

# Yliopistosairaalan vuode- osastojen lääkejakoprosessin automatisaation budjettivaikutusanalyysi

## → Kaisu Lappalainen

Proviisoripiskelija  
Itä-Suomen yliopisto  
FM (biokemia), osastofarmaseutti  
Oulun yliopistollinen sairaala  
kaisu.lappalainen@ppshp.fi

## → Katja Knuuti

Proviisori  
Oulun yliopistollinen sairaala  
katja.knuuti@ppshp.fi

## → Miia Turpeinen

Professori, arviointiyliääkäri  
Oulun yliopistollinen sairaala ja  
Oulun yliopisto  
miia.turpeinen@ppshp.fi

## → Sirpa Ämmälä

Proviisori, apteekkari  
Oulun yliopistollinen sairaala  
sirpa.ammala@ppshp.fi

## → Janne Martikainen\*

Professori  
Farmasian laitos  
Itä-Suomen Yliopisto  
janne.martikainen@uef.fi

\*Kirjeenvaihto

## TIIVISTELMÄ

**Johdanto:** Terveystalouden päätöksenteossa tarvitaan entistä enemmän ennakoitietoa investointien talousvaikutuksista. Budjettivaikutusanalyysi (budget impact analysis, BIA) on yksi arviointimenetelmä, jolla voidaan tuottaa ennakoitietoa päättäjille. Tutkimuksen tavoitteena oli ennakoida lääkejakoprosessin automatisoinnin budjettivaikutuksia Oulun yliopistollisessa sairaalassa (OYS).

**Aineisto ja menetelmät:** BIA:ta varten tehdyssä laskentamallissa vertailuskenaarioina olivat nykyinen ja lääkeautomaatiojärjestelmän (automated medication system, AMS) sisältävä lääkejakoprosessi. Arvioinnissa huomioitiin palkkakustannukset, tarvittavat investoinnit sekä tila- että yleiskustannukset. Kustannukset arvioitiin vuoden 2016 arvossa ja toimintatietojen perusteella. Herkkyysanalyysien avulla arvioitiin keskeisten kustannusajureiden muutosten 10 vuoden kumulatiivisia kustannusvaikutuksia. Lisäksi testattiin myös vuodeosastomäärän kasvattamisen vaikutusta tuloksiin.

**Tulokset:** AMS:n odotettu takaisinmaksuaika on perusanalyysin perusteella noin kolme vuotta, mutta merkittäviä säästöjä saavutetaan vasta kahdeksan vuoden jälkeen. Herkkyysanalyysien tulosten perusteella AMS-skenaariossa keskeisimpiä kustannusajureita ovat palkka-, ylläpito- ja pakkauskustannukset, joista viimeimmällä on merkittävä vaikutus odotettuihin kustannuseroihin. Vuodeosastovolyymien kasvaessa AMS:n voidaan odottaa olevan resurssija vapauttava toimintatapa.

**Johtopäätökset:** Arviointimallin perusteella AMS:n käyttöönotto tuottaa potentiaalisia säästöjä alle kymmenen vuoden aikajänteellä OYS:n toimintaympäristössä.

**Avainsanat:** lääkeautomaatiojärjestelmä, budjettivaikutusanalyysi, kustannussäästö, terveystaloustiede

## JOHDANTO

Sairaaloiden lääkehoitoprosessissa esimerkiksi lääkelistojen päivitys, lääkkeiden jako ja jaettujen annosten kaksoistarkastaminen tapahtuvat Suomessa vielä pääasiassa manuaalisesti. Lääkehoitoprosessiin liittyvät lääkehoitopoiikkeamat ovat merkittävä riski (Bates ym. 1995, Kanjanarat ym. 2003, de Vries ym. 2008, Aljadhey ym. 2013). Lääkehoitoprosessin eri vaiheiden automatisoinnilla on osoitettu olevan vaikutusta lääkehoitopoiikkeamien vähentymiseen. Tutkimuskirjallisuutta löytyy muun muassa sähköisten lääkemääräysten (Radley ym. 2013, Vermeulen ym. 2014), viivakoodiavusteisen lääkkeenjako-prosessien (Bonkowski ym. 2013) ja edellä mainittujen yhdistelmän (Poon ym. 2010, Truitt ym. 2016) sekä erilaisten lääkeautomaatiojärjestelmien osalta (Chapuis ym. 2010, Risør ym. 2016). Sairaala-apteekkiin keskitetyn lääkeautomaatiojärjestelmän (automated medication system, AMS) on myös todettu vähentävän merkittävästi poiikkeamia lääkehoitoprosessissa (Risør ym. 2016). Keskitetyssä sairaala-apteekin AMS:ssä on yhdistettyä sähköinen lääkemääräys, keskitetysti jaetut potilaskohtaiset unit dose -pakkaukset sekä viivakoodiavusteinen potilas- ja lääkeannostunnistaminen.

Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) sairaala-apteekissa on selvitetty lääkeautomatisaation vaikutuksia lääkehoitoprosessiin osana Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin meneillään olevaa Tulevaisuuden sairaala 2030 -hanketta (Tulevaisuuden sairaala OYS 2030). Tavoitteena on rakentaa älykäs ja mahdollisimman pitkälle muun palvelujärjestelmän kanssa integroitu kokonaisuus hyödyntäen terveysalan viimeisintä teknologiaa. Lääkehoidon kehittämisen viitekehysenä toimii katkeamattoman lääkehoitoprosessin malli (closed loop medication administration), jossa periaatteena on tiedon säilyttäminen muuttumattomana koko lääkehoitoprosessin ajan aina lääkkeen määräämisestä lääkkeen antamiseen potilaalle. AMS:n avulla lääkkeet jaetaan keskitetysti sairaala-apteekissa potilaskohtaisiin unit dose -pakkauksiin, joissa ne toimitetaan automatisoidusti vuodeosastojen käyttöön.

Terveydenhuollon rahoitus- ja kustannuspaineiden kasvaessa on entistä tärkeämpää, että uusien teknologioiden käyttöönoton budjettivaikutuksia ja kustannusvaikuttavuutta arvioidaan ennen niiden toteuttamista (Lettieri ja Masella 2009, Sullivan ym. 2014). Budjettivaikutusanalyysin (Budget Impact Analysis, BIA) tavoitteena on arvioida, millaisia taloudellisia vaikutuksia uuden terveydenhuollon menetelmän toteuttamisella on verrattuna nykyiseen

toimintatapaan (Sullivan ym. 2014). BIA:ta on käytetty aikaisemmin Suomessa esimerkiksi arvioitaessa uuden syöpälääkkeen käyttöönoton aiheuttamia nettokustannuksia (huomioiden lisääntyneet lääkekustannukset ja toisaalta parempien hoitotuloksien kautta vähentyvät toimenpide- ja vuodeosastohoidon kustannukset) yksittäisen sairaanhoitopiirin alueella (Purmonen ym. 2010). Tässä artikkelissa kuvattavan BIA:n tavoitteena oli arvioida AMS:n käyttöönoton nettokustannusvaikutuksia OYS:n kantasairaalan (päivittäistä lääkejako toteuttavien) vuodeosastojen osalta.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

### Arvioitava lääkeautomaatiojärjestelmä ja sen käyttöympäristö

Arviointi toteutettiin maksajan eli yliopistosairaalan näkökulmasta. Arvioinnissa tarkasteltiin AMS:n (Taulukko 1) käyttöönoton vaikutuksia kohdeorganisaation somaattisilla aikuisvuodeosastoilla, joissa tapahtuu säännöllistä lääkkeenjako sekä lääkkeen antamista potilaille päivittäin (yhteensä 21 vuodeosastoa). Tässä arvioinnissa per os lääkkeillä tarkoitetaan kapsseleita ja tabletteja. Tarkemmat rajaukset mukaan otetuista lääkemuodoista on kuvattu Taulukossa 2.

### Vertailuasetelma

Kuvassa 1. on pääpiirteittäin esitetty nykyinen ja uuden AMS:n sisältävä lääkehoitoprosessikaavio. Nykyisessä lääkejako-prosessissa apteekki toimii arkisin (ma - pe) 8 tuntia päivässä. AMS-skenaariossa tämän toimintamallin oletettiin pysyvän ennallaan (viikonlopun ajan lääkkeet oletettiin jaettavan aina perjantaisin). Lisäksi oletettiin, että sekä nykyisessä lääkejako-prosessissa että AMS-skenaariossa lääkkeet jaetaan pääsääntöisesti aina vuorokaudeksi kerralla. AMS:n käyttöönoton arvioitiin vaikuttavan lääkejako-prosessissa muun muassa lääkkeiden tilaamiseen, jakamiseen ja kaksoistarkastamiseen vuodeosastolla, sairaala-apteekin prosessiin lääkkeiden toimitusvaiheessa ja lääkkeiden varastoinnissa.

### Laskentamallin kuvaus

BIA:ta varten luotiin laskentamalli, jossa otettiin huomioon nykyisen lääkejako-prosessin ja AMS-skenaarioiden henkilöstöresurssimäärät, palkkakustannukset, AMS:n hankkimiseen liittyvät investoinnit, uuden sairaala-apteekin rakentamiseen liittyvät investointikustannukset AMS:n osalta sekä tila- ja yleiskustannukset AMS-laitteen vaatiman tilan osalta (laitteen fyysisesti vaatima tila ja ympärillä oleva työskentely-

## Taulukko 1. Arvioitavan lääkeautomaatiojärjestelmän yleiskuvaus

### Lääkeautomaatiojärjestelmä (AMS, automated medication system)

- AMS:n käyttö
  - teknisen henkilöstön suorittama järjestelmän käyttö ja ylläpito
- Farmaseuttinen lääkemääräysten varmentaminen ennen tilauksen hyväksymistä jaettavaksi annosjakelulaitteella
- Lääkkeet jaetaan potilaskohtaisesti unit dose -pakkauksiin.
  - Jako tapahtuu tässä kuvitteellisessa mallissa 24 tunniksi kerrallaan. Huomioon otetaan vain valmisteet, jotka voidaan jakaa nykymallin mukaisesti lääkekuppeihin vuodeosastoilla.
  - Annosjakelulaite sijaitsee sairaala-apteekissa
    - Jaettavat lääkkeet on valmiiksi pakattu varastoyksikköön unit dose -pakkauksissa, tabletit jaetaan unit-dose -pusseihin, joissa on vain yhtä lääketta yhdessä pussissa, blisteripakkaukset pystytään myös leikkaamaan ja jakamaan annosjakelulaitteella unit dose -blistereiksi. Jatkossa käytetään termiä unit dose -pakkaus puhuttaessa näistä molemmista pakkausmuodoista.
    - Unit dose -pakkaukseen voi laittaa tunnistetietoja muun muassa: lääkevalmisteen kaupanimen, vaikuttavan aineen, eränumeron, vanhenemispäivän. Yksilöllinen viivakoodi mahdollistaa unit dose -pakkauksen jäljittämisen pakkaamisesta potilaalle antamiseen saakka.
  - Annosjakelulaite pakkaa unit dose -pakkaukset potilaskohtaisiksi annoksiksi, jotka on mahdollista toimittaa suoraan putkipostilla vuodeosastoille. Potilaskohtainen annos on merkitty potilaan tunnistetiedoilla sekä lääkkeiden tunnistetiedoilla ja viivakoodeilla. Unit dose -pakkauksia voidaan hyödyntää myös tarvittaessa käytettävien lääkkeiden jakelussa.
- Lääkkeiden antaminen potilaalle vuodeosastolla
  - Vuodeosastoilla potilaat tunnistetaan viivakoodin avulla rannekkeesta ja myös unit dose -pakkauksen viivakoodit skannataan ennen lääkkeiden antamista potilaalle.

tila). AMS:n vaatimat tilat sairaala-apteekissa oletettiin rakennettavaksi kokonaisuudessaan lähtötilannevuoden aikana. Tyypillisesti hankintojen takaisinmaksuaika on ollut viidestä kymmeneen vuotta, joten AMS:n sekä sen vaatiman tilan investointilainan (kiinteäkorkoinen) odotetuksi takaisinmaksuajaksi oletettiin kahdeksan vuotta ja tietojärjestelmien rajapintojen kehittämiskustannusten takaisinmaksuaika arvioitiin lyhyemmäksi eli kolmeksi vuodeksi. Arvioinnin lähtötilannevuodeksi määritettiin 2016, jonka perusteella arvioitiin kustannukset ja niihin liittyvät odotetut indeksikorotukset. Mallin syötetiedot on kuvattu Taulukossa 2. Tietolähteinä käytettiin OYS:n omia tietokantoja ja asiantuntijoita, AMS-toimittajalle tehdyn kyselyn vastauksia ja julkisesti saatavilla olevia luotettavia tilastoja sekä tietokantoja.

Kustannuksia arvioitiin 10 vuoden aikajänteellä, jotta voitiin paremmin arvioida AMS- ja tilainves-

tointilainojen ja rajapintojen kehityskustannusten vaikutuksia suhteessa nykyskenaarioon. Nykyisen lääkejako-prosessin osalta huomioitiin palkkakustannukset vuodeosastoilla (osastofarmaseutti/sairaanhoitaja) ja apteekissa (farmaseutti ja lääketyöntekijät). Arvioinnin yksinkertaistamiseksi nimikesuojattujen terveydenhuollon ammattihenkilöiden (lähi- ja perushoitajat) palkkakustannuksia ei huomioitu, vaikka hekin voivat olla mukana arvioitavassa prosessissa. Palkkamenoissa arvioitiin niiden oletettu kehittyminen Julkisten menojen hintaindeksin (terveydenhuolto) mukaan (Taulukko 2). Vuodeosastojen osastokohtaiset lääkehävikkikulut (huomioitu vain kapselit ja tabletit, muodot eritelty Taulukossa 2) huomioitiin laskelmissa, mutta yksinkertaisuuden vuoksi niiden oletettiin pysyvän samoina vuodesta toiseen (vuositasolla n. 35 000 euroa vuodessa). Nykyisessä lääkejako-prosessissa ei huomioitu lääkekup-

**Taulukko 2. Laskentamallin syötteet 21 vuodeosaston mallissa perusteluineen**

	Tietolähde	Perustelut	Käytetyt luvut
Vuodeosastojen määrä kantasairaalaissa	osastofarmaseutit (n=18 ) ja proviisori (n=1)	Tarkastelu kohdistui vain OYS:n kantasairaalan aikuisvuodeosastoille, joissa oli säännöllistä per os lääkkeiden jakoa joka päivä (psykiatrian vuodeosastot eivät olleet mukana vertailussa)	21 vuodeosastoa (Mikäli vuodeosastolla oli a/b-puoli, ne laskettiin erillisiksi osastoiksi, koska lääkkeet jaetaan niille erikseen. Osaston paikkalukuna käytettiin 20 potilaspaikkaa.)
Keskimääräinen tuntipalkka työnantajajäsenille	www.kt.fi/tilastot- ja-julkaisut/palkka-tilastot (haettu internetistä 14.11.2017)	Käytettiin Tilastokeskuksen kunnista ja kuntayhtymistä kerättyjä palkkatietoja (10/2016). Tuloksista rajattiin pois palkkatiedot, jotka eivät kuuluneet erikoissairaanhoidon vuodeosastoilla työskenteleville ammattiryhmille. Osastotyössä huomioitiin vain osastofarmaseutin ja sairaanhoitajien palkat. Lähihoitajat osallistuivat niin harvoilla osastoilla lääkehoitoprosessiin osastofarmaseuteille tehdyn kyselyn perustella, ettei heitä huomioitu. Käytetyt hakusanat: sairaanhoitaja, lähihoitaja, perushoitaja, farmaseutti, osastofarmaseutti, lääketyöntekijä	Tehtäväkohtaisista palkoista laskettiin keskiarvopalkat kullekin ammattiryhmälle. Niistä laskettiin keskimääräinen tuntipalkka kullekin ammattiryhmälle (Vuoden 2016 tason työnantajajäsenkulu (28,74 %) lisättiin mukaan). - Apteekin farmaseutti: 25,33€/h - Osastofarmaseutti:23,26 €/h - Lääketyöntekijä:17,92 €/h - Sairaanhoitaja: 24,09€/h  21 vuodeosaston nykytilanteen palkkakulut: vuodeosastoilla (SH+ OF): 683 464 €/vuosi, apteekilla (FA+LT): 330 788 €/vuosi 21 vuodeosaston AMS-skenaariot palkkakulut: vuodeosastoilla (SH+ OF): 195 025 €/vuosi, apteekilla (FA+LT): 149 876 €/vuosi
Työvuoro, aamu- vuoro 8 h	OYS asiantuntija (n=2)	Aamuvuoron oletettiin olevan 8 tunnin mittainen, joka on normaali työpäivän mitta nykyisessä lääkejakoprosessissa. Työpäivän lyhennyksiä ei jaeta tasaisesti jokaiselle arkipäivälle. Nykyjärjestelmässä apteekki on auki arkisin 8 tuntia päivässä. Vertailua haluttiin tässä tutkimuksessa tehdä vain nykytilanteeseen nähden.	
Osastofarmaseutti, Sairaanhoitaja, Lähi- ja perushoitaja		Osastofarmaseutin oletettiin toimivan joka osastolla arkisin nykyjärjestelmässä lääkkeen jakajana ja lääketoitusten tarkistajana, vaikkei näin ollut joka osastolla yksinkertaisuuden vuoksi. Viikonloppuisin lääkkeiden jakajana toimii sairaanhoitaja. Tässä tutkimuksessa ei huomioitu nimikesuojattuja terveydenhuollon ammattihenkilöitä lainkaan lääkkeen jakajina.	
Työajankäyttö- arvio päivittäin nykyisessä lääkejakoprosessissa	OYS osastofarmaseutit (n=18 ) ja proviisorit (n=2)	OYS:n osastofarmaseuteilta kartoitettiin kyselyn avulla keskimääräinen työaika, joka kuluu tarkasteltavan lääkejakoprosessin työvaiheisiin. Saatujen keskiarvojen perusteella arvioitiin työvaiheisiin käytetty työaika. Proviisorit arvioivat sairaala-apteekin ajankäyttöresurssit.	Lääketilauksen tekeminen osasto: 0,0625 FTE Lääketilauksen tarkastaminen apteekki (FA)= 1 FTE Tilauksen keräily (LT) = 4 FTE Farmaseuttinen tarkastus apteekki (FA) =2 FTE Lääkekoppien sinetöinti (LT) = 1 FTE Osastolla lääketoitusten tarkastaminen ja hyllytys (OF arkisin)= 0,0625 FTE Lääkkeiden jakaminen potilaskohtaisiksi annoksiksi (OF arkisin, SH viikonloppuisin) =0,25 FTE Lääkkeiden kaksoistarkastaminen (SH)=0,167 FTE

	Tietolähde	Perustelut	Käytetyt luvut
Työajankäyttö- arvio päivittäin AMS-skenaariossa	Proviisorit (n=2) ja AMS-järjestelmätuottajan asiantuntijat (n=2)		Sähköisen lääketilauksen tarkastaminen apteekilla ennen AMS-laitetta (FA) = 1 FTE AMS-laitteen käyttö: unit dose -pakkausten-toimituksen tarkastaminen (LT)= 2 FTE Per os lääkkeiden siirtäminen lääkekasetteihin ja kaksoistarkastus (FA) = 0,125 FTE Lääkkeiden pakkaaminen lääkkeenjako- yksikköön (LT)= 0,3 FTE Kuluvien osien vaihtaminen (LT)= 0,1 FTE Lääkejakolaitteen siivoaminen (LT) = 0,03125 FTE Lääkkeiden hyllytys osastolla (SH arkisin)=0,0625 FTE Lääkkeiden kaksoistarkastaminen osastolla (SH) = 0,125 FTE
AMS	AMS-toimittajan asiantuntijat (n=2)	Tiedot AMS-laitteen kustannuksista, tilavaateista ja henkilöresurssien sitovuudesta saatiin juuri tätä tutkimusta varten tehdyn kyselyn perusteella. Tutkimus toteutettiin yhden toimittajan tiedoilla erilaisten AMS:ien ja aikaresurssin vuoksi.	Arvioitu tilavaate laitteen ja ympäröivän tilan osalta oli 200 m2, annosjakelulaitteen hankintahinta OYS:lle 2 000 000 € (0 % alv) ja vuosittainen ylläpitokulu 10 % hankintahinnasta.
Uuden sairaala- apteekin arvioidut rakennuskulut lääkeautomaatio- järjestelmän vaatiman tilan osalta	OYS:n omat asiantuntijat rakennustekniikan osalta (n=1)	Uutta sairaala-apteekia suunnitellaan rakennettavaksi ja olemassa olevia kustannusarvioita voitiin hyödyntää. AMS-laitteen vaatima tila laskettiin D-luokan puhdistilan mukaan.	D-luokan puhdistilan tavoitehinta 3 000–3 500 €/m2. Laskelmissa käytettiin keskiarvoa 3 250 €/m2. Uuden sairaala- apteekin investointivuokra n. 10,70 €/m2/kk, jota käytettiin laskelmissa.
Uuden sairaala- apteekin juoksevat kulut AMS-laitteen osalta	OYS:n omat asiantuntijat rakennustekniikan osalta (n=1)	Vain näiden kulujen oletettiin tulevan uusina kuluina uuden rakennuksen osalta nykyiseen toimintaan nähden.	Juoksevat kuluina huomioitiin sähkö-, ilmastointi- ja lämmityskulut, joiden kokonaiskustannusarvio oli n. 12 €/m2/kk, jota käytettiin laskelmissa.
AMS	AMS- toimittajan asiantuntijat (n=2)	Tiedot AMS-laitteen kustannuksista, tilavaateista ja henkilöresurssien sitovuudesta saatiin juuri tätä tutkimusta varten tehdyn kyselyn perusteella. Tutkimus toteutettiin yhden toimittajan tiedoilla AMS:ien moninaisuuksien vuoksi.	Arvioitu tilavaate laitteen ja ympäröivän tilan osalta oli 200 m2, annosjakelulaitteen hankintahinta OYS:lle 2 000 000 € (0 % alv) ja vuosittainen ylläpitokulu 10 % hankintahinnasta.
Tietojärjestelmien rajapintojen kehittämiskulut	OYS asiantuntija (n= 1)	Asiantuntija-arvio potilastietojärjestelmän ja apteekin toiminnanohjausjärjestelmän välisen rajapintojen kehittämiskuluista.	Kehittämiskuluiksi arvioitiin 100 000 €.
Vuotuiset indeksit: Julkisten menojen hintaindeksi (terveydenhuolto)	Kuntatalouden indeksejä, Tilastokeskus	Julkisten menojen hintaindeksi, kuntatalous. Lähde: Tilastokeskus, päivitetty 16.3.2018 www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/ talous/kuntatalouden-indekseja	0,5 %, joka on vuoden 2016 vuosimuutosprosentti.
Yrityslainakorko	Suomen Pankki	Suomen Pankin tilasto: Lainat: uudet sopimukset koron kiinnitysajan mukaan (3 kk). Lainat yhteensä yli 1 miljoonaa euroa, yli yhden vuoden laina-ajalla.	Vuosittaisena korkona käytettiin 1,29 %. (2017-12 julkaistu tieto). https://www.suomenpankki.fi/fi/Tilasto/ rahalaitosten_tase_lainat_ ja_talletukset_ ja_korot/taulukot/rati_taulukot_fi/talletusten_ ja_lainojen_korot_fi/ Haettu internetistä: 20.2.2018

10 vuoden aikajänne ja lainojen takaisinmaksuaika	Tutkimusryhmän oma arvio tarkasteluajalle	AMS-laitteen lainan poistoajan vuoksi valittiin pidempi tarkasteluajanjakso, vaikka kustannusten arviointi oli haasteellisempaa.	AMS-laitelainan takaisinmaksuajaksi arvioitiin kahdeksan vuotta. Tilarakennuslainan takaisinmaksuajaksi arvioitiin kahdeksan vuotta. Tietojärjestelmien rajapintojen takaisinmaksuajaksi arvioitiin kolme vuotta.
Investointien takaisin maksu-malli, tasalyhenteinen laina		AMS:n, tietojärjestelmien rajapintojen kehittämisen ja tilarakennuskustannusten lainan takaisinmaksu-malliksi oletettiin tasalyhenteinen laina.	
Lääkehävikin kokonaismäärä nykyisessä lääkejakoprosessissa	Apteekin oma tietokanta	Lääkehävikkitiedot saatiin apteekin tietokannoista vuodeosastokohtaisesti vuodelta 2016. Tiedot haettiin samoilta osastofarmaseuttivuodeosastoilta, joista saatiin myös työaika-arviot. Lääkehävikkeissä huomioitiin vain tabletti- ja kapselimuodot, jotka voitaisiin jakaa AMS:llä.	35 073,57 € (katteeton)
Tabletit ja kapselit	Fimean vuoden 2016 monografian mukaan poimitut lääkemuo-dot, apteekin oma tietokanta	Arvioinnissa huomioitiin per os lääkemuo-dot, jotka arvioitiin mahdollisiksi jakaa AMS:llä. Näiden tietojen perusteella apteekin tietokannasta haettiin toimitus- ja hävikkitiedot vuodeosastoit-tain.	Käytetyt lääkemuo-dot: Tabletit: päällystetyt, päällystämättömät, liukenevat, suussa hajoavat, dispergoitu-vat, säädellysti vapauttavat (depot, viivä-stetysti ja sykäyksittäin vapauttavat), ente-ro- ja purutabletit Kapselit: kovat/pehmeät, säädellysti vapa-uttavat (depot, viivästetysti ja sykäyksittäin vapauttavat) ja enterokapselit Resoribletit, bukkaalitabletit, kapselit suu-onteloon ja depotvalmisteet suuonteloon kiinnittävät
Unit dose -pakka-uksen hinta	AMS:n asiantun-tija (n=2)	AMS-toimittajan arvioima tieto.	Unit dose -pakkauksen keskimääräinen hinta-arvio 0,06€.
Unit dose -pakka-usten määrä tule-vaisuudessa	Tutkimusryhmän oma arvio aptee-kin tietokannan pohjalta.	Vuoden 2016 per os lääkkeiden anto-kirjaustietoja ei voitu hyödyntää, sillä antokirjausten tekeminen ei ole ollut systemaattista. Lisäksi antokirjauksia ei pystytty rajaamaan vain tiettyjen osas-tojen ja antomuotojen mukaan. Jaet-avien lääkkeiden määräksi arvioitiin tarkastelussa olleiden 21 vuodeosaston toimitetut kapseli/tablettimäärät v. 2016.	Unit dose -pakkauksen määrän arvioitiin olevan 1 729 004 kpl/vuodessa.

Käytetyt lyhenteet:

OYS=Oulun yliopistollinen sairaala, SH=sairaanhoitaja, OF=osastofarmaseutti, FA=sairaala-apteekin farmaseutti, LT=lääketyöntekijä, FTE=henkilöresurssimäärä (full time equivalent), joka mittaa henkilöstön läsnäoloa: 1 FTE=1 täysipäiväinen työntekijä=8 tunnin työpanos, AMS=lääkeautomaatiojärjestelmä (automated medication system), BIA= budjettivaikutusanalyysi (budget impact analysis)



Kuva 1. Nykyisen lääkejakoprosessin (vasen puoli) ja arvioissa käytetyn AMS:n (oikea puoli) kuvaukset. Nykytilanteessa ja AMS-skenaariossa jaetaan lääkkeet 24 h kerrallaan potilaskohtaisiksi annoksiksi.

<sup>1</sup> Kyseisiä kohtia ei ole arvioitu tässä tutkimuksessa.

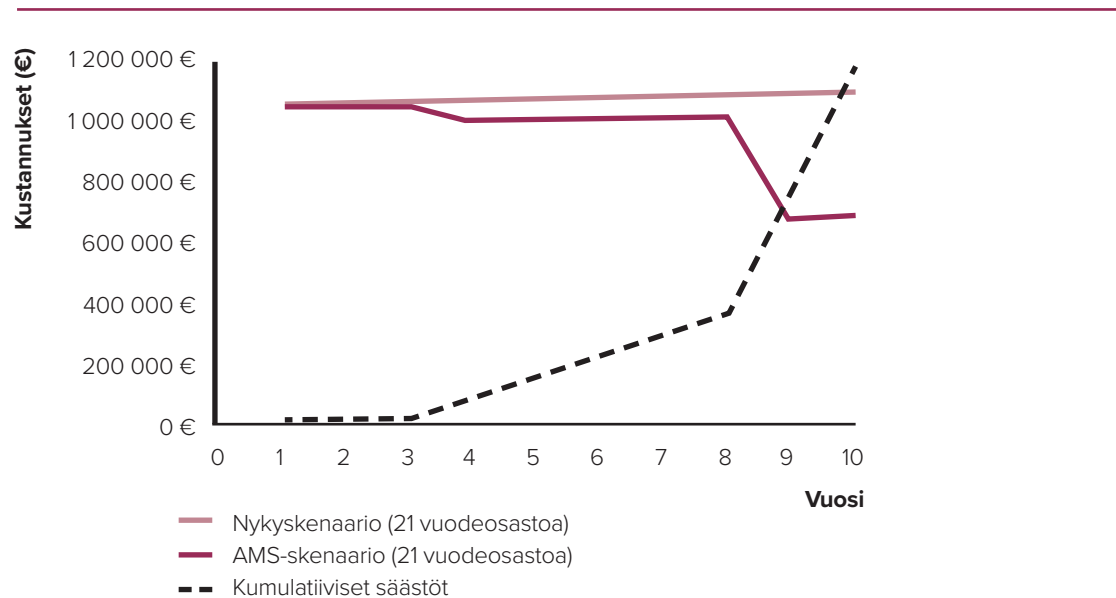
Käytetyt lyhenteet: SH = sairaanhoitaja, OF = osastofarmaseutti, AMS

pien ja kansi hintoja, koska niiden määrää olisi ollut vaikeaa arvioida nykyisen multi dose -tyyppisen lääkkeenjaon vuoksi (usea lääke samassa lääkekupissa). AMS-skenaariossa palkkamenot huomioitiin samoin oletuksien kuin nykyiskenaariossa. Investointivuokran ja muuttuvien kustannuksien oletettiin kehittyvän vuositason julkisten menojen indeksin (kuntatalous) mukaisesti. AMS:n vuotuisten ylläpito-kustannusten nousu huomioitiin puolestaan laitteen maahantuojalta saadun arvion mukaisesti. Unit dose -pakkauksien oletettiin pysyvän vuosittain samoina. Lääkejätteen määrän oletettiin pysyvän nykyisessä lääkejakoprosessissa samana vuodesta toiseen. AMS-skenaariossa ei lääke- ja pakkausjätteisiin liittyviä kustannuksia huomioitu laskelmissa lainkaan käytettävissä olevien tietojen rajallisuudesta johtuen.

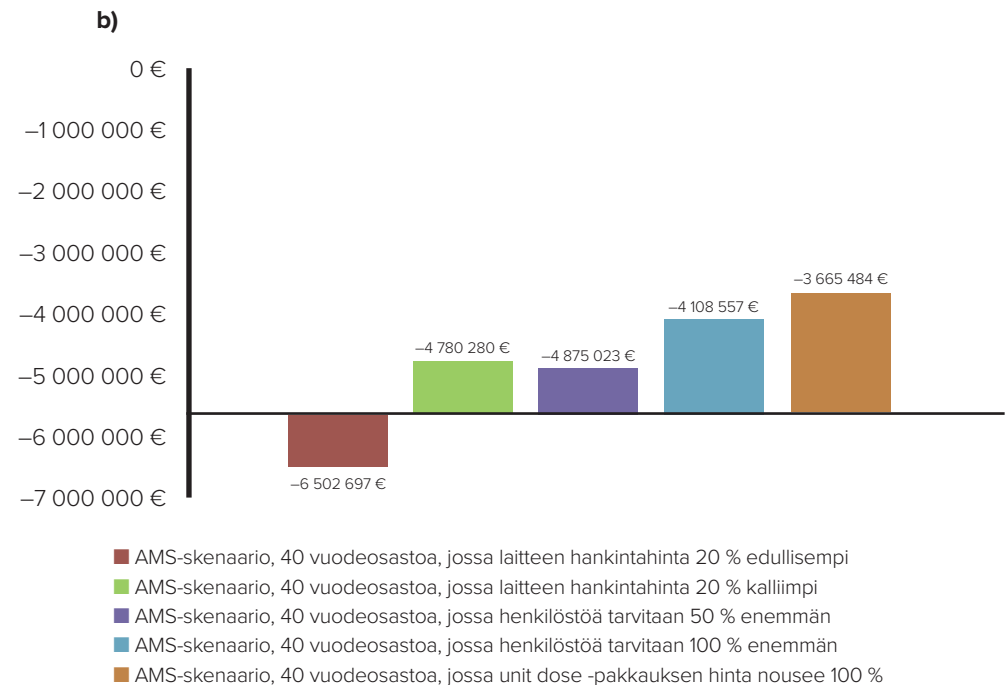
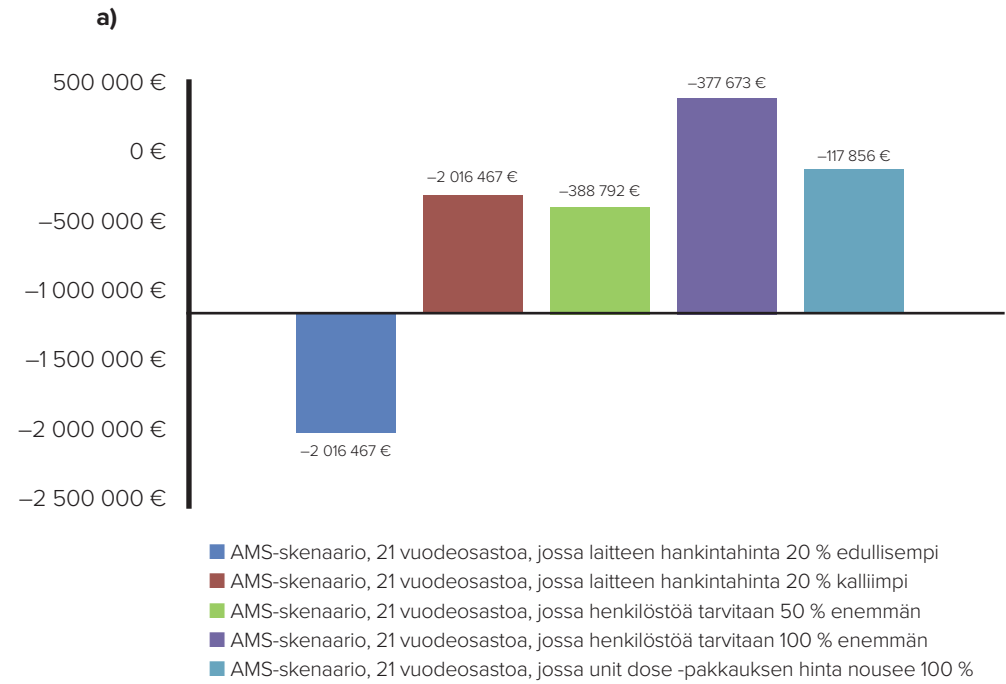
### Herkkyyksianalyysit

Yksisuuntaisten herkkyyksianalyysien avulla arvioitiin keskeisten AMS:n kustannusajureiden muutosten (AMS:n hankintahinta, apteekin henkilökunnan määrän muutosta ja unit dose -pakkauksen hinnan vaikutusta) kumulatiivisia kustannusvaikutuksia kymmenen vuoden aikajaksolta.

Osana herkkyyksianalyysia testattiin myös AMS:ää käyttävien vuodeosastojen määrän kasvaminen 21 vuodeosastosta 40 vuodeosastoon, joka vastaa OYS:n sairaala-apteekin palveluiden piiriin kuuluvien aikuisvuodeosastojen kokonaismäärää sisältäen vuodeosastoja myös kantasairaalan ulkopuolelta. Vuodeosastokohtaisten kustannusten oletettiin pysyvän analyysissa suhteellisesti samana. Samoin apteekin henkilökuntamäärän oletettiin pysyvän samana joka työvaiheessa AMS:n mahdollistaman toimituskapasiteetin kasvun ansiosta.



Kuva 2. Perusanalyysin tulokset nykyisen lääkehoitoprosessien ja AMS-skenaarioiden kokonaiskustannuksista kymmenen vuoden aikajänteellä. Käytetyt lyhenteet: AMS = lääkeautomaatiojärjestelmä



Kuva 3. Herkkyyksianalyysi AMS-laitemallin budjettivaikutukseen vaikuttavista tekijöistä 21 (a) ja 40 (b) vuodeosaston volyymin arvioituna. Koska yksityiskohtaisia hajontatietoja liittyen mallin yksittäisiin parametreihin ei ollut saatavilla, haluttiin yllämainituilla oletuksilla testata keskeisten parametrien herkkyyttä tulosten muutoksille. Herkkyyksianalyysien tulosten perusteella voidaan arvioida, mitkä mallin parametrit ovat tehtävien johtopäätösten kannalta merkityksellisimpiä. Käytetyt lyhenteet: AMS = lääkeautomaatiojärjestelmä



## TULOKSET

### Perusanalyysin tulokset

Vuosittaiset kustannukset nykyisessä lääkejakoprosessissa ja AMS -skenaariossa kymmenen vuoden aikajänteellä on esitetty **Kuvassa 2**. AMS:n kokonaiskustannukset pienentyvät merkittävästi järjestelmän hankintaan liittyvien investointien takaisin maksun jälkeen, ne jäävät tässä arvioinnissa noin 37 prosenttia alhaisimmiksi kahdeksannen vuoden jälkeen kuin nykyisessä skenaariossa. Kahdeksan vuoden käyttöajan jälkeen keskeisiä kustannusajureita ovat palkkakustannukset, unit dose -pakkausten kustannukset, AMS:n ylläpitokustannukset sekä sen vaatiman tilan vuokra- ja ylläpitokustannukset. Erityisesti palkka- ja unit dose -pakkausten kustannukset ovat keskeisessä roolissa investointien takaisinmaksun jälkeisellä ajalla. **Kuvassa 2** nähdään, miten nykyisen lääkejakoprosessin kokonaiskulut nousevat tasaisesti koko kymmenen vuoden ajan. AMS-skenaariossa näkyy notkahdus kolmannen vuoden jälkeen tietojärjestelmien rajapintojen takaisinmaksuajan päättymisestä johtuen.

### Herkkyysanalyysin tulokset

Lääkeautomaatiojärjestelmän hankintaan liittyvän investointilainan takaisin maksun jälkeen AMS:n odotetut käyttökustannukset ovat edullisemmat nykyiseen verrattuna sekä 21 vuodeosaston että herkkyysanalyysinä toteutetun 40 vuodeosaston mallissa. Kymmenen vuoden kumulatiivisiin kustannuksiin pohjautuvien herkkyysanalyysien tulokset on esitetty **Kuvassa 3**. Herkkyysanalyysien tulosten perusteella palkkakustannukset ovat yksi keskeisimmistä kustannusajureista myös AMS-skenaariossa. Myös unit dose -pakkauksen yksikköhinnalla on merkittävä vaikutus kokonaiskustannuksiin niiden suuresta käyttövolyymista johtuen (**Taulukko 3**). Vuodeosastovolyymin kasvaessa AMS:n voidaan odottaa olevan nykytoimintamalliin nähden kustannuksia säästävä toimintatapa.

## POHDINTA

Toteutetun BIA:n tulokset osoittavat, että katkeamattoman lääkehoitoprosessin periaatteella toimivan lääkeautomaatiojärjestelmän käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset tulevat katetuiksi jo kymmenen vuoden käyttöajalla ja odotettujen säästöjen osuus kasvaa merkittävästi järjestelmän hankintaan liittyvien investointien takaisin maksun jälkeen noin kahdeksan vuoden kohdalla. Toteutettujen herkkyysanalyysien tulosten perusteella palkkakustannusten

kehityksellä ja unit dose -pakkausten yksikköhinnolla on merkittävin vaikutus odotettavissa oleviin budjettivaikutuksiin. AMS:ää käyttävien vuodeosastojen määrän kasvu puolestaan lisää merkittävien kustannussäästöjen saavuttamisen todennäköisyyttä kymmenen vuoden aikajänteellä volyyymi vaikutusten kautta.

Toteutetun BIA:n pohjana olevan laskentamallin syötteet perustuvat pääosin julkisiin tilastoihin ja asiantuntija-arvioihin. Lisäksi syötelukuina on käytetty yliopistosairaalan omia tilastoja. Analyysin tuloksia tulkittaessa on näin ollen otettava huomioon, että ne pohjautuvat arviointihetkellä käytettävissä olleeseen tietoon. Arviointimallin nykyisessä lääkejakoprosessissa ei ole otettu huomioon esimerkiksi nykyisten lääkehuoneiden vuokratuloja, jotka puolestaan huomioitiin AMS-skenaariossa. Näiden kuluhenkilöiden huomioiminen olisi toisaalta kasvattanut nykyiseen verrattuna kustannuksia entisestään, koska jokaisella vuodeosastolla on oma lääkehuone, joten tätä valintaa voidaan pitää konservatiivisena oletuksena. Kuljetuskustannuksia ei ole otettu huomioon arvioinnissa, koska kuljetuskustannuksia tulee olemaan myös AMS-skenaariossa putkipostin lisäksi. Kaikkia lääkkeitä ei kuitenkaan voida pakata kuljetettavaksi putkipostilla, joten apteekilta lähtevien kuljetusten mukana kulkee jatkossakin lääkkeitä. Putkipostikustannuksia ei myöskään ole huomioitu, koska putkipostijärjestelmää käytetään myös muihin tarkoituksiin kuin pelkästään lääkkeitä kuljettamiseen. AMS-skenaariosta puolestaan puuttuvat kaikki jätekulut, joita tulee esimerkiksi unit dose -pakkauksen materiaalista ja lääkejättekustannukset. Toisaalta lääkejättekustannuksien voidaan olettaa AMS:ssä pienenevän. Nykyisessä lääkejakoprosessissa jokaisella vuodeosastolla on lääkehuoneissa omat lääkevarastonsa, mutta AMS-skenaariossa per os lääkevarastot keskitettäisiin sairaala-apteekin varastoon kokonaisina paketteina ja unit dose -pakkauksiin AMS:n varasto-osaan Osastojen lääkevarastotarvojen laskua ei huomioitu laskelmissa, sillä osastojen varastotarvojen laskeminen olisi ollut manuaalista, koska osaston lääkevarastot eivät ole suurimmaksi osaksi automatiikan takana nykyisessä lääkejakoprosessissa. Mutta mainittavaa on, että osastojen pienempien lääkevarastojen ansiosta voidaan vapautuvia resursseja kohdentaa muualle lääkehoitoprosessiin. Myös tulevaisuudessa osastoilla tarvitaan pieniä määriä per os lääkkeitä, mutta nekin voivat olla pakattuina valmiiksi unit dose -pakkauksiin, jolloin niiden seuranta ja jäljittäminen olisi nykyistä mallia helpompaa. Lisäksi arvioinnista

poiketen todellisuudessa AMS:llä voidaan toteuttaa useampien lääkkeiden antomuotojen unit dose -pakkaaminen, mikä voi synnyttää varastointiin liittyviä kustannussäästöjä keskittämisen kautta. Tarvittaessa unit dose -pakkauksia voidaan toimittaa osastojen tarpeisiin tarvittaessa käytettäväksi, mutta tällöinkin lääkkeitä jäljitettävyyden ja inventointi on helpompaa kuin nykyisessä lääkejakoprosessissa, jossa jokaisella vuodeosastolla on erilliset lääkepakkaukset. Syntävään säästöpotentiaaliin vaikuttaa kuitenkin myös käytettävien unit dose -pakkausten yksikköhinnat, koska arviointimallissa unit dose -pakkausten yksikköhinta on merkittävä kustannusajuri.

Arvioinnissa on käytetty pohjana useiden erilaisten aikuisvuodeosastojen tietoja, jolloin saadut keskiarvot ovat yleistettävämpiä kuin vain tietyn tyyppisten osastojen aineistot. Unit dose -pakkausten määrä on arvioitu nykyisten vuodeosastoille toimitettujen kapseli- ja tablettimäärien perusteella. Antokirjausmerkintöjä ei voitu hyödyntää, sillä antokirjauksia ei voinut rajata vain tiettyjen osastojen ja antomuotojen mukaan. Lisäksi antokirjausten tekeminen ei ole ollut vielä tuolloin systemaattista. Verrattaessa analyysissä käytettyä unit dose -pakkausten määrää vastaavaan tanskalaisten tutkimuksessaan käyttämään (Risør ym. 2017) voitiin arvioida luottava, sillä heidän mallissaan vuodeosaston paikkamäärä oli lähes sama kuin tässä analyysissä ja pakkausten määrät olivat suhteessa samansuuruiset.

Kirjallisuudesta löytyy vastaavanlaisen AMS:n arvioinnista julkaisuja, joissa katkeamattoman lääkehoitoprosessin AMS:n on havaittu vähentävän merkittävästi lääkejakoprosessiin liittyvien virheiden riskiä (Risør ym. 2016) ja olevan kustannusvaikuttava vaihtoehto perinteiseen toimintatapaan verrattuna (Risør ym. 2017). Käsityksemme mukaan katkeamattomaan lääkehoitoprosessiin liittyviä kokonaiskustannuksia tarkastelevia BIA:ta ei ole kuitenkaan aikaisemmin julkaistu, mistä johtuen saatujen tulosten vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ei ole mahdollista.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Arviointimallin perusteella AMS:n käyttöönotto tuottaa potentiaalisesti säästöjä jo alle kymmenen vuoden aikajänteellä, vaikka analyysissä ei huomioidukaan lääkitysturvallisuuden parantumisen mukanaan tuomaa säästöpotentiaalia. Tulevaisuudessa, lääkitykseen liittyvien tietojen jäljitettävyyden parantamisessa olisi tärkeää tutkia potilaiden lääkitysturvallisuuden parantumista ja kustannussäästöjä lääkityshaittatapahtumiin nähden.

Yhteenvetona voidaan todeta, että lääkeautomaatiojärjestelmän käyttöönotto on kustannusneutraali tai jopa kustannuksia säästävä suomalaisen yliopistosairaalan näkökulmasta jo kymmenen vuoden aikajänteellä tarkasteltuna. Säästöpotentiaalin suuruuteen vaikuttavat erityisesti henkilöstö- ja tarvikkeiden tapahtumat muutokset uuden järjestelmän käyttöönoton myötä.

## SUMMARY

### The budget impact analysis of medication administration process automatisisation at the university hospital wards

#### → Kaisu Lappalainen

MSc (Pharm) student  
University of Eastern Finland  
MSc (Biochem), BSc (Pharm), Ward Pharmacist  
Oulu University Hospital  
kaisu.lappalainen@ppshp.fi

#### → Katja Knuuti

MSc (Pharm)  
Oulu University Hospital  
katja.knuuti@ppshp.fi

#### → Miia Turpeinen

Professor, Senior Medical Officer  
Oulu University Hospital and University of Oulu  
miia.turpeinen@ppshp.fi

#### → Sirpa Ämmälä

MSc (Pharm), Chief Pharmacist  
Oulu University Hospital  
sirpa.ammala@ppshp.fi

#### → Janne Martikainen\*

Professor  
University of Eastern Finland, School of Pharmacy  
janne.martikainen@uef.fi

\* Correspondence

**Introduction:** Health care decision-making requires more and more information about the expected economic outcomes of investment decisions. Budget impact analysis is one of the assessment method to produce evidence about the expected economic consequences of investment decisions. The objective of the study was to assess the budget impact of an automated medication system (AMS) in the setting of Oulu University Hospital.

**Methods:** Budget impact analysis was applied to compare the current practice with a practice applying the AMS. The budget impact analysis included salaries, investments, and overheads. Cost data was collected from different internal sources (in 2016

value). Sensitivity analyses were applied to assess the robustness of the results over a 10-year period. In addition, the sensitivity of a number of hospital wards using the AMS was tested.

**Results:** In the base-case, the expected payback time of the AMS was around three years, but significant costs savings could be expected to occur after the eight years of use. Based on the conducted sensitivity analyses, salary, maintaining, and especially unit dose package costs are significant cost factors impacting on the obtained results. The expected savings could be predicted to increase as a function of a number of hospital wards applying AMS.

**Conclusions:** Based on the conducted assessment, the AMS is potentially cost saving technology already under 10-year time horizon in the setting of Oulu University Hospital.

**Keywords:** automated medication system, budget impact analysis, cost savings, health economics

#### Kiitokset

Tämä tutkimus on proviisoriopiskelija Kaisu Lappalaisen pro gradu -työ. Erytskiitokset sairaala-apteekin proviisori, FaL Susanna Niemiselle ja OYS-erityisvastuualueen lääkehoidon koordinaattori, TtT Sami Sneckille avusta projektin eri vaiheissa. Lisäksi haluamme kiittää OYS:n osastofarmaseutteja, rakenustekniikan ja potilastietojärjestelmäasiantuntijoita, jotka auttoivat analyysin tiedonkeräysvaiheessa. Kiitokset myös AMS-toimittajalle laitteistotarpeiden arvioinnista. AMS-toimittajalla ei ollut mahdollisuutta vaikuttaa tutkimuksen suunnitteluun, toteutukseen tai tulosten julkaisuun.

#### Sidonnaisuudet

KL:lla, KK:lla, MT:lla ja SÄ:llä ei ole sidonnaisuuksia. JM on osakkaana ESiOR Oy:ssä, joka tarjoaa konsultointi-, analytiikka- ja Market Access -palveluita lääk- ja terveystalouden yrityksille ja organisaatioille.

## KIRJALLISUUS

Aljadhey H, Mahmoud MA, Mayet A ym.: Incidence of adverse drug events in an academic hospital: a prospective cohort study. *Int J Qual Health Care* 25: 648-655, 2013

Bates DW, Boyle DL, Vander Vliet MB, Schneider J, Leape L: Relationship between medication errors and adverse drug events. *J Gen Intern Med* 10: 199-205, 1995

Bonkowski J, Carnes C, Melucci J ym.: Effect of barcode-assisted medication administration on emergency department medication errors. *Acad Emerg Med* 20: 801-806, 2013

Chapuis C, Roustit M, Bal G ym.: Automated drug dispensing system reduces medication errors in an intensive care setting. *Crit Care Med* 38: 2275-2281, 2010

de Vries EN, Ramrattan MA, Smorenburg SM, Gouma DJ, Boermeester MA: The incidence and nature of in-hospital adverse events: a systematic review. *Qual Saf Health Care* 17: 216-223, 2008

Kanjanarat P, Winterstein AG, Johns TE, Hatton RC, Gonzales-Rothi R, Segal R: Nature of preventable adverse drug events in hospitals: a literature review. *Am J Health Syst Pharm* 60: 1750-1759, 2003

Lettieri E, Masella C: Priority setting for technology adoption at a hospital level: relevant issues from the literature. *Health Policy* 90: 81-88, 2009

Poon EG, Keohane CA, Yoon CS ym.: Effect of bar-code technology on the safety of medication administration. *N Engl J Med* 362: 1698-1707, 2010

Purmonen TT, Auvinen PK, Martikainen JA: Budget impact analysis of trastuzumab in early breast cancer: a hospital district perspective. *Int J Technol Assess Health Care* 26: 163-169, 2010

Radley DC, Wasserman MR, Olsho LEN, Shoemaker SJ, Spranca MD, Bradshaw B: Reduction in medication errors in hospitals due to adoption of computerized provider order entry systems. *J Am Med Inf Assoc* 20: 470-476, 2013

Risør BF, Lisby M, Sørensen J: Cost-effectiveness analysis of an automated medication system implemented in a Danish hospital setting. *Value Health* 20: 886-893, 2017

Risør BW, Lisby M, Sørensen J: An automated medication system reduces errors in the medication administration process: results from a Danish hospital study. *Eur J Hosp Pharm* 23: 189-196, 2016

Sullivan SD, Mauskopf JA, Augustovski F ym.: Budget Impact Analysis-Principles of Good Practice: Report of the ISPOR 2012 Budget Impact Analysis Good Practice II Task Force. *Value Health* 17: 5-14, 2014

Truitt E, Thompson R, Blazey-Martin D, NiSai D, Salem D: Effect of the implementation of barcode technology and electronic medication administration record on adverse drug events. *Hosp Pharm* 51: 474-483, 2016

Tulevaisuuden sairaala OYS 2030. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Haettu internetistä 28.1.2019. Saatavilla internetistä: [www.oys2030.fi](http://www.oys2030.fi)

Vermeulen KM, van Doormaal JE, Zaal RJ ym.: Cost-effectiveness of an electronic medication ordering system (CPOE/CDSS) in hospitalized patients. *Int J Med Inform* 83: 572-580, 2014