmiseks on autor püstitanud käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks välja selgitada, kuidas RFID tehnoloogiat ehitusettevõttes rakendada, ning kuidas seda teha nii, et seeläbi muutuks efektiivsemaks ka inventari ja selle haldamisega seonduvad toimingud. Selleks on autor tuginenud erialalisele teoreetilisele käsitlusele ning toonud välja RFID tehnoloogia kasutamise kaasnevad plussid ja miinused, rakendamise seonduvad nüansid ning hinnanud kasutamise kaasnevaid riske.

Tööle seatud eesmärgi saavutamisele ning tõstatatud probleemi käsitlemisele on autor lähenenud mitmest vaatenurgast ning jaganud bakalaureusetöö viieks peatükiks:

- Esimene peatükk „RFID tehniline taust“ käsitleb RFID tehnoloogia tehnilist tausta. Kuna töö põhiolemusest arusaamine nõuab teatavaid algteadmisi RFID tehnoloogiast, siis esimeses osas ongi autor lühidalt lahti seletanud RFID olemuse ning terminoloogia.
- Teine peatükk „RFID lahendused ehitusettevõtte inventari halduses“ käsitleb kõnealust tehnoloogiat juba konkreetsemalt ehitusettevõtte seisukohalt lähtudes. Peatükk toob välja RFID kiipidega varustatud inventariartiklite kasutusvõimalused ehitusettevõtte laomajanduse haldamisel ning ehitusobjekti tööprotsesside korraldamisel. Lisaks inventari märgistamisele tuleb juttu ka RFID võimalustest ettevõtte personali jälgimisel. Peatükis toob autor välja ka valiku ehitusettevõttes kasutatavatest RFID seadmetest.
- Kolmas peatükk „RFID võrdlus inventarihalduseks kasutatava triipkoodisüsteemiga“

1 <http://www.eeel.ee>

võrdleb RFID tehnoloogiat siiani inventarihalduses juhtival positsioonil oleva triipkoodisüsteemiga. Just tehnoloogilisest küljest lähtudes vastandab autor nende kahe tähtsamad omadused ning analüüsib neid ehitusettevõtte kasumlikkuse võtmes.

- Neljas peatükk „RFID tehnoloogiale ülemineku olulisemad nüansid“ toob välja tähtsamad nüansid ja otsustuskohad RFID rakendamisel ehitusettevõttes. Samas analüüsib RFID kasutuselevõttuga seonduvat riske ja kitsaskohti.
- Viies peatükk „Läbiviidud uurimuse analüüs“ toob detailsemalt välja bakalaureusetöö käigus läbiviidud uurimusest selgunud probleemid küsitletud ehitusettevõtete inventarihaldusega seonduvalt ning võimaldab tõmmata paralleele töö esimestes osades kirjeldatud tehnoloogia rakendamisevõimalustest.

Bakalaureusetöö on koostatud Tallinna Ülikooli informaatika osakonna lõputöö juhendi järgi. Töö koostamisel on aluseks võetud peamiselt võõrkeelset materjali, kuna emakeeles on selleteemalist käsitlust väga vähe. Töö esimene osa on põhiliselt koostatud autori seminaritöö „RFID tehnoloogia“ põhjal. Töö aluseks olevad allikad on ära loetletud töö lõpus ning teksti sees on kasutatud neile nõuetekohast numbrilist viitamist.

1 RFID TEHNILINE TAUST

1.1 RFID olemus

RFID on raadiolaineid kasutatav tehnoloogia esemete ja ka elusolendite märgistamiseks ning automaatseks jälgimiseks. Lihtsaim moodus RFID tehnoloogia olemusest üldpilti saada on võrrelda seda tänapäeval laialdaselt levinud triipkoodisüsteemiga, kus ese märgistatakse triipkoodi näol mingi tunnusega. Kui viimase puhul omistatakse igale märgistusartiklile üldjuhul vaid grupi tähis, siis RFID tehnoloogia võimaldab iga üksikut artiklit siduda täiesti unikaalse tunnusega. Kiibi tuvastamiseks on analoogselt triipkoodilugejaga vaja samuti spetsiaalset RFID skannerit ehk lugejat. Olulise erinevusena suudab aga lugeja märgist tuvastada ilma omavahelise otsenähtavuseta ning võimaldab objekti identifitseerimist distantsilt.[8]

RFID tehnoloogia kuulub ka Auto-ID (*automatic identification*) ehk automaatsete identifitseerimissüsteemide perekonda, mis võimaldavad tuvastamisprotsessi läbi viia ilma selleks inimressursilist kaasabi nõudmata. Sellesse gruppi kuuluvad ka näiteks triipkoodi-, kiipkaardi- või häältuvastamise süsteem, biomeetrilised võimalused nagu sõrmejälje või silma võrkkesta skaneerimine, magnetriba ja OCR (*optical character recognition*). RFID erinevus nimetatud tehnoloogiatega võrreldes seisneb aga suure kasutusvõimaluste ja -valdkondade ulatuses. Kui teistel loetletud lahenduste kasutusala on küllaltki piiratud, siis RFID abil on võimalik tuvastada ja tuvastatavaks teha pea kõike. Samas on RFID ka keskkonna- ning kasutustingimuste suhtes küllaltki leplik.[11] Seetõttu ongi RFID enda universaalsust ja kasulikkust tõestanud väga paljudes erinevates valdkondades, millest levinumad on välja toodud alljärgnevas loetelus.

- Autode märgistamine liikluskorralduse ning automaatsete tollimaksüsteemide tarvis
- Turva- ja läbipääsukontrollid ning isikute tuvastamine
- Inimeste ja loomade märgistamine
- Esemete märgistamine inventarihalduse eesmärgil
- Tootmisliinde tööprotsesside jälgimine märgistatud komponentide kaudu
- RFID kiibiga lõbustusasutuste atraktsioonipääsmed
- Sportlaste ning spordivahendite märgistamine täpsemate tulemuste registreerimiseks

- Kasutus logistilistes süsteemides ning tarneahelas
- Kergesti riknevate toiduainete jälgimine spetsiaalsete märgiste abil
- RFID tehnoloogial põhinevad vargusvastased süsteemid
- Autode ärandamisvastased süsteemid
- Lennujaamades pagasi märgistamine automatiseeritud pagasiliini juhtimiseks[10]

1.2 RFID terminoloogia

RFID süsteemi põhikomponentideks on elektronkiibid ehk märgised (*tag*), lugeja (*RFID reader, interrogator*) ja selle antenn, mis võib olla integreeritud ka lugeja sisse. Kiipidele on salvestatud süsteemi jaoks unikaalne tunnus ehk kood, mis andmebaasis on viidud vastavusse konkreetse objekti kohta käiva informatsiooniga. Kiibi lugemisel ehk selle sattumisel skaneerimisalasse saab lugeja raadiolainete kaudu märgisele salvestatud tunnuse. Lugeja saadab omakorda selle infosüsteemile, kus kood viiakse andmebaasis kokku sellele vastava kirjega, st toimub märgistatud objekti identifitseerimine. Seepeale käivitatakse üldjuhul juba protsessid, mis otseselt ei puuduta enam RFID tehnoloogiat.[12]

1.2.1 RFID märgis

Üheks tähtsaimaks RFID komponendiks on RFID märgis. See on informatsiooni kandev elektronkiip. Selle külge on ühendatud raadiosignaale vastuvõttev ja saatev antenn, mille kaudu toimub suhtlus RFID lugejaga. Kiip koos antenniga moodustab ühtsesse korpusesse suletud RFID märgise. Märgises oleva antenni suurusest ja karakteristikast sõltub põhilisel määral lugeja ja kiibi vaheline suhtlus. Mida suurem on märgise sees olev antenn, seda paremini ja kaugemalt on võimalik kiipi lugeda. Samas aga seab see piirid kompaktsuse osas, sest märgise suuruse põhiliseks määrajaks ongi selles oleva antenni mõõtmed.[9]

Märgised jagunevad passiivseteks ja aktiivseteks. Nende põhiline erinevus seisneb toiteallikas. Passiivsetel märgistel toiteallikas puudub. Need koosnevad ainult mikrokiibist ja sisemisest antennist ning saavad kogu vajaliku toite lugeja poolt kiiratavast energiast. Aktiivsetel märgisel on sisemine aku või patarei, millest saadakse mikrokiibi toide. Kuna aktiivne märgis ei vaja töötamiseks lugeja kiirgusväljas olemist, siis saab ta toimida ka väljaspool seda, ning omada lisaks märgise tavapärasele kiibile veel mitmesuguseid mikroprotsessoreid, sensoreid ning muud

lisafunktsionaalsust. Poolaktiivne ehk poolpassiivne märgis (*semi-active/semi-passive*, kutsutakse ka *battery-assisted* märgisteks) omab küll sisemist voolluallikat, kuid seda ainult tema sees oleva mikrokiibi ja elektroonika toitmiseks.[12]

1.2.2 RFID lugeja ja antenn

RFID lugeja (*interrogator*²) on RFID süsteemi keskne seade, mille abil on võimalik pärida märgistelt informatsiooni ning seda sinna ka kirjutada. Mõlemad, nii märgis kui ka lugeja peavad teineteisega suhtlemiseks töötama samal töösagedusel. Lugeja kohustuslikuks osaks on antenn, mis võib olla eraldiseisev või ka lugeja sisse integreeritud. RFID lugeja antenn on see, mis tekitab elektromagnetvälja, et lugejat märgisega ühendada.[6]

Lugejad jagunevad statsionaarseteks ning kaasaskantavateks. Statsionaarseteks lugejateks (*fixed reader*) nimetatakse neid, mis on kinnitatud mingi eseme või objekti külge. Ka auto või tõstuki külge kinnitatud lugejad on tüübilt statsionaarsed. Statsionaarsete lugejate üks eritüüpe on RFID printer, mis suudab lisaks märgise salvestamisele neile ka visuaalset teksti trükkida, näiteks eseme kirjeldust või triipkoodi. Kaasaskantav RFID lugeja toimib põhimõtteliselt sama moodi nagu statsionaarne, kuid on tunduvalt kompaktsem, ning omab sisseehitatud antenni. Üldjuhul omavad käsilugejad sisemist mälu ega pea reaajaliselt infosüsteemiga ühenduses olema.[9]

1.2.3 Töösagedused

RFID süsteemide üks põhilisi erinevusi on töösagedus, mida märgis ja lugeja omavahel suhtlemiseks kasutavad. Töösagedus määrab suures osas ära need omadused, millistes tingimustes on võimalik seadmeid kasutada, kui suur on lugemiskaugus või milliste takistuste tagant on võimalik kiipe lugeda. RFID seadmed kasutavad loetletud nelja sagedusala.

- LF (*low frequency*) - 30kHz kuni 300kHz
- HF (*high frequency*) - 3MHz kuni 30MHz
- UHF (*ultra high frequency*) - 300MHz kuni 3GHz
- Mikrolainesagedus (*microwave frequency*) - 1GHz kuni 300GHz-ni

[13]

2 Interrogator – eesti keeles küsitleja.

2 RFID LAHENDUSED E HITUSETTEVÖTTE INVENTARI HALDUSES

RFID tehnoloogia on kõige laialdasemalt kasutuses varade jälgimisel, tootmise efektiivsuse parandamisel, tarneahela läbipaistvaks muutmisel, toormaterjali haldamisel ning nõuetele vastavuse kontrollimisel. Seetõttu on just nendes kasutusvaldkondades RFIDsuunaline areng ning teadmus antud tehnoloogiast kõige kaugemale arenenud. Sellest hoolimata ei ole aga ehitussektor seda täiel määral ära kasutanud. Autori arvates omab aga kõigi eelpoolnimetatud RFID kasutusvõimaluste rakendamine ehitussektoris suurt potentsiaali. Käesolev peatükk toobki välja olulisemad ja potentsiaalsemad RFID kasutusvõimalused ehitusettevõtte inventarihaldusega seondult ning valiku sobilikest RFID seadmetest.[14]

2.1 Laohalduse ja logistika korraldamine

2.1.1 RFID transpordis

Kõigil ettevõtetel, kes vähemal või rohkemal määral tegelevad millegi tootmise, valmistamise või vahendamisega, on vaja tegeleda logistika ning laohalduse küsimustega. Ehitussektor on selles osas väga hea näide, kuna hõlmab kõiki eelnimetatud valdkondi. Ehitusettevõtte laohalduses kasutatavad meetodid ei erine küll oluliselt tavapärasest, kuid RFID kasutamine seejuures annab ehitusettevõttele juurde mitmeid olulisi lisavõimalusi.

Kui ehitusmaterjalid ja muu ehituses kasutatav inventar märgistatakse juba nende tootmisel, siis esmane kasu, mida ehitusettevõtte sellest saab, on võimalus saadetise jälgimiseks terves tarneahelas. Kui kauba vedu saab alguse sihtriikigist väljastpoolt ning kolmanda osapoolte teenusena, siis ei saa ehitusettevõtte tellijana küll teekonnal toimuvat väga dikteerida, kuid RFID vahendite olemasolul on tal võimalik tarnetingimustest kinnipidamist jälgida.[4]

Üheks võimaluseks tarneahelahela läbipaistvamaks muutmiseks on kauba etapiline jälgimine. Viimane tähendab seda, et transpordiahela teatud toimingutesse või protsessidesse on integreeritud RFID lugemine ehk veose identifitseerimine. Identifitseerimine peaks toimuma eeskõige sellistes punktides, kus saadetise turvalisus ja ohutus on kõige suurema riskiga. Pikemate tarnete puhul on

oluline saadetise käekäiku jälgida eelkõige näiteks ümberlaadimistel. Kuna just sellelaadsed toimingud on kõige sagedasemad põhjustajad kauba segi minemisel või pahatahtlikul kõrvaldamisel, siis on strateegiliselt väga oluline saada kinnitust tellimuse plaanipärase läbimise kohta nendest punktidest.[24]

Teine võimalus kauba jälgimiseks tarneahelas ning üldse transpordil on selle reaajaline lugemine. Selleks peab kaubakonteiner või kaupa vedav sõiduk olema varustatud RFID lugejaga. Selline meetod on vajalik eelkõige väga hinnaliste või transpordi suhtes nõudlike kaubaartiklite puhul. Veost jälgiv RFID lugejal peab olema võrguühendus, et info oleks tellijale ehk ehitusettevõttele kättesaadav. Info edastamine ehitusettevõttele võib toimuda mobiilside või satelliitvõrgu võimalusi kasutades. Puhuks kui konkreetsel ajahetkel võrguühendus puudub või ei ole võimalik infot edastada, peab lugeja olema varustatud salvestusseadmega, mis ebaõnnestunud infoedastuse andmed *bufferisse* jätab, et need siis esimesel võimalusel ära saata.[4]

Kui eelnevalt kirjeldas autor kauba transiiti välisriikidest, siis kohaliku transpordi korraldamisel ei ole veose marsruudi jälgimisvõimalus nii suure kaaluga. Seetõttu ei ole kohalike vedude puhul ka RFID lugeja pidev ühendatus võrguga vajalik. Küll aga võimaldab RFID lugeja olemasolu veokil juhile parदारvuti kaudu jagada olulist informatsiooni veose kohta, kuna selleks vajalik informatsioon võib olla märgistele salvestatud. Autodel, mis teostavad vedusid mitme objekti vahel annab RFID süsteem informatsiooni näiteks sihtkohtadest. Süsteem arvutab ise välja ka teekonna ning ajagraafiku, kuidas veos ühelt objektilt teisele liikuma peab. See annab olulist efektiivsust ja kiirust transpordi korraldamisel.[10]

Valik ehitusettevõtte jaoks sobilikest RFID lugejatest ning märgistest:

- Konteineri või kaubaaluse jaoks sobilik märgis
 - Passiivmärgis GAO915RB [21]
 - Töösagedus: 868 MHz
 - Töötemperatuur: -25°C to + 70°C
 - Tööraadius: 10 meetrit
 - Kinnitatav tugeva kleebispinna abil
 - Veekindel ning vastupidav rasketele tingimustele
 - Hind: 354 krooni

- Passiivmärgis GAO-G2HE spetsiaalselt metallpindadele [20]
 - Töösagedus: 868 MHz
 - Tööraadius: 3 meetrit
 - Kinnitav kruvidega
 - Veekindel ning vastupidav rasketele tingimustele ja kemikaalidele
 - Hind: 115 krooni
- Transpordivahendile kinnitav UHF lugeja [19]
 - Symbol RD5000 RFID lugeja
 - Töösagedus: 868 MHz
 - Tööraadius: 3 meetrit
 - Toide nii alalisvoolult kui enda sisemiselt akust
 - Niiskuskindel
 - Bluetooth ning WiFi tugi
 - Sisemine mälu: 64 MB
 - Hind: 59300 krooni
- UHF käsilugeja [22]
 - GAO 5700 käsilugeja
 - Töösagedus: 868 MHz
 - Tööraadius: 3 meetrit
 - Töötemperatuur: -20°C to + 60°C
 - Veekindel
 - Bluetooth, WiFi, USB ja IrDA tugi
 - Sisemine mälu: 128 MB
 - Hind: 46000 krooni
- Transpordi jälgimine [23]
 - „BlueBean's SecureAccess Yard Access Solution Kit“ sõidukite automaatne läbipääsukontroll
 - Töösagedus: 868 MHz
 - Tööraadius: 2 vastastikkust lugejat, kumbki 4 meetrit
 - Hind: 82000 krooni (sisaldab 10 sõiduki välisküljele kinnitatavat märgist)

2.1.2 RFID laohalduses

Eelnevas peatükis „RFID transpordis“ käsitles autor RFID kasutamist ehitusettevõtte kauba transportimisel. Järgnevalt tuleb juttu kõnealuse tehnoloogia võimalustest ehitusettevõtte laohalduse

korraldamisel. Seejuures esimene protsess, milles RFID kasutada saab, on sissetulevate materjalide ning inventari vastuvõtmine. Kauba jõudmisel ehitusettevõtte ladudesse on märgistatud esemeid, aluseid või konteinereid oluliselt lihtsam ja kiirem maha laadida ning laosüsteemi arvele võtta. Mida väiksemate kaubaühikutega on tegu, seda rohkem annab RFID tehnoloogia suurte koguste puhul ajavõitu. [4]

Suurte koguste ning suure voolavuse puhul on kõige parem kasutada RFID portaallahendusi. RFID portaallid paigutatakse laohoonete kaubavärvade ja laoplatside sissepääsude juurde. Portaallugeja võimaldab lugeda suurtes kogustes koosolevaid kaubaartikleid korraga ning alustel, konteinerites või tervetel autohaagistel olevaid koormaid ei ole vaja ükshaaval arvele võtta. Portaallahendused ei ole mõeldud siiski ainult suurte kaubakoguste identifitseerimiseks, vaid on ka selliseid, mis võimaldavad katta väiksemaid läbipääse ning registreerida laosiseseid liikumisi.[3]

Lisaks kauba arvele võtmisele on RFID tehnoloogiat võimalik kasutada ka kogu laos oleva inventari jälgimiseks või ülesleidmiseks. Paigaldades territooriumile RFID lugejatega kontrollpunkte on võimalik laopind jagada mõttelisteks osadeks. See hõlbustab oluliselt inventari hilisemat ülesleidmist, kuna on teada iga inventariartikli ligikaudne asukoht laosüsteemis.[6]

Suuremate laopindade ning -territooriumide puhul on kõige efektiivsemaks võimaluseks inventari asukoha määramisel RFID abil positsioneerimise ehk RTLS (*real-time location system*). Antud meetodi puhul on terve lao territoorium kaetud RFID lugejatega, õigemini RFID lugemisalaga. See teeb võimalikuks nii kauba pideva monitooringu kui ka täpse asukoha määramise laosüsteemis. Sellise meetodi kasutamine on efektiivne eelkõige suurte laopindade ning väiksemate ja üksikute kaubakoguste haldamisel. Teisalt pakub selline lähenemine üksikute kontrollpunktidega võrreldes suuremat turvalisust, kuna ala on pideva jälgimise all.[27]

Kui tegemist on aga vastupidiselt eelnevale suurte kaubakogumite või ehituskonstruksioonidega, siis ole vaja tervet territooriumi RFID lugemisalaga katta. Võimalik on RFID tehnoloogiat toetada GPS positsioneerimisega. Sellisel juhul määratakse ladustamise hetkel suurema kaubakoguse, näiteks konteineri või kaubaaluse asukoht laoplatsil ära GPS süsteemi abil. GPS asukoht viiakse süsteemis kokku aluse märgistusega ning seeläbi ka kõigi selles olevate kaubaartiklitega. Juhul kui

mingit artiklit on vaja hiljem üles leida, siis kõigepealt tuvastatakse GPS seadmega kaubaaluse asukoht. Seejärel tuvastatakse RFID lugeja abil juba konkreetne kaubaalus, millest vajaliku inventariartikli otsimine toimub samuti RFID lugeja abiga. Viimase tegevuse jaoks saab kasutada kaasaskantavaid või laoseadmetele ja -tõstukitele kinnitatavaid lugejaid.[9]

Kui eelnevalt kirjeldatud inventariartiklite all oli mõeldud eelkõige ehitusmaterjale, siis sarnaselt nendega on RFID võimalik kasutada ka ettevõtte püsivara, näiteks töövahendite, seadmete, tööriiete ning transpordivahendite haldamisel. Näiteks on RFID abil võimalik paremini korraldada objekti või ettevõtte üldiste seadmehoidlate arvepidamist. Märgiste olemasolu tööriistadel kergendab oluliselt vastutava isiku tööd seadmete väljaandmisel ja vastuvõtmisel.[3]

Juhul kui töötajatel on RFID identifitseerimismärgised, on võimalik seadmete haldus organiseerida nii, et tööriistu ja varustust saab võtta personal ise. Sellisel juhul on laoruumi sissepääs varustatud RFID lugejaga ning teatud grupile inimestest on antud õigused sellesse ruumi pääsemiseks. Kui tööline väljub või siseneb ruumi mingi RFID märgist kandva seadmega, siis registreerib süsteem selle toiminguga vastava isiku nimele. Hoidla sissepääs võib olla varustatud ka fooritulede süsteemiga, kus roheline annab märku registreerimise õnnestumisest, kollane näitab süsteemi korrasolekut või viga ning punane lubamatut toimingut. Hoidlasüsteemi automatiseerimise teel on võimalik hoida kokku tööjõudu ning omada paremat ülevaadet inventari liikumisest.[3]

2.2 Inventari haldamine ja jälgimine ehitusobjektidel

2.2.1 Ehitusmaterjalide haldamine

Inventarihalduse seisukohalt on ehitusobjekti põhiohk just ehitusmaterjalidel ning ülejäänud sinna juurde kuuluvatel kuluartiklitel. Kuna nende käideldavus ja kogused on suured, siis on oluline omada nendes head ülevaadet. Selle teeb aga raskeks materjalivarude suur voolavus, mistõttu tuleb sageli ette olukordi, kus vajalikud asjad on otsas või siis on neid objektidel liiga palju. Kuna üha enam ehitustegevust toimub kitsastes oludes, siis ruumi kokkuhoid on sealjuures väga oluline nüanss. Antud probleemi on võimalik lahendada RFID tehnoloogi abil, kattes ehitusobjekti materjalide ladustamise alal RFID lugemisalaga. Niimoodi on võimalik reaalselt jälgida materjalivarude kasutamist ning neid jooksvalt enne otsalõppemist juurde tellida.[1]

Lisaks inventari jälgimise võimalusele on RFID märgistusel veel mitu omadust, mida on võimalik ehitusobjekti inventariga seoses ära kasutada. Nimelt on märgistele võimalik salvestada ehituskonstruksioonide või -materjalide kohta käivat olulist informatsiooni. Kuna ehitusel kasutatakse väga palju spetsiaalosi ning -konstruktsioone, siis on väga oluline, et ükski neist ei läheks vahetusse. Konstruktsiooni RFID märgisel võib aga olla täpselt ära kirjeldatud selle paigaldamise koht ja viis. Samuti võib standardsete materjalide või detailide märgis kanda endas üldiseid kasutus- ja paigaldusjuhiseid.[14]

Kui eelnevalt oli kirjeldatud, kuidas ehitusmaterjalide RFID märgistel olev informatsioon sisaldas nii paigaldusjuhiseid kui ka konkreetse elemendi paigalduskohta, siis sama informatsiooni saab ära kasutada ka nõuetele vastavuse kontrolliks ning järelvalve teostamiseks. Nimelt on ehituse juures üks kohustuslikke elemente nii ehitaja endapoolne kontroll kui ka kohustuslik ehitusjärelvalve.[14]

Lisaks tavapärasele info kandmisele on ehitusmaterjalide ja -ainete juures võimalik kasutada eriotstarbelisi ehk lisafunktsionaalsust omavaid märgiseid. Viimaste alla kuuluvad sellised, mis suudavad jälgida ümbritsevat keskkonda ning salvestada selle olekut ja muutusi. Üheks kasutusvõimaluseks on kindlasti kõiksugu ehituspulbrite ja -ainete kvaliteedikontroll. See tähendab võimalust jälgida, ega aine ei ole ületanud oma säilivusaega ning kas seda on hoitud nõutud tingimustes. Samas suudab märgis anda ka infot selle kohta kui keskkond ei vasta nõuetele ning materjalid tuleb sobivamasse keskkonda paigutada. On olemas näiteks sellised spetsiaalmärgised, mis paigaldatakse tahenevate segude või betooni sisse. Nende abil on võimalik jälgida viimaste tahenemise kulgu.[2]

2.2.2 Seadmete ning ehitustööriistade haldamine

Ehitusmaterjalide kõrval on teine suurem inventarigrupp ehitustööriistad ning -seadmed. Kuna suurte projektide raames on ühel objektil mitu erinevat ettevõtet ning alltöövõtjat, siis väga sagedane on olukord, kus töövahendid lihtsalt lähevad segi või kaovad ära. Kui need on aga varustatud RFID märgisega, siis on ka välimuselt sarnaste asjade omanikku võimalik tunduvalt lihtsamini kindlaks teha. Samuti saab RFID tehnoloogiat kasutades leida üles objektile kadunud tööriistu, kas siis käsilugejate või objekti tervenisti katvate statsionaarsete lugejate abil.[3]

Kuna enamus ehitusettevõtteid tegutseb mitme projektiga korraga ning paljusid seadmeid või tööriistu vahetatakse erinevate objektide vahel, siis see laiendab esemete vahetusse minemise ja kadumise piire veelgi. Seejuures on aga võimalik kasutada RFID tehnoloogiat, et seadmete objektidelt välja viimine või objektile toomine ka infosüsteemis kajastuks. Seeläbi on olemas pidev ülevaade kõigi tööriistade ja seadmete asukohast.[10]

Lisaks objektidevahelisele liikumisele või seadmehoidlates asumisele võivad tööriistad paikneda ka hoolduses või garantiiremondis. Nimelt on paljudel ehitustööriistadel ning -seadmetel garantiiperioodi jooksul nõutud korralised hooldused. Kui vastav informatsioon on salvestatud seadme tootja või rentija poolt iga tööriista juurde, siis on tunduvalt lihtsam nõutud hooldust meeles pidada ning tööriist õigeaegselt hooldusesse viia. Hooldusaegadele lisaks võib märgisel olla ka tootjapoolne informatsioon garantiitingimuste või remonti teostavate ettevõtete kohta. Märgis võib sisaldada ka tootja või remonti teostava firma jaoks olulist garantii- või hooldusinfot ning ehitusettevõttel ei ole vaja muretseda sellistel puhkudel nõutava dokumentatsiooni pärast.[10]

2.3 Tööliste ja transpordi jälgimine

Käesoleva töö pöhirõhk on pandud küll RFID võimalusele hallata ehitusmaterjale ja -seadmeid, kuid samas võimaldab see tehnoloogia kontrollida ka töölisi ning transpordivahendeid. Töötavat personali ei saa küll liigitada inventari alla, kuid sõidukid see-eest võib lugeda kindlasti ettevõtte inventari kuuluvaks. Kui eelnevates peatükkides oli juttu ehitusmaterjalide identifitseerimisest nii autode küljes olevate kui ka käsilugejatega, siis järgneva puhul on sõidukid ise märgistatud. Sõiduvahenditest kinnitatud märgiste abil võimalik tagada läbipääs nii ehitusobjektidele kui ka ladude territooriumitele.[18]

Läbipääsukontrolli RFID märgiste abil on võimalik rakendada ka töölistele või muule personalile. RFID märgiste või kiipkaartide olemasolu töölistel võimaldab lisaks erinevatele läbipääsukontrollidele rakendada ka tööle registreerimise süsteemi. Registreerumistest kogutud andmete abil on ettevõttel võimalik tõhusamalt korraldada personali tööaja- ning palgaarvestust.[9]

3 RFID VÕRDLUS INVENTARIHALDUSEKS KASUTATAVA TRIIPKOODISÜSTEEMIGA

Eelnev peatükk „RFID lahendused ehitusettevõtte inventari halduses“ analüüsis RFID potentsiaalseid kasutusvõimalusi ehitusettevõtte inventari halduses. Järgnev aga võrdleb nende võimaluste eelseid ning puudusi RFID eelkäia ning konkureeriva triipkooditehnoloogiaga.

3.1 Tehnoloogiate omaduste võrdlus

Järgnevalt on välja toodud RFID ning triipkoodi põhilised erinevused ning tehniline võrdlus. Mõlemad tehnoloogiad on kasutatavad küll ehitusettevõtte inventari halduseks, kuid kasutustingimuste ning lisavõimaluste poolest erinevad need kaks suuresti. Kui triipkoodi kasutusvõimalused on suhteliselt ühekülgsed, siis põhiline erinevus seisnebki RFID universaalsuses.[25]

RFID tehnoloogia olulisemaks eeliseks triipkoodi ees on lugemine distantilt. Seetõttu on võimalik märgist tuvastada ka läbi pakkematerjali või läbi eseme enda korpuse. Selline märgise peitmine aitab ära hoida nende ettejäämist transportimisel või käitlemisel. Samas raskendab või teeb võimatuks ka pahatahtliku eemaldamise. Triipkood seevastu peab aga lugemisel olema nähtav, mistõttu tuleb ta paigaldada eseme välisküljele. Seda tingimust võib aga pidada triipkooditehnoloogia suurimaks puuduseks ehitusettevõttes kasutamisel. Peamine põhjus on selles, et triipkood on tundlikum füüsiliste vigastuste ja keskkonnamõjude suhtes, ning asetsedes ehitusmaterjali või -tööriista välisküljel, võib see väga kergesti loetamatuks muutuda. Eseme või objekti välisküljel olevat triipkoodi on tunduvalt lihtsam ka eemaldada. Kuigi ka RFID märgised on kasutatavad välispidiselt, siis on nad triipkoodist ikkagi vastupidavamad ja töökindlamad. Välispidiseks kasutamiseks ning eriti ekstreemsete tingimuste tarvis on olemas ka spetsiaalmärgised, mis suudavad taluda kõrgeid temperatuure või raskeid füüsilisi tingimusi.[26]

Teiseks oluliseks RFID tehnoloogia omaduseks on võimalus lugeda mitmete märgiste informatsiooni korraga, õigemini teha seda väga lühikese ajahetke jooksul. Keskmiselt suudetakse hetkega identifitseerida ligi 1000 märgistatud inventariartiklit. See võimaldab väga kiiresti arvele võtta näiteks terve aluse või autohaagise täie ehitusmaterjale. Triipkooditehnoloogia seevastu

võimaldab aga lugeda ainult ühte märgist korraga. Automaatliin suudab küll triipkoode lugeda 150 etiketti sekundis, kuid üldiselt ei tule automaatliini kasutamine ehituses kõne alla.[25]

Ka andmemahult on RFID tehnoloogia triipkoodist kaugel ees. Kui triipkoodi salvestatava andmemahu piiriks on sada tähemärki, siis RFID märgis võimaldab andmeid salvestada mitmetes kilobaitides. Seega on võimalik harilikele märgistele salvestada mitme tuhande tähemärgi ulatuses informatsiooni. See maht ei ole aga sugugi piiriks. Mida väiksemaks muutuvad mälumoodulid, seda suurema infomahuga kiipe on võimalik ka märgistesse paigaldada.[25]

Võimalused, mida triipkoodisüsteem ehitusettevõtte puhul üldse ei suuda pakkuda, on identifitseerimine liikumise pealt ning protsesside automatiseerimine. Kuna informatsioon RFID märgistel on digitaalsel kujul ning seadmete andmeedastuskiirus- ja maht on piisavalt suured, siis on võimalik märgiseid lugeda liikumise pealt ning seda küllaltki suurtel kiirustel. Triipkoodi liikumise pealt tuvastamine nõuaks aga objekti liiga täpset asetsemist lugeja suhtes, mis on mõeldav aga ainult eelpoolmainitud automaatliinide puhul.[25]

Puuduseks RFID puhul või takistuseks mõningates olukordades võib saada asjaolu, et märgise info ei ole manuaalselt käsitletav. See tähendab, et märgist ja sellega koos ka inventariartiklit ei ole võimalik tuvastada ilma vastavaid tehnilisi vahendeid omamata. Üldiselt ei ole see aga väga kaalukas argument, kuna ka triipkoodi on suhteliselt raske ilma tehnilise toeta identifitseerida. Siiski on olemas vastavad RFID märgised, mis võimaldavad etiketile lisada ka visuaalset informatsiooni. Visuaalseks elemendiks võib olla kas tavaline tekst või ka näiteks triipkood. Sellised märgised on väga heaks võimaluseks triipkooditehnoloogialt üleminemisele RFIDle, kuna võimaldavad RFID ja triipkoodi üheaegset kasutust.[26]

RFID kasuks räägib ka asjaolu, et paljud märgised on korduvkasutatavad. Tänu oma küllaltki tugevale korpusele on võimalik korra kasutuses olnud märgist teise objekti identifikaatorina uuesti kasutusele võtta. Põhimõtteliselt on võimalik isegi paberkleebismärgist uuesti kasutada, kui selle antenn või kiibistiku osa ei ole eemaldamisel vigastada saanud. Eelõige on aga mitmekordseks kasutamiseks mõeldud selliseid märgiseid, mida ei integreerita objekti külge või sisse, näiteks läbipääsukaardid. Triipkoodi etiketi korduvkasutamine on aga tunduvalt keerulisem jällegi selle

koodiriba kuluvuse tõttu. Lisaks RFID märgise füüsilisele korduvkasutamisele saab ka sellel olevat informatsiooni vajadusel muuta. Selline andmete kustutamise ja muutmise võimalus aga triipkoodil täiesti puudub.[25]

Eelneva põhjal võib tunduda, et triipkooditehnoloogia on juba ajale ning RFIDle lõplikult jalgu jäänud. Kasutusvõimaluste ja -mugavuse poolest küll, kuid siiski on viimasel mõningad väga kaalukad kitsaskohad. Nimelt ollakse RFID kasutuselevõtu suhtes siiani veel natukene skeptilised ning ettevaatlikud, kuna tehnoloogia on alles arengujärgus. Tehnoloogia enda kõrval on aga suuremaks puuduseks eelkõige vähearenenud standardid ning regulatsioon. Triipkooditehnoloogia on aga seevastu täielikult väljaarenenud nii standardite kui ka töökindluse poolest. Teiseks RFID leviku takistajaks on hetkel veel seadmete ning märgiste suhteliselt kallis hind.[25]

3.2 Aja- ja ressursikulu

Järgnev peatükk analüüsib ja toob välja selle, milliste protsesside juures aitab RFID tehnoloogia ehitusettevõttel aega ning ressursi kokku hoida. Alustades laohaldusest on kõige põhilisemaks ajakulu ning ka ressursi kokkuhoidvaks teguriks laohalduse üldine parem organiseeritus tänu RFID tehnoloogiale. Kui materjalide ning muude inventariartiklite ladustamine on heal tasemel ning hästi korraldatud, siis annab see juba iseenesest kõigile laohaldust puudutavatele protsessidele efektiivsust ning kiirust juurde. Uuringud on näidanud, et RFID kasutamisel materjalide haldamiseks võib saavutada rohkem kui 30% ajavõitu.[28]

Tänu efektiivsele ning hästi organiseeritud laohaldusele on lihtsam ka inventuuri tegemine. Triipkoodi- või siis käsitsilugemise meetodi puhul on vaja kõik inventariartiklid kas ükshaaval üle lugeda või siis käsitsi triipkoodilugejaga ära registreerida. Tehes seda RFID käsilugejaga piisab vaid sellest kui territoorium ning laoruumid läbi käia. Peatükis „RFID laohalduses“ kirjeldatud viis terve territooriumi katmisel RFID lugemisalaga on juba iseenesest pidev inventuuri tegemine, kuna kõiki märgiseid loetakse kogu aeg. See tähendab, et kogu inventar on pideva monitooringu ja jälgimise all.[25]

Mida parem ja täpsem on ülevaade kogu inventarist, seda vähem esineb ka olukordi, kus vaelearestuse või puuduliku arvepidamise tõttu saab mingi vajalik inventariartikkel otsa. Selliste

olukordade tõttu võib ettevõtetel küllaltki arvestatav tulu saamata jääda. Statistika põhjal väheneb RFID kasutuselevõtul lao puudujääkidest tulenev käibekaotus keskmiselt 16%. Teisest küljest võib liigne inventari varumine raisata aga asjata väärtuslikku laopinda. RFID tehnoloogia abil on võimalik paremini korraldada ka inventariartiklite juurdetellimist ning seeläbi laovarusid 10 – 30% vähendada.[28]

Lisaks laohalduse korraldamisele on üheks suuremaks valdkonnaks logistika, kus RFID on oma efektiivsust ning kasumlikkust suutnud näidata. Peatükis „RFID transpordis“ kirjeldatud võimalus jälgida saadetise käekäiku teatud kontrollpunktides või terves tarneahelas võimaldab transpordiga kaasnevatele viivitustele või probleemidele kiiremini ja tõhusamalt reageerida. Esiteks on võimalik märgata kauba kadumist juba selle teeloleku ajal ning selles osas kiiremini midagi ette võtta. Juba ainuüksi teadmine, et kaup on varustatud RFID märgistega ning seda jälgitakse, mõjub võimalikele kõrvaldamistele samamoodi nagu turvaelemendiga eseme võtmine poest. Ühesõnaga märgisega kaupa teadlikult nii kergekäeliselt ei varastata. Statistika kohaselt väheneb RFID märgiste kasutamisel varade kadumine tarneahelas inimliku eksituse või pahatahtlikkuse tõttu keskmiselt 47%.[28]

3.3 Ehitusobjekti ohutus ja turvalisus

RFID tehnoloogiat saab kasutada ka ehitusobjekti valve tagamisel ning varastamiste ja kadumiste vähendamisel. Kui märgistatud on nii töölisel kui ka töövahendil, on võimalik jälgida nii tööliste kui ka tööriistade asukohta ning väiksema vaevaga kindlaks teha, kelle käes asi enne kadumist oli. Samas on võimalik üles leida ehitusobjektile kaduma läinud tööriistu. Töölistele kinnitatud märgiste abil on võimalik kontrollida ka läbipääsu ehitusobjektile, ilma, et selleks peaks olema eraldi inimene, kes läbipääsu ning objektile viibimise õigust kontrollib. Muidugi ei saa ilma inimressursilise kontrollita kindlaks teha, kas tööliste RFID identifitseerimiskaart on ikka õige inimese käes, kuid 100% kindlust ei olegi mõtet taga ajada. Siinkohal peaks igitüks oma kaardil ise silma peal hoidma ega kellelegi seda mitte välja laenama, sest kõik toimingud registreeritakse ning sellega võib laenaja ainult endale probleeme kaela tuua. Läbipääsudes olevate RFID lugejate tööülesannete hulka võib lisaks läbipääsu tagamisele kuuluda ka kontroll, et sealt ei viidaks välja tööriistu, välja arvatud juhul, kui süsteemis on selleks luba antud. Kui RFID lugemisalaga on kaetud terve objekt, siis on võimalik veelgi efektiivsemalt esemete väljaviimist objektilt kontrollida, sest siis on nõ turvatud ka läbipääsude kõrvalised alad. Üldiselt ei hakka aga süsteem kohe alarmi

andma kui mõni asi lugemisalast kaob, sest tegu võib olla ehitusobjekti sisesta „leviaukudega“. Alles siis, kui ese ei ilmu lugemisalasse peale teatud perioodi möödumist, registreerib süsteem selle kadumisenähtena. Selline viivitus võib olla küll isegi mõne tunnine, kuid arvestades seda, et autori küsitluse põhjal tulevad paljud tööriistade ja seadmete kadumised välja alles kuude möödudes, ei ole selline viivitus üldse märkimisväärne.[5]

Ehitus on üheks rohkemate tööõnnetustega valdkonnaks üldse ning tööohutus objektidel saab üha suurema tähelepanu osaliseks. Siinkohal on RFID tehnoloogialgi enda panus anda. Näiteks on väga sagedased juhud, kus mingi rasketehnika liikumine on vigastanud töölisi, sest masina operaatoreid ei oma masina ümber toimuvast täielikku ülevaadet. RFID märgisega varustatud tööline ning rasketehnika saavad aga omavahel sel viisil suhelda, et ohtlikusse kaugusse sattudes annab süsteem sellest märku või veel enam, seiskab masina.[10]

3.4 Ühtlase töövoogu tagamine

Pikemal transportimise käigus võib kaup lisaks vargusele ka ümberlaadimise käigus või lihtsalt eksituse tõttu millekagi vahetusse minna. Sageli võidakse seda märgata aga tükk aega peale varguse või eksituse toimumist. Isegi alles siis, kui ettevõtte ise kauba järele küsima hakkab või seda õigeaegselt kätte ei ole saanud. Selle vältimiseks on RFID märgistega varustatud kaup võimalik jälgida ning eksitustest ja kadumisest koheselt teada saada. Ühest küljest aitab see operatiivsemalt segadust lahendada hakata. Teisalt on võimalik tarne viivitusest koheselt teada saades ka kohapealset tööd vastavalt korraldada, et hilineva materjali tõttu tekkida võivat viivitust vältida. Lisaks eelpoolmainitud eksituste vähenemisele aitab RFID kaasa ka tarneahela üldisele toimimisele ning tänu sellele võib tarnete õigeaegsus paraneda keskmiselt 6%. [28]

4 RFID TEHNOLOOGIALE ÜLEMINEKU OLULISEMAD NÜANSID

4.1 Regulatsioon ja sagedusala valik

4.1.1 Standardid

Olulisemaks probleemiks RFID tehnoloogia arengul ning kasutuselevõtul on vähe väljaarenenud regulatsioon ning erinevate standardite loojate omavaheline suutmatuse neid ühtlustada. RFID ei ole mõeldud üksnes ettevõtte piires või siseriiklikuks kasutamiseks, vaid on oma olemuselt globaalne tehnoloogia. Seejuures aga mängivadki väga olulist rolli ühtsed standardid. Juhul kui ka ettevõtte alustab RFID juurutamist ainult organisatsiooni siseseks kasutamise eesmärgil, siis sellegi puhul on vajalik jälgida kehtivaid regulatsioone ning uuemaid standardeid. Juba ainuüksi seepärast, et loodav süsteem oleks seadustega kooskõlas ja seda oleks hiljem võimalik laiendada ka väljaspool ettevõtet kasutamiseks.[16]

RFID standardid jagunevad nelja põhigrupi töösageduse, andmeformaate ja -kodeeringu, testimisviiside ning süsteemiintegratsiooni põhjal. Ehitusettevõtte seisukohalt ei ole aga testimist ja tehnoloogia arendamist puudutava standardid olulised. Lihtsalt teadmiseks olgu ära märgistud, et viimastest ühed põhilisemad on ISO 18047 and ISO 18046.[15]

Esimeseks olulisemaks grupiks on töösagedust reguleerivad ISO (*International Organisation of Standardisation*) 18000 perekonna standardid. Nendest kõige peamine on ISO 18000-1, mis seab üldised nõuded kõigile RFID tehnoloogias kasutatavates sagedusalades töötavatele seadmetele. Järgnevas loetelus on välja toodud ISO 18000 alamstandardid ning sagedusalad, mida need reguleerivad:

- ISO 18000-2 – 135 kHz ning sellest väiksemad sagedused
- ISO 18000-3 – 13.56 MHz
- ISO 18000-4 – 2.45 GHz
- ISO 18000-6 – 860 kuni 960 MHz

- ISO 18000-7 – 433 MHz [15]

Eriti tähelepanelik tasub olla ISO 14443 ja ISO 15693 suhtes, kuna tegu on vananenud standarditega. Mõlemad puudutavad sagedust 13,56 MHz ning praktilisest küljest on nende põhiline erinevus lugemiskaugustes.[16]

Teine oluline reguleerimisala on RFID lahendustes ja märgistel kasutatavad andmeformaadid. Need on eriti olulised just selliste rakenduste puhul, kus märgised liiguvad erinevate ettevõtete ning eri riikide vahel. Selleks, et identifitseeriv informatsioon oleks märgisel kõigi jaoks üheselt mõistetav on EPCglobal Inc³ arendanud välja universaalse numbriformaadi EPC (*Electronic Product Code*). Just see ongi andmeformaat, mis pani aluse üksikute tooteeksemplaride identifitseerimise võimalusele. Vastukaaluks võimaldab triipkoodi standard UPC (*Universal Product Code*) ära määrata vaid tootja ning kaubaartikli tunnuse.[15]

EPC koosneb mitmest fragmendist, mis on välja toodud tabelis „EPC kood“. 96 bitine kood võimaldab unikaalse koodiga märgiseid 268 miljonile eri asutusele. Igal asutusel on EPC koodi formaadi puhul võimalik defineerida 16 miljonit erinevat tooterühma ning 68 miljonit unikaalset seerianumbrit igas rühmas.

Tabel 1: EPC kood

01.	0000A89.	00016F.	000247DC0
<i>Header</i> – sisaldab infot EPC koodi tüübi ning ka märgise kohta. Näiteks päise väärtus „00“ tähendab, et tegu on programmeerimata märgisega.	<i>EPC Manager</i> – sisaldab infot eseme tootja kohta.	<i>Object Class</i> – määrab ära tooterühma.	<i>Serial Number</i> – konkreetse objekti identifitseerimisnumber

3 EPCglobal describes itself as a neutral, consensus-based, not-for-profit standards organisation which is owned jointly by GS1 and GS1 USA (two members-based organisations for the supply chain industry)

Kolmas standardite grupp puudutab RFID rakenduse integratsiooni ettevõtte infosüsteemiga ning on samuti välja töötatud EPCglobal Inc poolt. Kuna selle detailsem lahtiseletamine ei mahuks kindlasti antud bakalaureusetöö raamidesse, siis olgu välja toodud vaid põhilised aspektid, mida see käsitleb. Nimelt on EPCglobal Inc poolt RFID süsteemiintegratsiooni standardites ära reguleerinud ja kirjeldanud nõuded järgmiste süsteemi osade kohta:

- *Savant* ehk vahevara – reeglid RFID seadmete ning ettevõtte infosüsteemi vaheliseks suhtluseks
- ONS (*Object Naming Service*) ehk objektinimede süsteem – reguleerib EPC koodi seotust konkreetse märgise kohta käiva informatsiooniga infosüsteemis.
- PML (*Physical Mark Up Language*) – määrab ära XML märgistuskeele kasutuse kirjeldamiseks märgistelt kogutud informatsiooni, märgistatud esemeid ning RFID seadmeid endid.[15]

4.1.2 Sagedusala valik

Käesolevas peatükis on võrreldud RFID seadmete töösagedusi, kuna just see määrab suuresti ära tehnoloogia rakendamise võimalused ning ka kasutamise piirangud. Antud peatükk toob välja RFID töösageduste sobilikkuse ehitusettevõttes kasutamiseks.

Madalsagedust (LF) ning kõrgsagedust (HF) võib siinkohal käsitleda koos, kuna ehitusettevõtte seisukohalt lähtudes on nad omadustelt ning kasutusvõimalustelt suhteliselt sarnased. Kõige suuremaks puuduseks nende puhul on küllaltki piiratud lugemisraadius ning väike ribalaius. Viimane tähendab seda, et madal- ja kõrgsagedusel töötavad seadmed ei võimalda korraga väga palju informatsiooni edastada ega vastu võtta. Praktikas tähendab see, et suure hulga objektide lugemine toimub aeglasemini ning liikumise pealt tuvastamine võib olla raskendatud. Seega ei sobi nendes sagedusalades töötavad RFID süsteemid suuremates kogustes käideldavate ehitusmaterjalide identifitseerimiseks. Küll aga võib LF ja HF märgiseid kasutada üksikute elementide või tööriistade kiibistamiseks. Seda isegi välispidiselt, kuna need on suhteliselt leplikud ümbritseva keskkonna suhtes, toimides väga hästi vedelikes, poris, mudas, lumes ja metallilistes keskkondade. LF seadmete hind on suhteliselt odav, kuid kasutamismugavuses annab see samavõrra tagasi, kuna lugemine peab toimuma väga väikese distantsi tagant. Seepärast sobiks LF ja HF sagedusi kasutada eelkõige personali tuvastamiseks ja näiteks ladude läbipääsusüsteemides.[7]

Ehitusettevõtte inventari haldamise seisukohalt on UHF ehk detsimeetersagedus kõige sobilikum, võimaldades väga kiiret andmevahetust kiibi ning lugeja vahel. Seega suudavad UHF seadmed lugeda ligikaudu 10000 märgist sekundis ning seda isegi liikumise pealt. Kuna UHF süsteemid on laialdaselt kasutuses just suurtes kogustes kaubaartiklite tuvastamiseks, siis on detsimeetersagedus eelkõige sobilik ehitusmaterjalide märgistamiseks. Samuti võimaldab UHF seadmete tööraadius kõige efektiivsemat inventari jälgimisust nii ehitusobjektidel kui ladude territooriumidel. Hetkel kõige suuremaks puuduseks UHF sageduse puhul on tehnoloogia kallidus ning ühtsete standardite puudumine. Küll aga tasub ehitusettevõtte RFID lahenduse väljatöötamisel just sellele sagedusalale rõhku panna, kuna RFID tulevikuarendused on just suunatud UHF seadmetele. [13]

Mikrolainesagedused on omadustelt küllaltki sarnased UHF sagedusalas töötavate seadmete toimele. Küll aga on gigahertsidel suhtlevate seadmed tunduvalt vastuvõtlikumad keskkonna ning kõiksugu häirete suhtes. Sellises sagedusalas töötavaid seadmeid võivad segama hakata näiteks elektritööriistad või ehituse betoon- ja metallkonstruktsioonid. Seetõttu ei ole mikrolainesagedus ehitusel oleva inventari märgistamiseks kõige sobilikum.[13]

4.2 Riskid ja kitsaskohad

4.2.1 Olulisemad turvariskid

Üheks turvariskiks RFID märgiste puhul on kindlasti nende pahatahtlik või tahtmatu füüsiline vigastamine. Samas ka vahetusse ajamine ja eemaldamine. Viimsega tuleb arvestada eelkõige sagedamini varastatavate inventariartiklite puhul, milleks üldjuhul on tööriistad. Nii käitlemise käigus äratulemise kui ka märgise tahtliku eemaldamise vastu nende paigutamine eseme või objekti sisse. Hinnalisematel esemetel, millel puhul ei ole sissepoole peitmine võimalik, tuleks kasutada eemaldamisvastaste sensoritega märgist. See tähendab, et märgis on võimeline ära tundma, kui ta on esemelt eemaldatud, mispeale hakkab see lugejale kas vastavat signaali saatma. Vastavad märgised on ainult aktiivset tüüpi ning annavad eemaldamise signaali edasi ikkagi ainult RFID levialas olles.[10]

Lisaks märgise füüsilisele ohtusele peab olema kaitstud ka informatsioon sellel. Eriti juhul, kui märgis sisaldab peale identifitseerimiskoodi ka muud informatsiooni, mis ei tohiks sattuda

kolmandate osapoolte kätte. Üldjuhul on aga soovitatav kiibil hoida ainult koodi ning ülejäänud informatsiooni andmebaasides, sest identifitseerimiskood üksinda ei kujuta endast väga suurt turvariski, kui seda ei ole võimalik kokku viia vastava informatsiooniga andmebaasis. Muidugi on võimalik ka koodist mingil määral infot välja lugeda, kuid siiski ei ole nende admetega suurt midagi peale hakata. Olukordades, kus märgisele on vaja paigutada lisaks koodile ka muud delikaatset informatsiooni, tuleks kindlasti kasutada selliseid seadmeid, mis võimaldavad andmete krüpteerimist ning krüpteeritud ühendust. Seda nii lugeja ja süsteemi vahel kui ka märgise ja lugeja vahel. Viimane aitab ära hoida eelkõige raadiolainete püüdmise teel informatsiooni kättesaamise.[14]

RFID märgised peavad lisaks andmete loata lugemisele olema kaitstud ka nende loata muutmise eest. Selleks on kõige lihtsam kasutada RO (*read-only*) või WORM (*write once, read many*) mälu kiipe. Viimaste puhul on võimalik ettevõttel need algselt enda vajadustele vastavalt programmeerida, kuid hiljem neid enam muuta ei saa. Kui on vajadus kasutada RW (*read-write*) tüüpi mälu, mis tähendab, et kiibil olevat informatsiooni on võimalik mitmeid kordi muuta ja üle kirjutada, siis oleks vaja kasutusele võtta seadmete omavaheline autoriseerimine. Sellisel juhul saadab lugeja koos päringuga märgisele ka autoriseerimiskoodi ning info saadetakse tagasi ainult juhul, kui märgis lugeja ära tunneb. Suurema turvalisuse tagamiseks on võimalik kasutada seadmeid, mis suudavad tuvastada autoriseerimata ühendust luua üritavaid RFID seadmeid.[9]

Hoolimata eelpoolkirjeldatud turvameetmete kasutamisest on märgiste ja sellega seonduvalt ka märgist kandva inventariartikli jaoks kõige riskantsem RFID levialast väljas viibimine. See tähendab, et võimalikke pahatahtlikke- või valeksutusi ei ole võimalik kohe märgata. Selline olukord võib tekkida näiteks transpordi käigus või ka ladustamise ajal, kui territoorium ei ole RFID levialaga täielikult kaetud. Siinkohal on jällegi aktiivsel märgisel eelis. Nimelt suudavad osad märgised levialast väljas olles vajaliku informatsiooni mällu salvestada, mis siis esimesel võimalusel süsteemile edastatakse. Salvestatavaks informatsiooniks võib olla märgise muutmise ajalugu või siis näiteks spetsiaalmärgiste sensorite poolt kogutud informatsioon.[18]

Turvalisuse ning RFID süsteemi töökindluse seisukohalt on väga oluline ka seda jälgida, et märgiste koodid oleks erinevad. Selline olukord võib tekkida eelkõige standarditele mittevastava koodiformaadi kasutamisest. Igal juhul on mõistlik kasutada ka teatud kontrollmehhanime, mis

suudaks tuvastada ühesuguste identifitseerimistunnustega märgiseid. Sellel on oluline roll ka pahatahtlikul eesmärgil duplitseeritud märgiste avastamiseks. Selliseks duplitseerimiseks on aga kõigepealt vaja saada originaalmärgise kood, mille eelnevalt kirjeldatud meetmete rakendamine suhteliselt võimatuks teeb.[18]

4.2.2 RFID levi ning sagedusega seonduvad nüansid

Nagu peatükis „Sagedusala valik“ on autor maininud, siis sageduse valik on RFID tehnoloogia puhul kõige missioonikriitilisem. Tabelis „RFID tehnoloogias kasutatavad sagedused“ on välja toodud kõik üldlevinumad RFID töösagedused.

Tabel 2: RFID tehnoloogias kasutatavad sagedused

Sagedusala	Levinumad RFID tehnoloogia kasutatavad sagedused
Madalsagedusala (LW)	125 - 134.2 kHz
Kõrgsagedusala (HF)	13.56 MHz
Detsimeetersagedusala (UHF)	868 MHz 915 MHz
Mikrolainesagedusala (Microwave)	2.45 Ghz 4.45 Ghz 5.8 Ghz

Töösageduse valikul tuleb aga kindlasti jälgida seda, millised sagedused on asukohamaal lubatud. Tüüpilisematest RFID töösagedustest ei ole Eestis lubatud kasutada 915 MHz toimivaid seadmeid. See sagedus on hetkel kasutuseta ning on reserveeritud uute tehnoloogiate kasutamiseks tulevikus. Loodetavasti võetakse see sagedus just RFID seadmete jaoks kasutusele, kuna see annaks võimaluse Eestis kasutada ka USA turule mõeldud RFID seadmeid ning märgiseid. Kuna kõrgemad sagedused on RFID tehnoloogias kõige hiljem kasutusele võetud, siis just UHF ning mikrolainesageduste kasutamises on regiooniti kõige suuremad erinevused. Seda illustreerib ka tabel „Kasutatavad RFID sagedused eri riikides“. [17]

Tabel 3: Kasutatavad RFID sagedused eri riikides

Riik/Regioon	USA	Euroopa	Jaapan	Singapur	Hiina
LF (125–134 kHz)	+	+	+	+	+
HF (13.56 MHz)	+	+	+	+	+
UHF (915 MHz)	902-928 MHz	865–865.5 MHz 865.6–867.6 MHz 867.6–868 MHz	Ei ole lubatud. Välja töötamisel 950–956 MHz vahemiku kasutuselevõtt	923–925 MHz.	Ei ole lubatud. Välja töötamisel 840–843 MHz ja/või 917-925 MHz vahemiku kasutuselevõtt.
Microwave	2400–2483.5 MHz 5725–5850 MHz	2.45 GHz	2.45 GHz	2.45 GHz	2446–2454 MHz

[13]

Sageduse juures oluliseks nüansiks on selle võime või suutmatus eri materjalide läheduses korralikult toimida. Tänu sellele võivad seadmete tavapärasesse lugemisalasse tekkida leviaugud või siis väljaulatuvad levipiirkonnad. Sellisel võib piisata sellest, kui märgist ainult veidikene liigutada, et see lugejaga ühenduse leiaks. Kuna lugemiskindlus ja kogus sõltub vägagi ümbritsevast keskkonnas, siis tuleb arvestada sellega, et seadmete spetsifikatsioonis lubatud näitajad võivad tegelikkuses mõningal määral muutuda, ning lugemiskauguste puhul tuleks arvestada ~10% varuga.[13]

Kuigi RFID märgiseid on võimalik lugeda peaaegu läbi kõigi materjalide, siis eri sageduste puhul on ikkagi ka neid tingimusi, milles lugemine ei pruugi õnnestuda. Eri materjalide mõju kasutatavatele sagedustele on välja toodud tabelis „Materjalide mõju erinevates sagedusalades töötavatele seadmetele“. Nende teguritega tuleks kindlasti kasutatavast sagedusest ning kiibi asukohast lähtuvalt arvestada. Üheks suurimaks muretekitajaks on aga metall, olles väga tugevaks raadiosignaali häirete tekitajaks vähemal või rohkemal määral kõigi sageduste puhul. Seda eriti ehitusettevõtte puhul, kus suur hulk tööriistu, seadmeid, konstruktsioone või ehitusmaterjale on metallist või sisaldavad seda suurel hulgal. Üldiselt on suure metallisisaldusega keskkonda sobivam paigaldada aktiivmärgis, selle tugevama signaali tõttu. Vajadusel märgis otse metallile paigaldada

aitab signaali parandada ka märgise eraldamine metalli vastust mingi vahekihi abil. Alternatiivseks võimaluseks on ka spetsiaalselt metallilistele pindade ja keskkonna jaoks mõeldud märgised, mille antenn on ehitatud nii, et see võimaldab signaali püüda läbi metalli kasutades viimast nõ antennipikendusena. Kuigi selgi puhul võib esineda küllaltki olulisi häireid signaalis.[13]

Tabel 4: Materjalide mõju erinevates sagedusalades töötavatele seadmetele

	LF	HF	UHF	Microwave
Kuiv puit	+	+	+	+/-
Märg puit	+	+	+/-	+/-
Grafiit	+	+	-	-
Vedelikud	+	+	+/-	+/-
Metallid	+	+	-	-
Mootoriõli	+	+	+	+
Paber ja papp	+	+	+	+
Plastik	+	+	+	+
Vesi	+	+	+/-	+/-

+ materjal ei takista RFID seadmete tööd; +/- materjal häirib RFID seadmete tööd; - materjal takistab RFID toimimist.

[13]

4.3 RFID tehnoloogiale ülemineku planeerimine

Järgnev peatükk toob välja põhilisemad RFID kasutuselevõtuga seonduvad aspektid ning punktid, millele tuleks vastus leida enne esimeste sammude tegemist uue tehnoloogia rakendamisel. Kõige esimese sammuna oleks ettevõttel muidugi vaja kaardistada inventarihalduse nõrgad küljed ning kas RFID nendel puhkudel üldse rakendatav on. Seejärel tuleks välja selgitada tehnoloogilised aspektid konkreetsete olukordade jaoks. Ehk siis ära määrata, milliseid inventariartikleid on vaja märgistada ning millised on seejuures lugemistingimused. Selles lähtuvalt on võimalik kindlaks teha, millist tüüpi seadmeid ning märgiseid tuleks kasutada. Kindlasti on juba selle etapi juures mõistlik kasutada RFID alast professionaalset abi. Seda eriti aga siis, kui ettevõtte plaanib ulatuslikumalt minna üle RFID tehnoloogiale ning eelseisvate arenduste käigus on tõenäoliselt vaja muuta ka ettevõtte senist töökorraldust ning toimemehhanisme.[6]

Mida suurema ettevõtmisega RFID rakendamise näol tegemist on, seda olulisem roll on ettevalmistava etapi käigus tasuvusanalüüsil (*cost-benefit analysis*). Analüüs peab juba algfaasis üldiselt välja selgitama, kas ja mil määral RFID tehnoloogial on potentsiaali kaardistatud probleemide lahendamisel ning tasuvamaks muutmisel. Kuna analüüs ei suuda täiel määral vastata tegelikkusele, siis on väga oluline mitte panna analüüsi liiga positiivseid prognoose. Selle etapi käigus tuleks ära määrata ka meetodid, kuidas projekti edukust ning sellele pandud ootusi mõõta. Enne ulatuslikumat RFID tehnoloogiale üleminekut on mõistlik alustada RFID tehnoloogia rakendamist väiksemamahulise pilootprojektiga.[6]

Lisaks eelnevale tuleb ettevalmistava etapi käigus leida vastused järgmistele küsimustele:

- kas olemasolevat tarkvara ja infosüsteemi on võimalik muuta ning kui palju?
- kust on võimalik vajalikke RFID seadmeid tarnida?
- kui suurel määral on vaja muuta tööliste ja ettevõtte muu personali senist töökorraldust, ehk kui suur on personali kaasatus projekti?

5 LÄBIVIIDUD UURIMUSE ANALÜÜS

Bakalaureusetöö raames on autor läbi viinud uurimuse Eesti ehitusettevõtete seas selgitamaks välja kasutusel olevaid inventarihaldamise põhimeetodeid. Samuti püüdis autor uurimusega väljaselgitada kuivõrd teadlikud on ehitusettevõtjad RFID tehnoloogia kasutusvõimalustest ehitusettevõtte inventari haldamisel.

Uurimuses osales seitse eesti ehitusettevõtet: Merko Ehitus AS, Skanska EMV AS, Kontekt Int AS, Beteoneks AS, Rihti Projekt AS, VMT Ehitus AS ning Viimsi Keevitus AS. Uurimuses osalenud ettevõtetest ükski ei kasuta hetkel inventari haldamiseks RFID tehnoloogial põhinevat lahendust.

Uurimisaluste valikul lähtus autor põhimõttest, et valik kataks võimalikult palju erinevaid ehituse tegevusalasid ning ettevõtteid ei oleks oma olemuselt liiga sarnased. Valiku tegemisel kasutas autor Eesti Ehitusettevõtjate Liidu kodulehe andmeid, kust valis välja nii peatöövõtu, üldehituse, vahendusteenuste, ehitusjärelvalve, ehitusekspertiisi, tootmise, montaaži kui ka viimistlusega tegelevaid ettevõtteid.

Läbiviidud uurimusest nähtus, et peamised probleemid, millega ehitusettevõtte inventari halduses tuleb kokkupuutuda on just need, et inventar ei ole jälgitav. Seega esineb palju inventari kadumist ning vargusi. Üheks seda soodustavaks faktoriks võib aga läbiviidud küsitluse põhjal pidada asjaolud, et hetkel on ehitusettevõtetes kasutusel küllaltki palju ebaefektiivseid ja ajale jalgu jäänud meetodeid, mis ei võimalda piisavalt kiirelt ja täpselt inventari haldamist.

Seda, et erinevatel objektidel tööriistu kasutades kipuvad need ära kaduma, kinnitasid pea kõik bakalaureusetöö raames läbiviidud uurimuses osalenud ehitusettevõtete esindajatest. Ühe vastanu hinnangul on kõige sagedamini kaduvateks esemeteks just tööriistad. Inventari kadumine avastatakse peamiselt siis, kui üks meeskond on oma töö lõpetanud ning teine meeskond sooviks sama esemega tööd alustada. Sageli tuleb siis aga välja, et pole teada, kelle kasutuses üldse viimati vajaminev töövahend oli. Tööriistade olemasolu, paiknemise ning puudumise üle peetakse nende ettevõttes arvestust üks kord objekti lõpetamisel, kui renditud töövahendid tuleb selleks tagastada, suurem aastainventuur viiakse läbi üks kord aastas. Inventari üle järelvalve teostamiseks kantakse

kõik vajalikud andmed Exceli tabelisse, eraldi programmi kõnealusel ehitusettevõttes kasutusel ei ole.

Sarnaselt eelmisele vastajale olid samasugusel seisukohal ka kahe teise uurimuses osalenud ettevõtte esindajad. Üks esindaja märkis omalt poolt täienduseks vaid seda, et nende ettevõttes kaovad siiski peamiselt väikevahendid (just käsitööriistad). Nende ettevõttes viiakse kontroll esemete olemasolu üle läbi kord aastas toimuva aasta inventuuri näol. Andmed kajastuvad nendel spetsiaalses raamatupidamisprogrammis, kuhu on märgitud nii sisseostetud tööriistad kui ka materjalid. Selle alusel on hea arvet pidada, kas ja kui palju esemeid kadunud, varastatud on. Puuduseks on aga siinjuures see, et see meetod ei võimalda vahendeid reaalselt jälgida ning esemete puudumine avastatakse hilja. Teine esindaja märkis samuti, et nende ettevõttes kaovad enamasti siiski väiketööriistad nagu trellid, elektrisaed, ketaslõikurid jne. samuti kasutavad ka nemad sarnaselt eelmisele vastajale raamatupidamisprogrammi inventari jälgimiseks.

Seda, et väiksemate tööriistade asukohta on üpris raske tuvastada mainis ka kolmas uurimuses osalenud ettevõtte juht. Esemete üle arvestusepidamiseks kasutab nimetatud ettevõtte nii paber kandja kui ka Exceli tabeli moodust. Põhjalikuks kontrolliks viiakse igaaastaliselt läbi inventuur, mille käigus tehakse ülevaade olemasolevast inventarist.

Siiski erines eeltoodud vastanute arvamusest kahe ettevõtte esindaja seisukoht. Üks vastanutest märkis, et nende firmas, ei ole seni taolise probleemiga nagu seda on inventari kadumine eriti probleeme olnud. Nimelt on neil tööriistad loendatud nii paber kandjal kui ka kantud arvuti faili. Samas on oluline siinkohal märkida, et nende ettevõttes võib pidada ka veidi iseäralikuks just seda momenti arvestades, et tööriistu ei laostata vaid soetatakse vastavalt vajadusele. Seega üleliigseid vahendeid on nende ettevõttes väga vähe kui üldse. Nii on ka kõikide esemete kasutuala pea alati teada. Ühe teise ettevõtte esindaja hindas samuti kõiki ettevõttes kasutatavaid seadmeid jälgitavateks. Nimelt peetakse nende asutuses iganädalaselt arvestust selle üle, kus mingi ese konkreetselt paikneb, samuti selle kohta, millised esemed on kadunud. Esemete üle arvestuse pidamiseks kantakse vastavaid andmeid nii paber kandjale kui ka selleks eraldi ettenähtud faili arvutis.

Kui valdavalt toodi uurimuses välja, et just väiketööriistu ja vahendeid kaob sagedamini, siis üks vastanu lisas omalt poolt veel asjaolu, et nende ettevõttes kaob peamiselt väikedetaile nagu kruvid, traadid jne. detailide üle täpseks arvestuseks kasutatakse vastavat tabelit arvutis ning järelvalvet teostab töövahendite eest vastutav isik.

Eeltoodule tuginedes võib öelda, et uurimuses osalenud ehitusettevõtted, millest mitte ükski ei kasuta RFID tehnoloogiat inventari haldamisel, kasutavad autori hinnangul ebaefektiivseid meetodeid nagu informatsiooni kandmine nii paber kandjale kui arvutifaili. Autor on seisukohal, et see tähendab ettevõtte jaoks topelttöö tegemist ning täiendavaid lisakulutusi. Kasutades RFID tehnoloogiat hoiaks ettevõtte kokku juba selle arvelt, et ei peaks maksma isikule/isikutele, kes teostaksid spetsiaalselt inventuuri.

Samuti ilmnes uuringust, et töövahendid ei ole praktikas jälgitavad ning nende asukohta on sageli raske kui mitte võimatu tuvastada. Üheks esemete kadumist soodustavaks faktoriks võibki siinkohal välja tuua inventuuride mitte just sagedase läbiviimise. Kasutades aga RFID tehnoloogial põhinevat lahendust oleks olukord hoopis teine- inventar oleks jälgitav kogu aeg.

Lisaks inventari kadumisele esineb ehitusettevõttes ka suurel määral inventari vargusi. Bakalaureusetöö raames läbiviidud uurimuses osalenud vastustest nähtub, et vargused põhjustavad erinevates ehitusettevõtetes erinevat kahju. Kui kaks uurimuses osalenud vastanut ei osanudki aastas ligikaudset inventari vargusega tekitatud kahju välja tuua, siis ülejäänud vastajad hindasid vargusega tekitatud kahjusid mõnekümnest tuhandest kroonist kuni paarisaja kroonini.

Ühe konkreetse vastanu sõnul varastatakse nende ettevõttest peamiselt pinnasetihendajaid, elektrigeneraatoreid, ehitusmaterjale jne aastas umbes 100 000 krooni ringis. Vastaja hinnangul aitaks vargusi vähendada, kui tõhustada enam tööriistade jälgimist ning vastutuse kandumist tööriista kasutajale. Samas lisas vastanu, et olukorra teeb ka raskeks asjaolu, et erinevate meeskondade vahel infoliikumine on suhteliselt aeglane. Seega võib selguda alles tükk maad hiljem, et mõni esemetest on varastatud või muidu kadunud.

Üks teine uurimuses osalenud ettevõtte esindaja märkis, et nende ettevõttes on väga sagedased

juhud, kus murtakse sisse tööriistade hoiukohtadesse. Enamasti varastatakse sellistel puhkudel väikesi elektrilisi käsitööriistu. Sellega põhjustatakse ettevõttele kahju umbes 120 000 krooni aastas. Vastaja hinnangul parandaks olukorda see, kui konteineritele paigaldatakse elektrooniline valve, sest inimvalvest nagu praktikas näha üksi ei piisa.

Seda, et varguse objektiks langevad peamiselt väikesed tööriistad mainis ka kolmas uuringus osalenud ettevõtte esindaja. Tema hinnangul kannatab ettevõtte sellega seoses varalist kahju aastas kuni 50 000 krooni. Sellele lisandub veel ehitusmaterjalide varguste kulu, mis ulatub kuni 100 000 kroonini.

Eeltoodule tuginedes võib ütelda, et vargustega tekitatud kahjud on ettevõtete jaoks siiani murettekitavalt suured. Võib ütelda, et ükski uurimises osalenud vastanutest ei jäänud rahule praeguse inventari haldamisel ning kõik leidsid valve esemete ja seadmete üle võiks olla tõhusam. Autori hinnangul aitaks olukorda parandada RFID tehnoloogia kasutusele võtte ettevõtte inventari haldamisel.

Olenemata asjaolust, et ettevõtjad pidasid kadumistest ning vargustest tekkinud kahjusid suurteks ei olnud keegi vastanutest võtnud ette konkreetseid samme selle vähendamiseks. RFID tehnoloogia kasutusvõimalustest oli kuulnud vaid üks ettevõtte.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö „RFID tehnoloogia kasutamine ehitusettevõtte inventari halduses“ uurimisprobleemiks oli asjaolu, et praegusel ajal ehitusettevõtetes kasutatavad meetodid ning tehnoloogiad ei võimalda piisavalt kiiret ning täpset inventarihaldust, mistõttu esineb palju üleliigset aja- ja ressursikulu ning inventari kadumist ja varguseid. Sellest johtuvalt seadis autor töö eesmärgiks välja selgitada RFID tehnoloogia kasutusvõimalused ehitusettevõtte inventari haldamisel ning seeläbi ka eesmärgi jõuda teadmiseni, kuidas RFID tehnoloogia abil oleks võimalik antud probleemile lahendust leida.

Probleemile käsitlemisele on autor lähenenud mitme erineva nurga alt, minnes teemaarendusega sel moel töö eesmärgile järk-järgult lähemale. Sellest tulenevalt on töö ka jagatud viieks suuremaks osaks, millest esimene „RFID tehniline taust“ on töö aluseks oleva RFID tehnoloogia ülevaade. Selles on autor pidanud olukiseks enne teemasse süviti minemist lühidalt välja tuua RFID tehnoloogia põhiolemuse ning üldised teadmised tehnoloogiast töö paremaks mõistmiseks.

Teine osa „RFID lahendused ehitusettevõtte inventari halduses“ selgitab välja RFID potentsiaalsed kasutusvõimalused ehitusettevõtte inventari haldamisel. Selle osa kokkuvõtteks peab autor oluliseks mainida, et RFID rakendamine ehitusettevõtte inventari halduses ei piirne pelgalt laohalduse korraldamisega, vaid pakub veel mitmel moel kasulikke rakendamise võimalusi.

Kolmas osa „RFID võrdlus inventarihalduseks kasutatava triipkoodisüsteemiga“ vastandab omavahel RFID- ning triipkooditehnoloogia nii tehnilise poole pealt kui ka ehitusettevõtte kasumlikkuse seisukohalt lähtudes. Kolmanda peatüki teemaarendusest selgus, et RFID-l on küll mõned puudused triipkoodiga võrreldes, kuid kasutuse ning omaduste poole pealt on RFID ehitusettevõtte inventarihalduseks tunduvalt sobivam.

Neljandas osas „RFID tehnoloogiale ülemineku olulisemad nüansid“ peab autor oluliseks välja tuua RFID tehnoloogia kasutuselevõtuga seonduvad tähelepanekud. Selleks on ta käsitlenud kõige üldisemaid ning tähtsamaid nüansse RFID seadmete valimise juures. Kokkuvõtvalt jäävad seejuures kajama märksõnad väljaarenemata standardid ja töösagedus kui RFID seadmete valiku olulisim

määraja.

Viies peatükk „Läbiviidud uurimuse analüüs“ tõi põhjalikumalt välja ehitusettevõtete reaalse olukorra ning võimaldas näha, millistes inventari haldamisega seonduvates aspektides on realselt puudujääke ning millistes oleks kindlasti vaja paremaid meetodeid rakendada. Kokkuvõtvalt võib ütelda, et kõige otsesemalt on nõrkadeks kohtadeks inventari jälgimine objektidel, sh ka kadumised ja vargused. Puudujääke on ka laohalduse meetodites, mis küll otsesest kahju ettevõttele ei too, aga pikemas perspektiivis pärsivad oluliselt töövoolavust ning -efektiivsust.

Töö kokkuvõtteks võib ütelda, et käesolev bakalaureusetöö täidab seatud eesmärged, kuna teemakäsitluse käigus veendus autor selles, et RFID õige ja läbimõeldud kasutus ehitusettevõtte inventari halduses suudaks parandada protsesside efektiivsust ning tagada parem ülevaade ettevõtte varast kui senised meetodid. Siiski selgusid ka mõned asjaolud, mis küll ei kahanda RFID kui tehnoloogia võimalusterohkust, vaid on pigem selle arenguga kaasaskäivad mõjud.

SUMMARY

Herein bachelor's thesis "Using RFID technology in inventory management of construction company" is handled a technology which is based on radio frequency identification. Main question is raised how to effectuate the technology in inventory management in the area of Estonian construction companies to bring along a effectivity and reduction in costs. This in question theme is presently actual because at present companys are using a method which is behind of times.

This writing comprise the RFID technology which offers wireless communication between RFID tags and readers with non line-of-sight readability. These fundamental properties eliminate manual data entry and introduce the potential for automated processes to increase project productivity, construction safety, and project costefficiency. Construction contractors, owners, and material suppliers should feel obligated to participate in RFID studies for the advancement of the construction industry as a whole.

The work is contained of five chapters. In the first chapter "Background of RFID" the meaning of RFID is opened through the therminology. Author emphasize that before analysing rased up problemes in RFID branch it is really necessary to get across with main fundamental ideas and conceptions.

In the second chapter "RFID solutions in inventory management of construction company" author has brought out concrete potential opportunities how to use RFID solutions in inventory management. In conclusion the main point is, that using a RFID technology in inventory management doesn't border only with store managing but it offers even more opportunities like personal watching system. Also this solution is used in dealing with transport and altogether arranging logistics.

The third chapter "Comparing RFID solutions to bar code" deals with an analyze in which are brought out positive and negative sides of these two technology. Author emphasize that despite of some negative sides using RFID technology in inventory management of construction company it is

more useful and also idoneous than bar code. The bigger drawback of using a bar code system is that this technology is not able to read tags from the distance.

In fourth chapter “Risks and bottlenecks of changing over the existing method to RFID technology” author accentuate the nuances that may come forward when planning a changeover to RFID technology. Author has brought forth main risks and also compared these bottlenecks to efficiency. Most bigger issues encompass mainly undeveloped standards and also frequency.

In fifth chapter “Analyse of conducted inquiry” author has brought out the results of conducted inquiry. In this inquiry took part in seven Estonian construction companies: Merko Ehitus AS, Skanska EMV AS, Kontekt Int AS, Beteoneks AS, Rihti Projekt AS, VMT Ehitus AS and Viimsi Keevitus AS. In this chapter author has compared given responses and assessed them. Main problem which came out is that companies using present methodologies are not able to fight effectively with burglary and lost of things. In authors opinion RFID technology would improve arisen situation in construction companies.

In conclusion author emphasize that RFID can increase the service and performance of the construction industry with applications in materials management, tracking of tools and equipment, automated equipment control, jobsite security, maintenance and service, document control, failureprevention, quality control, field operations, and construction safety. Contractors need to understand and take immediate advantage of the timesavings, low labor costs associated with new technologies, and lower rework costs that RFID systems ensure. Despite of itemized drawbacks RFID interest is at its highestpoint ever and it is continuing to grow. RFID technology would enable work to be done at lower labor costs than presently being used. Today the construction industry as a whole must determine where RFID is applicable so that together they can overcome current limitations and provide improved RFID systems in the field of construction. Through further development and research, the testing of RFID in construction will make contractors and owners more familiar with their applications, opening the window of opportunity to a limitless potential of RFID applications in the construction sector.

LISAD

Küsitlus Eesti ehitusettevõtetele

- 1) Millist vahendit (tarkvara, programm, paberkandjad vms) kasutate hetkel enda tööriistade ja/või ehitusmaterjalide haldamiseks?
- 2) Kuidas saate ülevaate ehitusobjektidel kasutatavatest tööriistadest ja ehitusmaterjalidest? Kui tihti toimub loendus või kontroll? Kuhu sisestatakse loendusandmed - andmebaas, paberkandja, fail?
- 3) Milliseid esemeid-asju on eriti tülikas ja keeruline hallata või jälgida? (Näiteks põhjus, et mõned seadmed liiguvad pidevalt erinevate objektide vahel või on pidevas liikumises vms)
- 4) Kui suurt kahju aastas kannatab Teie ettevõtte tööriistade/seadmete kadumisest või vargustest? Millist tüüpi seadmeid "kaob" rahalises väärtuses kõige rohkem?
- 5) Kui suures väärtuses ehitusmaterjale aastas kaob või varastatakse?
- 6) Kas Teie ettevõtte inventarihaldus(tööriistad, seadmed, ehitusmaterjalid) võiks olla tõhusam? Kui jah, siis mida oleks vaja parandada?
- 7) Kas Te teate, mis asi on RFID tehnoloogia?

ALLIKAD

- [1] A Review of Smart Chip Implementation and Pilot Project at University of Kentucky (2003). <http://www.engr.uky.edu/~pgoodrum/smartchips/files/Smart Chips Implementation and Assessment of Test Bed.pdf> (29.04.2007)
- [2] A Review of Existing Smart Chip Technologies for the Electrical Contracting Industry (2003). <http://www.engr.uky.edu/~pgoodrum/smartchips/files/Smart Chips Literature Review and Evaluation.pdf> (29.04.2007)
- [3] Barcodebook (2006). Radio Tool Hawk. http://www.barcodebook.com/html/rfid_tool_tracking.html (29.04.2007)
- [4] CLM Logistics Comment (2004). RFID - Supply Chain Savior or Totalitarian Tracking Tool? <http://www.reveregroup.com/articles/TechKnowledgeRFID.pdf> (29.04.2007)
- [5] InformationWeek (2005). RFID Helps Stop Power Tools From 'Walking Off' Job Sites. <http://www.informationweek.com/story/showArticle.jhtml?articleID=164302475> (29.04.2007)
- [6] Klaus Finkenzeller. (2003). RFID Handbook: Fundamental Operating Principles. http://www.rfid-handbook.de/downloads/E2E_chapter03-rfid-handbook.pdf (29.04.2007)
- [7] Lowry Computer Products. (2003). RFID Webinar: Keeping Pace With RFID. <http://www.lowrycomputer.com/webinars/files/RFID.pdf> (29.04.2007)
- [8] RFID Asia. (2003). RFID Technology. http://www.rfidasia.com/htmdocs/rfid_tech/basic.htm (29.04.2007)
- [9] Sandip Lahiri (2003). RFID: A Technology Overview. <http://www.ibmpressbooks.com/articles/article.asp?p=413662&seqNum=2&rl=1> (29.04.2007)
- [10] The Use Smart Chip Technology in the Electrical Contracting Industry (2004). <http://www.engr.uky.edu/~pgoodrum/smartchips/files/Revised Smart Chips Report.pdf> (29.04.2007)
- [11] Technology Innovation Centre. Automatic Identification And Data Capture (AIDC). <http://www.tic.ac.uk/technologies/technology.asp?method=tech&techID=60> (29.04.2007)

- [12]IDTechEx (2005). RFID Explained. <http://www.idtechex.com/pdfs/en/Y9268U8423.pdf>
(29.04.2007)
- [13]Wireless (2005). RFID Sourcebook.
http://wireless.itworld.com/4985/051004_book_rfidsourcebook/page_1.html
(29.04.2007)
- [14]The Aim Global Network (2003). Construction Industry Hopes to Build on RFID.
<http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/resources/articles/oct03/fiatech.htm>
(29.04.2007)
- [15]Matt Ward, Rob van Kranenburg (2006). RFID: Frequency, standards, adoption and innovation. http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/TSW0602.pdf (29.04.2007)
- [16]IDTechEx (2004). The Importance of RFID Standards.
<http://www.idtechex.com/products/en/articles/00000029.asp> (29.04.2007)
- [17]Elektroonline Riigi Teataja (2007). Raadiosagedusala 29,7 MHz - 3600 MHz.
<https://www.riigiteataja.ee/ert/get-attachment.jsp?id=12802777> (29.04.2007)
- [18]Metro Group (2005). RFID – A Driving Force for Innovation. http://www.future-store.org/servlet/PB/show/1004598/off-Presses-Pressemat-IBMStudy_Motor-f-Innov-engl_05-06-06.pdf (29.04.2007)
- [19]Symbol Technologies, Inc (2007). RD5000. <http://www.symbol.com/rd5000> (29.04.2007)
- [20]GAO RFID Inc (2007). GAO-G2HE.
http://www.gaorfid.com/index.php?main_page=product_info&cPath=136&products_id=616
(29.04.2007)
- [21]GAO RFID Inc (2007). GAO915RB.
http://www.gaorfid.com/index.php?main_page=product_info&cPath=136&products_id=620
(29.04.2007)
- [22]GAO RFID Inc (2007). GAO 5700.
http://www.gaorfid.com/index.php?main_page=product_info&cPath=89&products_id=596
(29.04.2007)
- [23]A BlueBean Company (2007). BlueBean's SecureAccess Yard Access Solution Kit.
<http://www.rfidsupplychain.com/Detail.bok?no=139> (29.04.2007)

- [24] Aberdeen Group (2004). RFID-Enabled Logistics Asset Management.
http://www.aberdeen.com/summary/report/other/rfid_lam.asp (29.04.2007)
- [25] The RFID HandBook (2004). RFID vs BAR CODE.
<http://rfidhandbook.blogspot.com/2004/11/rfid-vs-bar-code.html> (29.04.2007)
- [26] Maximum Data. A Short Introduction to Barcodes.
<http://www.maximumdata.com/support/knowledgebase/barcode.htm> (29.04.2007)
- [27] RFID Gazette (2005). RTLS. <http://www.rfidgazette.org/2005/10/rtls.html> (29.04.2007)
- [28] Smartfid – Kalev Kaarna (2007). Näiteid RFID rakendustest: Võimalused ja eelised.
http://www.smartfid.com/ftp/RFID_080207_ppt4.PDF (29.04.2007)