

Projektiraportti

Optimaalisen tarkastusvälin määrittäminen suun terveydenhuollossa 11.5.2012

Mat-2.4117 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Toimeksiantaja: Nordic Healthcare Group

Projektiryhmä:

Ville Poikolainen

Vesa Riekkinen

Joonas Tarpila

Janrik Öberg

Sisällys

1	Johdanto	3
1.1	Tausta.....	3
1.2	Hammastarkastukset Suomessa	4
2	Kirjallisuuskatsaus	5
2.1	Suun tarkastusvälit maailmalla	5
2.2	Suun terveyden tarkastusvälit Suomessa	7
2.3	Toimeksiantajan toimittama tutkimusaineisto	8
3	Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmät	14
3.1	Tutkimuskysymys ja tutkimuksen tavoite.....	14
3.2	Rajoitukset ja yleistettävyys.....	14
3.3	Tutkimusmallin määrittely ja segmentointi	14
3.4	Simulointimalli.....	15
3.5	Markovilaisten tilansiirtomatriisien estimointi	16
4	Tutkimustulokset.....	19
4.1	Kiinnostavimmat politiikat	19
4.2	Katsaus kaikkien politiikkojen joukkoon.....	21
5	Yhteenvedo ja jatkotutkimukset	23
5.1	Jatkotutkimukset.....	23
6	Lähteet.....	25
	Liite 1: Projektinhallinta	28
	Liite 2: Loogisuusehdon täyttävät politiikat.....	30

1 Johdanto

1.1 Tausta

Kansantalouden kestävyysvaje, eli hyvinvointivaltiota rahoittavien kansalaisten määrän lasku ja palveluita käyttävien määrän kasvu on yhtälö, johon erityisesti terveydenhuollon tulee kiinnittää huomiota tulevina vuosina. Suurten ikäluokkien siirtyessä eläkkeelle ja alkaessa tarvita kasvavissa määrin terveydenhuoltopalveluita, on terveystaloutta pystyttävä tuottamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti samalla säilyttäen kuitenkin niiden perustaso koko kansalle.

Suun terveydenhoidossa, kuten muualla terveydenhuollossakin ongelmana on optimaalisen tarkastusvälin löytäminen eri vaivojen ehkäisemiseksi ja toisaalta komplikaatioiden rajoittamiseksi tasolle, jolta ne on mahdollista hoitaa kohtuullisin kustannuksin. Tämä on erityisen ongelmallista julkisessa terveydenhuollossa, jossa käsitellään suuria potilasmääriä jatkuvan kustannus- ja tehostuspaineen alla. Näissä tapauksissa liian pitkät tarkastusvälit tai väärät seulontaotokset saattavat johtaa suurempaan syöpäkuolleisuuteen tai kyseessä olevan hammaslääketieteen osalta laajempiin ja raskaampiin hoitojaksoihin tai pahimmillaan jopa potilaan pysyviin haittoihin. Toisaalta, tarkastusvälien pienentyessä tai seulonnan otoskokojen kasvaessa, kasvavat kustannukset myös monikertaisiksi. Näin ollen esimerkiksi seulonnassa otoksen koolla on ratkaiseva merkitys kokonaiskustannuksiin. Vain harvoissa tapauksissa on kannattavaa tai resurssien puolesta mahdollista kattaa koko väestöä. Sama ilmiö toteutuu hammashoidossa, jossa palveluiden kattavuus ei ole täysin samalla tasolla normaalin terveydenhoidon kanssa ja pitkät hoitojonot pakottavat kuntia ja muita palveluntarjoajia miettimään mahdollisuuksia tehostaa toimintaa palvelutason parantamiseksi tai edes säilyttämiseksi. Tällöin myös resurssit julkisen sektorin ennaltaehkäisevään työhön jäävät vähäisemmäksi. (NHG 2012)

Projektityön toimeksiantaja NHG haluaa selvittää suun terveydenhuollon osalta optimaalisen tarkastusvälin. Huomattavana erona aiempiin tutkimuksiin, että NHG:llä on nyt käytössään asiakkailtaan kerätty kattava ja laaja tietokanta hammaslääkärikäynneistä, havainnoista ja tehdyistä toimenpiteistä.

1.2 Hammastarkastukset Suomessa

Hammashuolto on Suomessa jaettu periaatteessa kahteen osaan. Alle 18-vuotiaille tarjotaan ilmainen suun terveydenhuolto sekä usein, joskin kunnasta tai palveluntarjoajasta riippuen, kiinteä perustarkastusväli. Valtioneuvoston asetus määrittää lapsille aluksi korkeintaan 24 kuukauden tarkastusvälin aina kuusivuotiaaksi saakka, jonka jälkeen tarkastukset on tehtävä ensimmäisellä, viidennellä ja kahdeksannella vuosiluokalla. Tämän lisäksi 2. asteen opiskelijana nuorelle on tehtävä vähintään yksi suun määräaikaistarkastus. Kutsut lähtevät joko vuosi- tai ikäluokille tai esimerkiksi seulonnan kautta. Tämän johdosta lapsien osalta maksimitarkastusväli ei tule ylittämään neljää vuotta missään vaiheessa. (*Valtioneuvoston asetus neuvolatoiminnasta, koulu- ja opiskeluterveydenhuollosta sekä lasten ja nuorten ehkäisevästä suun terveydenhuollosta 2009*)

Yli 18-vuotiaille tarkkaa määrittelyä tarkastusväleistä ei ole lainsäätäjän toimesta annettu. Tällöin suun terveydestä huolehtiminen jääkin jokaisen täysi-ikäisen omalle vastuulle, pohjautuen toki lapsena ja nuorena kotona tai kunnallisessa säännönmukaisessa hoidossa annettuihin neuvoihin ja kokemuksiin. Tämän vuoksi aikuisväestö käykin huomattavasti lapsia harvemmin tarkastuksissa. Myös hinnoittelulla on oma roolinsa: pelkästä tarkastuksesta saattaa julkisella puolella joutua maksamaan 21,30 tai 35,00 euroa (*Laki sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasmaksuista 1992*) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2011) (Helsingin kaupunki 2012), kun yksityinenkin sektori on saanut Kela-korvauksien avustamana omat hintansa painettua lähes 20 euroon. (Megaklinikka 2011) Vaikkei kustannuksia korkeampaa hintaa voi lain mukaan pyytääkään, tehottomat yksiköt ovat pakotettuja nostamaan hintansa valtion rajaamiin maksimihintoihin. Mikäli olisi kannattavampaa sekä potilaalle että julkiselle toimijalle tarkastuttaa korkeintaan tietyn väliajoin suun terveys, voisi hinnoittelun säätää optimaaliseen tarkastukseen kannustavaksi esimerkiksi ilmaisilla tai alennetuilla säännöllisillä tarkastuksilla s.e. sekä potilaan suun terveys paranisi että tämä tulisi halvemmaksi myös julkiselle toimijalle toteuttaa.

Joillakin potilailla tarkastusvälit saattavat sisältyä joko vakuutukseen tai työterveyshuoltoon, joihin saattaa sisältyä sopimusteknisiä tarkastusjaksoja. Nämä terveydenhuollon lajit - vaikka ovatkin julkista terveydenhuoltoa tukevia - kuitenkin muodostavat aivan oman kokonaisuuden, emmekä tässä työssä tule keskittymään näihin terveydenhuollon alueisiin.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Suun tarkastusvälit maailmalla

Suun terveydenhuollon tarkastusväleistä on käyty keskustelua jo kolme vuosikymmentä ja perinteisesti 6 kuukauden väliä on pidetty parhaimpana. Yleisesti ottaen suun terveydentilan kehitys riippuu mm. potilaskohtaisista riskitekijöistä (Kay & Nutall 1997), diagnosointitarkkuuden vaihtelusta (Bader, Shugars 1995), hammashuollon työvoiman paikallisesta tarjonnasta (Bronkhorst 2001) ja potilaiden asennoitumisesta suun terveydenhuoltoon (Schouten et al. 2006).

Riskipohjainen tarkastusvälien määrittäminen ei ole uusi ajatus mutta sen käyttöönotto on ollut lääketieteelle tyypilliseen tapaan verkkaista. Kuitenkin esimerkiksi Hollannissa Metteksen (2006) kyselytutkimuksessa hollantilaisille hammaslääkäreille selvisi, että riskipohjaisia henkilökohtaisia tarkastusvälejä määrittävien lääkäreiden osuus oli kasvanut vuoden 2000 49 %:sta vuoden 2005 62 %:iin.

Sekä National Institutes of Healthin (2001) konsensusraportti että Duodecim ja Apollonian kariesin hallintaohjeistus (2009) toteavat, että kariesin useista riskitekijöistä selkeästi luotettavin on juuri potilaan ja hänen lähipiirinsä historia kariesbakteerista.

Läntisessä maailmassa yleistä kuuden kuukauden järjestelmää on käytetty mm. Yhdysvalloissa, esimerkiksi laajassa käytössä olevan vakuutusperusteisen terveydenhuollon vuoksi. Näissä tapauksissa optimaalinen tarkastusväli on saatettu muodostaa esim. liiketoimintapohjaisesti terveydenhuollon painostuksella tai suosion kyseessä voi olla myös vakuutusyhtiöiden riskinhallinta- ja markkinointipanostukset. (Anthem 2011, United Healthcare 2008) Esimerkiksi Kanadassa 73 % vakuutetuista kävi vuosien 1996 ja 1997 tutkimuksessa hammastarkastuksessa edellisen vuoden aikana, kun vakuuttamattomista kävi ainoastaan 45 % tarkastuksessa. (Statistics Canada 1999)

Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että ihmisillä, jotka käyvät hammaslääkärissä jo ennen kuin heillä ilmenee ongelmia tai oireita, on keskimäärin vähemmän reikiä ja puuttuvia hampaita kuin vasta "tarpeen vaatiessa" hoidossa käyvillä. Täysin yksiselitteinen havainto ei kuitenkaan ollut, sillä sosioekonominen asema korreloi vahvasti (negatiivisesti) sekä reikiintymisen että hammaslääkärikäyntimäärien kanssa. (Kay 1999)

Eri pituisten tarkastusvälien kliinistä tehokkuutta on tutkittu empiirisesti, mutta olemassa olevan tutkimustiedon perusteella ei voida suositella koko väestön tasolla mitään yhtä kaikille samaa tarkastusväliä. Näistä yksittäisistä tutkimuksista laajoja ja kokoavia

kirjallisuustutkimuksia ovat tehneet viime vuosina mm. (Patel, Bay & Glick 2010), Beirne et. al (2007), NICE (2004) ja Davenport (2003).

Patelin et al. melko tuore kirjallisuustutkimus antaa eri tarkastusvälien määrittämiselle myönteisemmän lähtökohdan. Heidän katsauksessaan ei nähty syytä valita yhtä tarkastusväliä kariesin esiintymistiheyden vähentämiseksi vaan pikemminkin jatkaa tarkastusväliä joka toiselle vuodelle ja arvioida yksittäisiä tarkastusvälejä riskipohjaisesti.

Aiemmin Beirne et. al. tutkivat laajassa päivityksessään eri suun tarkastusvälien kirjallisuustutkimukseen eri kokeita, mutta löydökset olivat laihoja. Lopulliseen tutkimukseen hyväksyttiin ainoastaan yksi tutkimus, ja vaikka kuuden kuukauden tarkastusväliä ei tässä valitussa tutkimuksessa pidetty tarpeellisena, on otosmäärä niin pieni, ettei heidän tutkimuksen pohjalta voi vetää johtopäätöksiä. Myös aiemman tutkimuksen osalta tulokset olivat laihoja: kuuden kuukauden tarkastusvälisuositukseen ei tutkijoiden ja Metteksen (2005) analyysin perusteella löydy puolta tai kieltoa.

Yksi viitatuimmista kirjallisuustutkimuksista, NICE:n (National Institute of Health and Clinical Excellence) vuoden 2004 laaja katsaus kävi läpi 13 eri tutkimusta, joissa vertailtiin eri kliinisten lopputilamuuttujien käyttäytymistä eri tarkastusväleillä. Tutkimus tehtiin päivittämään Davenportin tutkimusta. Jäljellä olevien hampaiden lukumäärän katsottiin yleisesti ottaen vähenevän tarkastusvälin pidentyessä. Tästä oli kuitenkin eri tutkimuksissa ristiriitaisia näyttöjä. DMFT/DMFS:n osalta tulokset olivat myös ristiriitaisia ja osassa tutkimuksia ei eroja löytynyt tämän muuttujan ja tarkastusvälin välillä - toisissa erot olivat merkittäviäkin. Myös DT/DS ja FT -luvulle käytös oli vastaavaa ilman selkeää suuntaa osoittavaa. Näin ollen he eivät nähneet syytä muuttaa tai vahvistaa vallitsevia 6 kuukauden tarkastuskäytänteitä.

NICE:n tutkimuksen lähtökohta, Davenport et al. (2003), tutki 25 artikkelia ja keräsi näistä tietoa suun sairauksista sekä eri tutkimusvälien kustannustehokkuudesta. Tutkimuksessa ei löytynyt viitteitä esimerkiksi tutkimuksen julkaisumaan, Ison-Britannian, yleisesti käytettävän 6-kuukauden tarkastusvälin paremmuudesta tai huonommuudesta. Päätösanalyysissä tutkijat kuitenkin loivat Markov-mallin, jolla päätöksentekoa eri tarkastusvälimallien osalta optimoitiin. He päätyivät tulokseen, jossa yli kuuden kuukauden välit olisivat kustannustehokkaampia kuin 6 kuukauden tiheät tarkastukset, koska tarkastusvälin pidentäminen muutamalla kuukaudella johti melko pieneen suun terveydentilan heikkenemisen. Tulokset kuitenkin vaihtelivat eri riskiryhmien välillä. Johtopäätöksenä olikin, että tarkastusväli pitäisi määrätä yksilön riskitekijöiden perusteella. NICE:n laajan tutkimuskatsauksen osalta Davenportin Markov-mallia pidettiin siihen mennessä ansiointuneimpana terveys-kustannus -mallina.

Hampaiden reikiintymisen, iensairauksien ja muiden suun terveyteen vaikuttavien ongelmien ennustamiseen ei ole olemassa kunnollisia matemaattisia malleja ongelman kompleksisuuden vuoksi. Davenportin lisäksi Myös Griffin (2009) ehdottaa juuri Markov-pohjaista tehokkuuden yksikön vertailua sen netto- ja yksikkömääräiseen sosiaaliseen kustannukseen, jota usein mitataan esim. elämänlaadun muutoksilla. Tätä on kuitenkin vaikeaa käsitellä erityisesti hammaslääketieteessä, jossa eri binäärityyppisiä muuttujia tulisi yhteensä 28 kappaletta verrattuna esim. koko potilaan yhden muuttujan terve-sairas - tilavaihteluun. Lisäksi hampaisiin voi kohdistua useita eri sairauksia samanaikaisesti, jolloin niiden matemaattinen mallintaminen vaikeutuu.

Simulointitutkimuksia löydettiin vähänlaisesti. Ainoassa merkittävässä tutkimuksessa Moles (1998) laski tietokonesimulaation avulla, että hyvä tarkastusväli on luultavasti 13 ja 120 kuukauden välillä. Tarkempaan tulokseen ei tällä simulointimallilla päästy, koska kysymys riippuu niin potilaista yksilöinä kuin hammaslääkärin kyvystä havaita alkavia oireita. (Kay 1999)

Nina Wang on tutkinut Norjassa tutkimusvälien vaikutusta suun terveyteen kahdessa eri tutkimuksessa. Vuoden 1992 tutkimuksessa Wang ei havainnut merkittävää eroa matala- ja keskitason kariesriskin lapsien suun DMFS-arvoissa, mutta toimenpiteisiin kulunut aika lyheni merkittävästi, kun tarkastusväliä pidennettiin kaikilla tutkittavilla 12 kuukaudesta 24 kuukauteen. Myöhemmin Wang & Hoist (1995) tutkivat lasten systemaattista ja riskipohjaista tutkimusvälin pidentämistä keskimääräisestä 12,5 kuukaudesta 13,7 kuukauteen, jonka vaikutuksesta suun terveydentila ei muuttunut tilastollisesti merkittävästi, mutta henkilöstökuluja pystyttiin pienentämään 14 %.

Samankaltaisia matalariskisten potilaiden tutkimusvälin pituutta ovat tutkineet myös Tan et al. (2006). Tutkimuksessaan he käsitelivät karieskehittymistä ja totesivat, että heidän tutkimuksessaan käsitellylle matalan (0,5-1,5) karieskehittymisen kasvuluvun (DMFT) potilaille voisi soveltaa 24 kuukauden tai jopa pidempää tarkastusväliä.

2.2 Suun terveyden tarkastusvälit Suomessa

Suomessa julkisen hammashuollon historia ulottuu vuoden 1972 voimaan tulleeseen kansanterveyslakiin, joka tarjosi hammashoidon terveystieteissä kaikille yli 17-vuotiaille. 1990-luvulla potilaisiin alettiin soveltaa yksilöllisiä tarkastusvälejä, jotka olivat terveille potilaille 24 kuukautta, matalariskisille 12 kuukautta ja korkeariskisille 12 kuukautta kuuden kuukauden ehkäisevin tarkastuksin. (Murtomaa, Letto 2005)

Terveys 2000 -tutkimuksen mukaan 55 % suomalaisista oli käynyt hammashoidossa edeltävän 12 kuukauden aikana. Kuitenkin muihin pohjoismaihin (Murtomaa, Letto 2005) ja Kanadan vakuutettuihin (Statistics Canada 1999) verrattuna suomalaisten käyntiaste on ollut vähäistä. Duodecimin ja Apollonian Kariuksen hallinta -raportin (2009) mukaan suomalaisten hampaiden puhdistukseen liittyvät tavat ovat pärjänneet melko huonosti kansainvälisessä vertailussa. Raportissa suositellaan yksilöllisten tarkastusvälien määrittämistä alkaen korkeariskisille potilaille 6 kuukaudesta ja jatkuen aina 24-36 kuukauteen vähäriskisikille potilaille.

Nykyisellään, Helsingin terveystarasto jakaa potilaat riskiryhmiin iän ja D+d -arvojen perusteella. D+d -arvo kertoo tarkastuksessa havaittujen uusien reikiintyneiden hampaiden lukumäärän. 3-17 vuotiaiden lasten tapauksessa terveillä potilalla D+d -arvo on 0, matalariskisillä nollassa kolmeen ja korkeariskisillä suurempi kuin 3. (Murtomaa, Letto 2005)

Myös suomalaiset ovat osallistuneet aktiivisesti tieteelliseen tutkimukseen ja keskusteluun. Esimerkiksi Ahlberg (1999) toteaa vastineessaan Kaylle (1999), että eri ikäryhmille pitäisi tutkia optimaalista aikaväliä erikseen, koska lapsilla kehittyä karies nopeammin ja mahdollisilla ongelmilla on suurempi vaikutus lapsiin. Hän myös toteaa että tarkastus kahden vuoden välein on luultavasti riittävä tarkastusväli aikuisille jotka eivät tupakoi.

2.3 Toimeksiantajan toimittama tutkimusaineisto

Lähdeaineisto sisälsi yli 320 000 hoitojaksoa, joihin jokaiseen sisältyi aineistossa määritelty määrä potilaskäyntejä. Jokaisesta hoitojaksosta on arkistoitu alla olevan taulukon Taulukko 1 mukaiset potilastiedot.

Taulukko 1: Toimeksiantajan aineisto

Tietokenttä	Kuvaus
asiakas	Asiakastunnus
potilas_id	Sosiaaliturvatunnuksella luotu potilaskohtainen tunnus
tarkastusvali	Tarkastusten välinen aika päivinä
dplUSD	D+d luokka
dplUSD_kategoria	D+d kategoria
dplUSD_muutos	D+d luokan muutos verrattuna seuraavan tarkastuksen D+d arvoon
jakson_kategoria	Hoitojakson toimenpiteiden kategoria
jakson_ientauti_luokka	Mahdollisen parodontologisen hoidon tyyppi
ikaryhma	Ikäryhmittely 0-17 -vuotiaisiin lapsiin ja aikuisiin
tmp_sum	Hoidon raskautta kuvaava toimenpidesumma
ika_hoidon_alkaessa	Ikä hoitojakson lkaessa
kaynnit	Käyntien määrä yhden hoitojakson aikana

Huolimatta mm. reikiintyneiden hampaiden kokonaislukumäärän puutteesta, teoreettiselta pohjalta saatu aineisto oli eri tutkimuksiin verraten erittäin kattava ja sen laajuus olisi mahdollistanut laajemmankin tilastollisen merkittävän analyysin. Kuitenkin tutkimuksen resurssirajoitteiden vuoksi aineiston osalta keskityttiin vain tiettyihin osa-alueisiin.

Koska tutkimuksen tavoitteena on optimaalisen tarkastusvälin löytäminen ja ottaen huomioon alle 18-vuotiaiden maksuttoman ja usein säännöllisen suun tarkastamisen, olisi järkevämpää tutkia aikuisväestöä, jonka tarkastusvälit voivat vaihdella sekä potilaiden oman tahdon että ilmenevien vaivojen mukaan. Tällöin yksittäisistä riskiryhmistä voitaisiin saada laajempi hajonta, eikä aineisto vaikuttaisi niin vinoutuneelta yksittäisten riskiryhmien kiinteiden, lain määräämien maksimiaikojen rajoituksen vuoksi. Toisaalta, siinä missä aikuisväestön osalta tarkastusvälit saavat varioida vapaammin, on myös nuorten suun terveydenhuollon tarkastusvälejä ryhdytty systemaattisesti säätämään riskien perusteella. Tämä osaltaan vaikeuttaa merkittävien erojen löytämistä lasten ja nuorten joukossa. (Vekara 2012)

Tarkempi aineiston analyysi paljasti myös ennakoitun vinouman aineiston aikuisväestössä. Aikuisten tarkastusvälin jakauma oli huomattavasti lapsia leveämpi, joten tarkastusvälit jakautuivat pidemmälle aikavälille. Koska aineisto on saatu julkisen terveydenhuollon toimijoilta, löytyy syy tähän lasten kapeampiin tarkastusväleihin lakisääteisistä maksuttomista tarkastuksista, minkä vuoksi ikäluokista huomattavan suuret osat tutkitaan

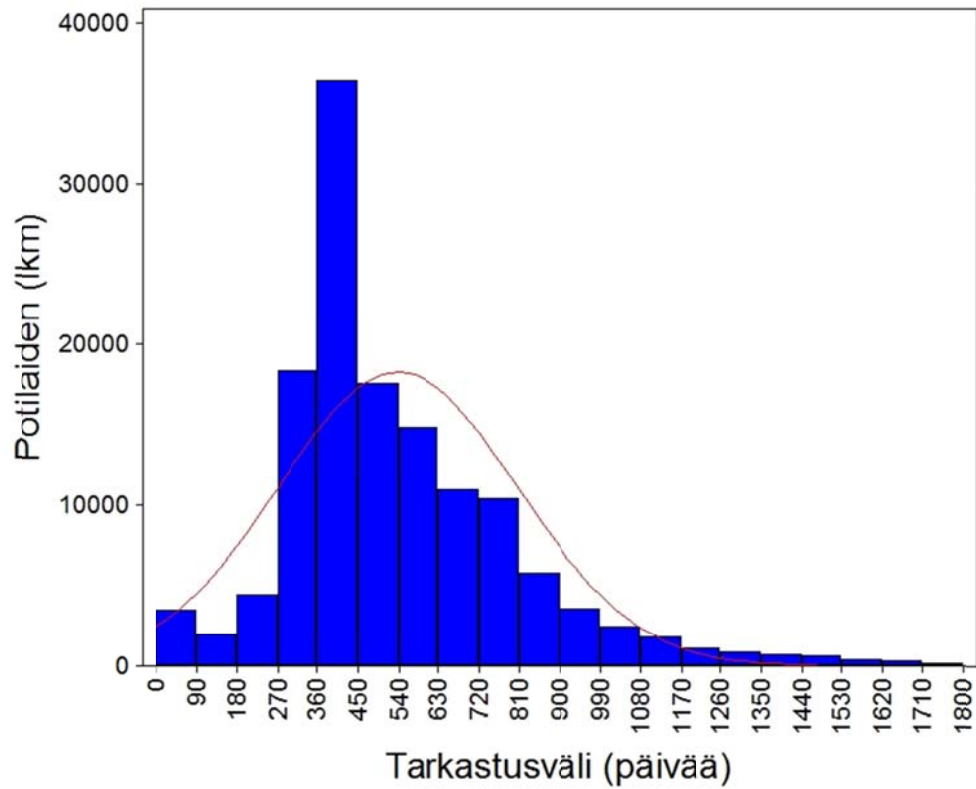
juuri julkisella sektorilla. Toisaalta reikiintyneiden hampaiden kokonaislukumäärän puuttuessa D+d -arvot rajoittuvat ikääntyneemmällä ylhäältä. Näiden potilaiden kaikki hampaat ovat jo vähintään kerran reikiintyneitä, eivätkä he enää voi saada D+d -arvoa lisääviä uusia reikiintyneitä hampaita. Näiden seikkojen vuoksi on tutkimuksellisesti perusteltua jakaa aineisto kahteen osaan: 0-17 -vuotiaisiin lapsiin ja aikuisiin. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin ainoastaan lapsiin, eikä aikuisväestöä näin ollen tutkita lainkaan.

Kuvaajien Kuvaaja 1 ja Kuvaaja 2 perusteella voidaan huomata selvästi, että lapsilla on selkeästi aikuisia suurempi käyntipiikki noin vuoden kohdalla muihin tarkastusväleihin verrattuna, kun puolestaan aikuisilla tämä piikki ei nouse niin selkeästi esiin muihin tarkastusväleihin verrattuna.

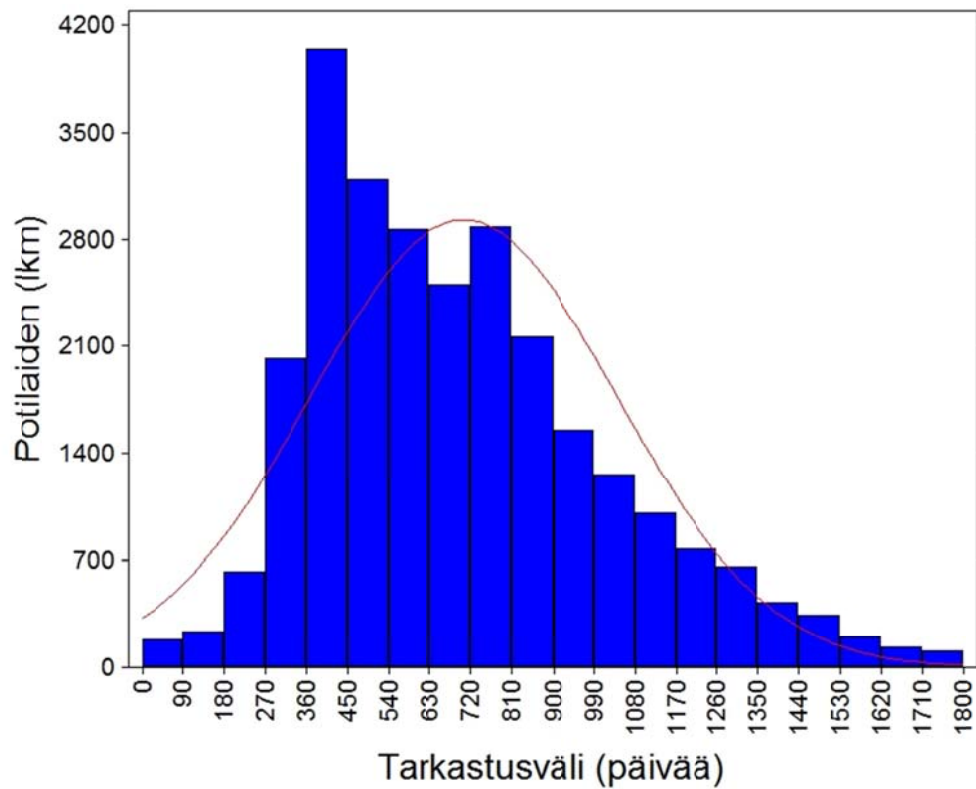
Rajoittavin tekijä tarkastusvälin tutkimusalueen määrittämisessä on käyntitietojen puute äärimmäisten tarkastusvälien tapauksissa, sillä hyvin harva potilas on käynyt tarkastuskäynnillä esimerkiksi viiden vuoden välein. Alarajan osalta ensimmäinen tärkeä virstanpylväs on noin kuuden kuukauden tarkastusvälin käynnit, sillä näitä tiheämmät ovat todennäköisesti aiheutuneet muusta syystä kuin säännönmukaisesta tarkastuksesta. Kirjallisuuden pohjalta pisimmän tarkastusvälin ehdoton alaraja on eri tutkimusten tutkima 24 kuukauden tarkastusväli.

Käytössämme olevassa aineistossa tarkastusväli on määritetty erillisten hoitajaksojen välisenä aikana, jolloin suurimmalla osalla on vaihtelevuutta hammashuollon ehdottamasta tarkastusvälistä. Aineistosta ei voida määrittää ehdotettua tarkastusväliä vaan käytettävissä on ainoastaan toteutunut tarkastusväli. Aineiston pohjalta voidaan huomata, että aikuisilla neljää vuotta ja lapsilla kolmea vuotta pidemmillä tarkastusväleillä aineiston havaintopisteiden määrä jää suhteellisesti hyvin vähäiseksi, eikä esimerkiksi viiden vuoden tarkastusvälien osalta pystytä tekemään tilastollisesti merkittävää analyysiä. Tämän vuoksi joudumme rajoittamaan myös tarkasteltavat tutkimusvälit vähintään kuuteen mutta korkeintaan 36 kuukauteen. Näiden suunniteltujen tarkastusvälien kattamiseksi lopullinen tutkimusaineisto kattaa tutkimusvälit lähtien viidestä kuukaudesta rajautuen aina 37 kuukauteen asti.

Kuvaaja 1: 0-17 -vuotiaiden potilaiden hoitojaksojen pituuksien frekvenssijakauma



Kuvaaja 2: Yli 17 -vuotiaiden potilaiden hoitojaksojen pituuksien frekvenssijakauma



Toimenpiteiden raskautta kuvaava toimenpidesumma on Suomen Hammaslääkäriliitto ry:n määrittämä toimenpiteiden raskautta kuvaava indeksiluku. Näiden indeksilukujen kautta pyritään kuvaamaan koko toimenpiteen kustannusten kertymistä ja siksi se soveltuu hyvin juuri tähänkin tutkimukseen kuvaamaan erilaisten potilaiden hoitajaksojen aiheuttamia kustannusrasitteita. (Hammaslääkäriliitto 2010)

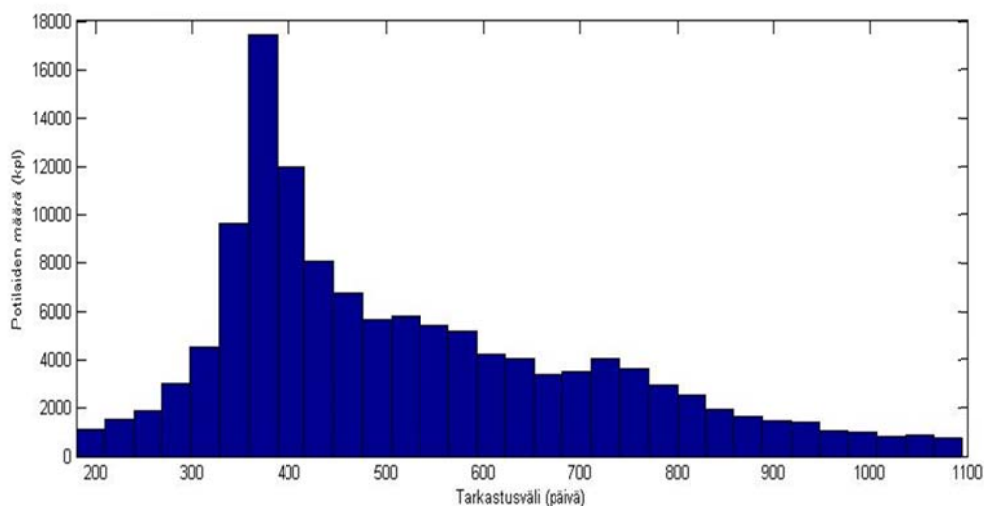
Kuitenkin, ikään ja tarkastusaikaan perustuvalla rajauksella aineistoksi saadaan vielä noin 150 000 hoitajaksoa, jonka voidaan olettaa antavan vielä tilastollisesti merkittäviä tuloksia.

Aikuis- ja lapsiväestöön rajaamisen lisäksi tutkimuksesta on rajattu pois sekä parodontologista suun terveydenhuoltoa tarvitsevat että oikomishoitoa saaneet potilaat. Näiden potilaiden osalta mm. toimenpidesummat eroavat pelkistä kariespotilaista ja vaikuttavat siten simulaatioon.

Simulaatiota varten tutkittavat tarkastusvälit rajattiin lopulta diskreeteiksi: 6, 12, 24 ja 36 kuukauteen.

Kuvaajasta Kuvaaja 3 nähdään eri potilaiden tarkastusvälin jakauma, kun huomioon otetaan ainoastaan alle 18-vuotiaat lapset, joille ei ole tehty parodontologista hoitoa, ja kun heidän tarkastusvälinsä on vaihdellut 6 kuukauden ja 36 kuukauden välillä.

Kuvaaja 3: Potilaiden tarkastusvälien frekvenssijakauma 6 ja 36 kuukauden välillä, ei. sis. parodontologista hoitoa saaneita



Lisäksi datasta määriteltiin keskiarvoiset toimenpidesummat kuvaamaan kustannuksia potilaskäynneille, joissa paikattiin tietty määrä reikiä. Näitä toimenpidesummia eri reikielukumäärälle kuvaavia arvoja on käytetty kaikkien politiikkojen simulaatioajoissa ja esitetään taulukossa Taulukko 2.

Taulukko 2: Toimenpidesummat eri reikien lukumäärälle

Reikien lukumäärä	Keskim. toimenpidesumma	Reikien lukumäärä	Keskim. toimenpidesumma
0	2.176124	6	9.945743
1	4.209492	7	10.29617
2	5.346226	8	11.24485
3	6.627624	9	11.92091
4	7.688335	10	11.70025
5	8.902416		

3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmät

3.1 Tutkimuskysymys ja tutkimuksen tavoite

Projektimme tavoitteena on vastata simulaation ja data-analyysien avulla hammashoidon polttavaan kysymykseen ja josta edelleen saadaan tutkimuskysymyksemme:

Mikä on optimaalinen suun terveyden tarkastusväli erilaisille potilaiden riskiryhmille?

Tavoitteena on siis ryhmitellä ihmiset potilashistoriansa perusteella eri segmentteihin, ja sitten mallintaa jokaisen ryhmän hampaiden terveyden kehitys suhteessa ennaltaehkäisevistä, esimerkiksi tarkastuksista, ja korjaavista, esim. paikkauksista, toimenpiteistä aiheutuviin kustannuksiin. Optimaalisessa tilanteessa suun terveys ei koettaisi liian huonoksi sekä potilaiden että terveydenhuollon ammattilaisten kannalta, eikä siitä aiheutuisi ylimääräisiä kustannuksia.

3.2 Rajoitukset ja yleistettävyys

Tutkimus pyrkii pohjaamaan vain operaatiotutkimuksen ja tilastotieteiden mallintamismahdollisuuksiin, eikä siis pyri ottamaan tarkkaa kantaa simuloitujen mallien hammaslääketieteelliselle tehokkuudelle. Käytössämme on kuitenkin yleisesti määriteltyjä mittareita, joiden pohjalta voidaan tehdä tarkempia tutkimuksia ja päätöksiä liittyen suun terveydenhuollon tarkastusväleihin.

Tutkimus tehdään suomalaisten julkisen terveydenhuollon asiakkaiden käynneistä, joten sen yleistettävyys Suomen ulkopuolelle ei välttämättä ole mahdollista suun terveyden riskitekijöiden eroavaisuuksien, hammashuollon yleisen järjestämisen sekä demografisten ja kulttuuristen tekijöiden vuoksi. Tutkimuksessa käytettävät menetelmät ovat kuitenkin yleistettävissä eri populaatioille ja niitä voidaan hyödyntää sekä esimerkiksi yksityisen sektorin hammashuollon että ulkomaisten toimijoiden kehityksessä.

3.3 Tutkimusmallin määrittely ja segmentointi

Yleisellä tasolla malli koostuu riskiryhmistä, suun terveyttä kuvaavista muuttujista, terveyden aikakehitystä kuvaavasta simulointimallista sekä mallin ulostulon arviointiin käytetyistä menetelmistä. Kutakin näistä käsitellään seuraavissa kappaleissa. Hampaiden terveyttä kuvataan jäljellä olevien terveiden hampaiden lukumäärää kuvaavalla muuttujalla.

Kirjallisuuden pohjalta selkein kariesriskitekijä on potilaan ja hänen lähisukulaisten karieshistoria. Koska potilaiden tietoja ei pysty yhdistämään, eikä näinollen sukulaisten tietoja käyttämään, hyödynnetään mallissa nimenomaisesti potilaan omaa karieshistoriaa. Tutkimusaineisto ei kuitenkaan kata karieksen varsinaista historiaa, joten potilaan karieshistoriaa joudutaan approksimoimaan ns. D+d -arvolla, joka kuvaa reikien määrää hoidon alkaessa. Tämä pohjautuu oletukseen, jossa potilaiden suun terveydentilan muutosnopeus pysyy vakiona. Tällöin esimerkiksi potilaan elintapojen oletetaan olevan muuttumattomia ennen simulaatiota sekä niiden oletetaan pysyvän vakiona myös simulaation kuluessa.

Mallin tarkoituksena on mahdollistaa optimaalisten tarkastusväliaikojen määrittämisen annetuille D+d -riskiryhmille. Mallin antamien tulosten perusteella pystytään laadullisesti arvioimaan suun terveydentilan kehitystä reikiintyneiden hampaiden määrän sekä terveydentilan ylläpidon ja korjaamisen kustannusten suhteen.

Kustannustehokkuusanalyyseissä tarkastellaan eri pituisiin tarkastusväliaikoihin liittyviä terveysvaikutuksia ja kustannuksia tietyn elinkaaren, esimerkiksi potilaan keskimääräisen hampaiden säilyvyysajan yli, sekä näiden välillä vallitsevaa vaihtosuhdetta. Kirjallisuuden esimerkkien pohjalta voidaan esimerkiksi todeta, että pidentämällä tarkastusväliaikaa 6 kuukaudella voitaisiin saavuttaa X:n euron säästö potilasta kohden samaan aikaan kun Y hammasta enemmän reikiintyy potilaan elämän aikana.

Suun terveyden kirjallisuudessa ei ole laajalti määritetty yksiselitteisiä laatumittareita, kuten yleislääketieteen puolella esiintyviä lautupainotettuja elinvuosia, joten laadun mittarina on järkevintä käyttää juuri reikiintyneiden hampaiden lukumäärää. Kustannusten osalta tutkimuksen käytössä ei ole tarkkoja henkilöstö- ja muita kuluja sisältäviä potilaskohtaisia kokonaiskustannuksia, minkä vuoksi tutkimuksessa on käytetty hoitojakson toimenpiteiden raskautta kuvaavia toimenpidesummaa kokonaiskustannusten estimaattorina. Tämän pitäisi ennustaa hyvin kokonaiskustannuksia erityisen henkilöstöpainotteisella alalla.

3.4 Simulointimalli

Matemaattisia malleja rakennettaessa tulee kiinnittää paljon huomiota kohdefunktion valintaan. Yksinkertaisin valinta hammashuollon piirissä olisi kumuloituneen toimenpidesumman minimointi sekä käyttäjän kokeman hyödyn maksimointi. Toimeksiantajan esittämä työhypoteesi oli, että kullekin riskiryhmälle olisi olemassa optimaalinen tarkastusväliaika ja tätä vastaava kustannusminimi. Tällöin oletettaisiin, että tarkastusväliajan lyhentäminen tai pidentäminen tästä optimista kasvattaa kustannuksia. Lyhentämisen pitäisi kasvattaa kustannuksia tarpeettomien käyntien takia ja pidentämisen

pitäisi kasvattaa kustannuksia kasvavien suuta korjaavien toimenpiteiden takia. Tätä toimeksiantajan esittämää oletusta tutkittiin muodostamalla malli, jossa arvioidaan potilasryhmän elinkaaren aikana kerryttämää toimenpidesummaa. Jos alkuoletus pitää paikkansa, tarkastusväliajan pidentäminen loputtomiin ei ole kannattavaa vaikka potilaan kokemaa suun terveyttä ei otettaisi mitenkään huomioon.

Kirjallisuuden pohjalta on löydettävissä ainoastaan yksittäisiä simulointimalleja hammassairauksille. Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta aluksi tutkittiin diskreettiaikaisen simulointimallin käyttämistä hampaiden reikiintymisen mallintamiseen, mutta tästä ei löydetty suoria kirjallisuusesimerkkejä. Hoitopolitiikkojen taloudellisia vaikutuksia arvioivia artikkeleita on kuitenkin kirjoitettu. Näissä kariuksen etenemistä populaatiossa kuvattiin markovilaisella tilansiirtomallilla, jonka avulla voidaan esimerkiksi muodostaa tilat luokittelemalla joko olemassa olevien tai uusien reikiintyneiden hampaiden lukumäärä ja estimoida tilansiirtotodennäköisyydet epidemiologisista tiedoista. Tällaisia malleja nimitetään yleensä markovilaisiksi päätöksentekomalleiksi (Markov Decision Process, MDP).

Toinen simulaatiomahdollisuus löytyy teiden kunnossapidossa käytetystä tilansiirtomallista, jossa muuttujina ovat tieosuuden kuntoluokitus sekä aika edellisestä korjauksesta (Baarman et al. 2009), (Mild, Salo 2009). Kullakin aika-askeleella kuntoluokitus voi joko pysyä samana tai laskea yhden tason verran. Tässä mallissa tilansiirtotodennäköisyydet estimoidaan vertaamalla, kuinka suuri osa datassa kussakin kuntoluokituksesta ja edellisestä korjauksesta kuluneen ajan muodostamassa tilassa olevista tieosuuksista siirtyi seuraavalla askeleella alempaan kuntoluokkaan ja kuinka moni pysyi samassa kuntoluokassa. Hammashoitoon tätä mallia voitaisiin soveltaa käyttämällä kuntoluokitusta vastaavana muuttujana esimerkiksi uusien reikiintyneiden hampaiden lukumäärää ($D+d$), josta muodostetaan pieni määrä luokkia.

3.5 Markovilaisten tilansiirtomatriisien estimointi

Tilansiirtomatriisi kertoo todennäköisyydet, millä tietyn riskiryhmän tai historian potilaalle muodostuu tietty määrä reikiä tietyn tarkastusvälin aikana. Historiatietona käytetään viime tarkastuksessa havaittujen reikien määrää, joka on paras käytettävissä olevista potilaan karieshistoriaa ennustavista estimaateista.

Ensimmäisessä vaiheessa tilansiirtomatriisit estimoitiin suoraan aineistosta. Jokaista tarkastusväliä kohti (6, 12, 24, 36 kuukautta) muodostettiin oma matriisi, jonka riveinä käytettiin potilaan historialuokkaa ja sarakkeina muodostuneiden reikien lukumäärää. Solun nollan ja yhden väliin jäävä arvo kertoo todennäköisyyden kyseiselle tapahtumalle eli

tilamuutokselle. Aineiston avulla laskettiin keskiarvot eri tapahtumien todennäköisyyksille. Esimerkiksi 6 kuukauden tarkastusvälin matriisin arvot, eli reikien lukumäärän todennäköisyysjakauma eri potilashistorian omaaville, laskettiin viiden ja seitsemän kuukauden pituisten tarkastusvälien potilastapahtumien perusteella.

Simulaatiovaiheessa tällä tavalla estimoidut matriisien arvot eivät kuitenkaan antaneet tyydyttäviä tuloksia, useammasta eri syystä. Ensinnäkin kirjallisuuden ja aineiston pohjalta oli nähtävissä, että suomalaiset hammaslääkärit tietoisesti antavat jo lyhyempiä tarkastusvälejä korkeamman riskin potilaille, joiden hampaat reikiintyvät helposti. Tämä johtaa siihen, että lyhyille tarkastusväleille lasketut matriisit ennustavat suurempaa reikiintymistä kuin pidemmille aikaväleille lasketut. Simulaatiossa tämä vinouma näkyy sellaisina tuloksina, joissa tiheämmällä tarkastamisella potilaille muodostuu enemmän reikiä. Koska karies etenee melko tasaisena prosessina, on tällainen tulos tietysti epälooginen mutta selittyy tällä lyhytaikaisten matriisien liian suurilla reikiintymistodennäköisyyksillä.

Korjauksena liiallisen suuriin reikiintymistodennäköisyyksiin testattiin homogeenista Poisson-prosessia, jolla tavallisesti voidaan estimoida tapahtumien lukumäärää aikayksikössä. Prosessin oletuksina on että:

- alussa hetkellä $t = 0$ vikaantumisten lukumäärä $N(0) = 0$
- toisiaan leikkaamattomien aikavälien aikana tapahtuneiden vikaantumisten lukumäärät ovat riippumattomia
- minkä tahansa t :n levyisen aikavälin aikana vikaantumisten lukumäärä on Poisson-jakautunut parametrilla λt siten, että
- $P[N(t_2) - N(t_1) = n] = \left(\frac{[\lambda(t_2 - t_1)]^n}{n!} \right) e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$
- Esimerkiksi se todennäköisyys, että 6 kuukauden kuluessa on vikaantunut tasan 2 hammasta on:
- $P[N(6) = 2] = \left(\frac{[\lambda(6)]^2}{2!} \right) e^{-6\lambda}$ (Modarres 2006)

Sovittamalla jo laskettuihin tilansiirtomatriiseihin tällaisen prosessin aiemmin mainittu biasoituneiden matriisien ongelma on ratkaistu, olettaen että prosessi antaa hyviä arvoja reikiintymiselle. Optimitalanteessa yhdellä sopivalla λ -arvolla jokaista riskiryhmää kohti, voidaan siirtyä pois käyttämästä erillisiä matriiseja jokaista tarkastusväliä kohti, ja sen sijaan saada todennäköisyysarviot suoraan prosessista mielivaltaiselle tarkastusvälille.

PNS-menetelmällä jokaisen tarkastusvälin tilansiirtomatriisin jokaiselle riskiryhmäriiville saadaan laskettua λ -arvon, joka parhaiten sopii datan antamiin todennäköisyysarvoihin. (Taulukko 3) Nämä arvot löytyvät liitteestä. Arvoja tutkimalla käy

ilmi, että 12 kuukauden tilansiirtomatriisien perusteella arvioidut λ -arvot kuvaavat reikiintymistä parhaiten, ja niitä käyttämällä voidaan selittää muidenkin tarkastusvälien todennäköisyydet hyvin.

Näitä λ -arvoja käyttämällä laskettiin simulaation nopeuttamista varten valmiiksi tilansiirtotodennäköisyysmatriisit aiemmin valituille tarkastusväleille: 6, 12, 24 ja 36 kuukautta. Siirtymätodennäköisyydet olisi myös mahdollista laskea simulaation aikana, eikä tarkastusväleissäkään tarvitsisi rajoittua juuri näihin valittuihin.

Taulukko 3: Tilansiirtotodennäköisyyksiä kuvaavat λ arvot

Karieshistoria (D+d)	6 kk	12 kk	24 kk	36 kk
0	0.03931	0.01265	0.00766	0.00648
1	0.13776	0.05899	0.03371	0.02526
2	0.25305	0.08648	0.05065	0.03936
3	0.29555	0.11259	0.07512	0.05927
4	0.49388	0.14287	0.09248	0.09335
5+	0.72266	0.12358	0.02403	0.03979

4 Tutkimustulokset

Tutkimuksen kuluessa aineistoa on sekä muokattu että rajattu sopivan tutkimuspopulaation muodostamiseksi ja lopulta simulointi on laadittu aiemman kappaleen mukaisesti. Tämän lisäksi MATLAB:illa on rakennettu useampiosainen simulaatiomalli, jolla voidaan tutkia ja vertailla eri tarkastuspolitiikkoja. Tarkastuspolitiikka kertoo, kuinka usein kuhunkin potilasryhmään kuuluva asiakas tulee tarkastaa. Esimerkiksi politiikka [36, 12, 6, 6, 6, 6] kertoo, että parhaan ryhmän hampaat ($D+d=0$) tarkistetaan 3 vuoden välein, toiseksi parhaan ryhmän vuoden välein ja lopuille tarkastusajaksi määräytyy puoli vuotta. Jokaiselle potilasryhmälle voidaan käyttää 6, 12, 24 tai 36 kk tarkastusväliä. Näin ollen voidaan erilaisia tarkastuspolitiikkojen permutaatiota luoda 4096 kpl (4^6).

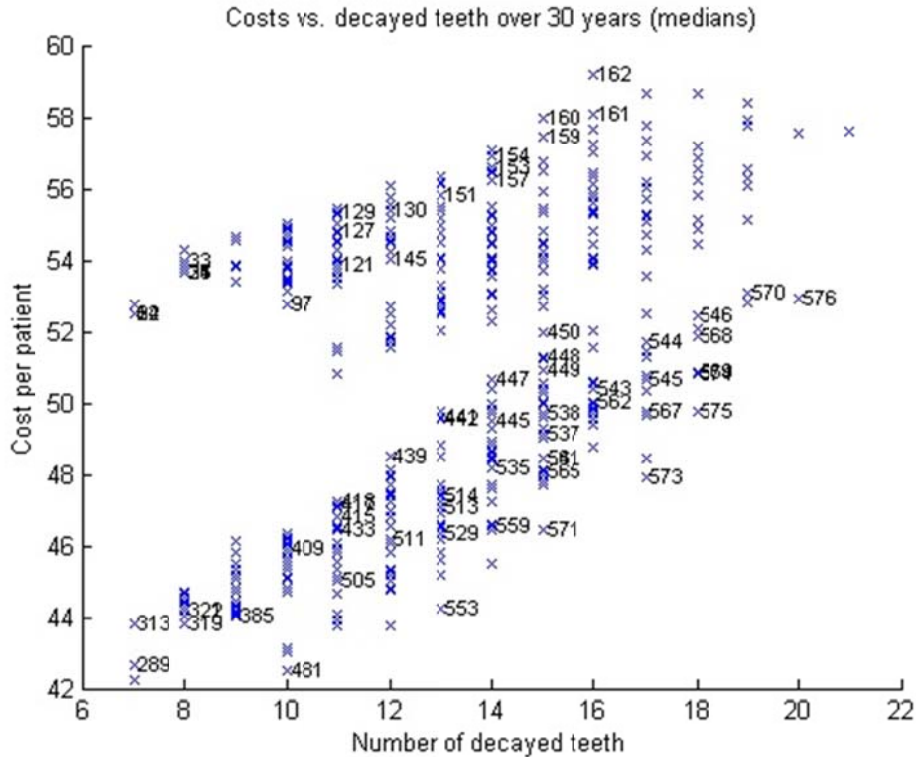
4.1 Kiinnostavimmat politiikat

Kaikkien permutaatioiden kokoelma, 4096 politiikkaa, sisältää kuitenkin paljon politiikkoja, joita ei ole tekemämme kirjallisuuskatsauksen perusteella mielekästä tutkia.

Poistimme parhaalta ryhmältä tarkastusvälit 6 ja 12 kuukautta sekä toiseksi parhaalta kuuden kuukauden tarkastusvälin. Toiseksi huonoimmalta ryhmältä poistimme 36 kuukauden tarkastusvälin sekä huonoimmalta ryhmältä 36 ja 24 kuukauden välit. Näin saimme yhteensä 576 tutkittavaa tarkastuspolitiikkaa. Kun näillä politiikoilla simuloidaan 20 000 hengen populaatiota 30 vuoden ajan saadaan kuvaajan Kuvaaja 4 kaltainen pistejoukko.

Kuvaaja on hieman vaikeasti lähestyttävä koska se sisältää kaikki 576 politiikkaa. Lisäämällä loogisuusehto, että huonomman ryhmän tarkastusväli ei saa olla pidempi kuin paremman, kuvaaja selkiytyy jossain määrin ja mielenkiintoisimmat politiikat saadaan eroteltua muista. Kuvaajassa vain kyseisen loogisuusehdon täyttävät politiikat on numeroitu.

Kuvaaja 4: 20 000 ihmisen populaatio, 30 vuoden simulaatioaika, eri permutaatioita N=576



Huomion arvoisia ovat etenkin politiikat 289, 313, 319, 321, 322, 481 sekä 385. Taulukossa Taulukko 4 on eritellyt kyseiset politiikat sekä niitä vastaavat kustannukset ja keskimäärin reikiintyneiden hampaiden lukumäärä.

Taulukosta voidaan nähdä että politiikkojen 313 ja 319 erona on riskiryhmän $D+d=3$ tarkastusvälin pituus. Tämän tarkastusvälin muutos ei nosta kustannusta mutta keskimäärin yksi hammas enemmän reikiintyy. Toisaalta vertaamalla politiikkoja 289 ja 481 näemme että riskiryhmän $D+d=1$ tarkastusvälin kolminkertaistaminen ei myöskään aiheuta kustannuksissa muutosta mutta sen sijaan hampaita reikiintyy 3 kpl enemmän. Kustannukset eivät vähene, vaikka tarkastusväli kolminkertaistetaan, sillä silloin joudutaan tekemään enemmän hampaiden paikkaamisia.

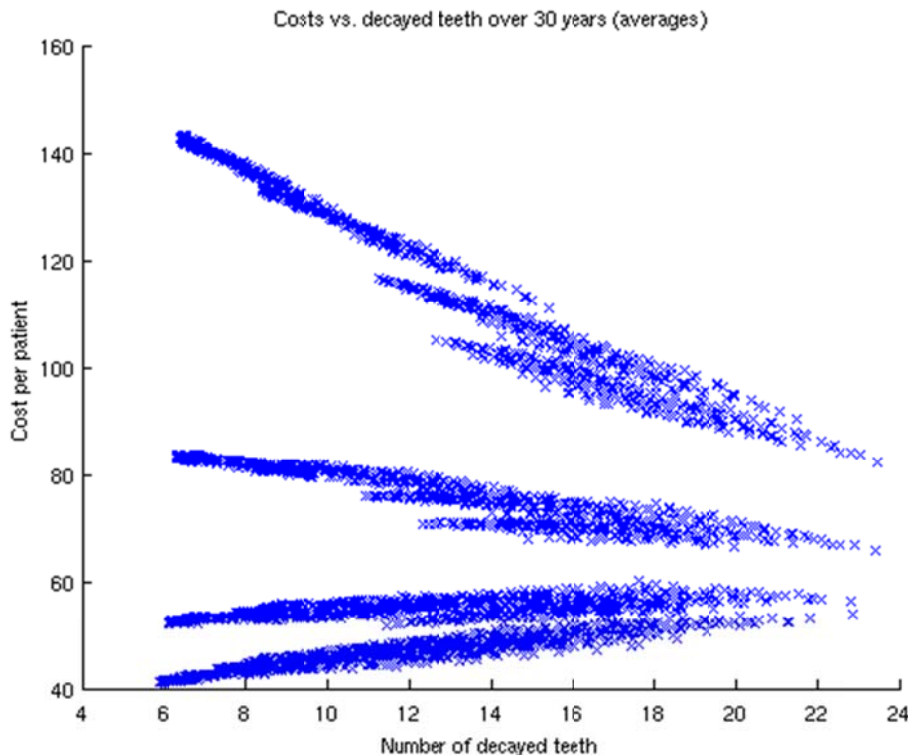
Taulukko 4: Eri politiikkoja ja niiden hampaiden reikiintymisaste ja potilaskohtaiset kustannukset

<i>Politiikka</i> #	<i>D+d 0</i> (kk)	<i>D+d 1</i> (kk)	<i>D+d 2</i> (kk)	<i>D+d 3</i> (kk)	<i>D+d 4</i> (kk)	<i>D+d 5+</i> (kk)	<i>Kustannus</i>	<i>Reik.</i> <i>hamp. lkm</i>
481	36	36	6	6	6	6	42.5	10
385	36	24	6	6	6	6	44	9
322	36	12	12	12	12	12	44.2	8
321	36	12	12	12	12	6	44.2	8
319	36	12	12	12	6	6	43.8	8
313	36	12	12	6	6	6	43.8	7
289	36	12	6	6	6	6	42.7	7
25	24	12	12	6	6	6	53.6	8
1	24	12	6	6	6	6	52.5	7

4.2 Katsaus kaikkien politiikkojen joukkoon

Kuvaajassa Kuvaaja 5 on ajettu kaikki 4096 politiikkaa 10 000 hengen populaatioilla. Kuvaaja havainnollistaa huomattavan, moninkertaisen, eron kustannuksissa hyvien ja huonompien politiikkojen välillä. Mielenkiintoinen huomio on myös pisteiden jakautuminen melko selkeästi neljään vaakasuuntaiseen ryhmään. Nämä neljä ryhmää johtuvat ryhmälle $D+d=0$ määrätyn tarkastusvälin pituudesta. Ryhmälle $D+d=0$ määrätyn tarkastusvälin kasvaessa, $6 \rightarrow 12 \rightarrow 24 \rightarrow 36$, kustannukset laskevat selvästi. Juuri tämän ryhmän vaikutus kustannuksiin on näin radikaali luultavasti, koska suurin osa potilasmassasta kuuluu tähän ryhmään.

Kuvaaja 5: Kaikki politiikat, N=4096, 10 000 hengen populaatio



Ryhmän $D+d=0$ tarkastusvälin lyhentäminen 36 kuukaudesta aiheuttaa huomattavia lisäyksiä kustannuksiin, mutta ei vähennä reikiintymistä. Tutkimustuloksemme ovat yllättävän hyvin yhteensopivia Duodecimin ja Apollonian (2009) Käypä hoito -suositusten kanssa, joissa suositellaan 36 kuukauden tarkastusväliä terveille kariesvauriottomille, 12 kuukauden väliä yksittäisille hitaasti eteneville kariesvaurioille ja 6 kuukauden tarkastusväliä useista kiille- ja dentiittivaurioista kärsiville potilaille.

Esimerkkinä erittäin huonosta politiikasta voidaan mainita [6, 6, 36, 36, 36, 36], jossa kustannukset ovat kolminkertaiset yllä mainittuihin hyviin politiikkoihin verrattuna. Hampaista reikiintyy odotusarvoisesti saman verran kuin optimipolitiikoilla. Tämä selittyy sillä että suurin osa populaatiosta kuuluu pienimpiin riskiryhmiin ja heitä usein tarkastamalla reikiintymistä ei saada vähennettyä - koska se on jo hyvin pientä. Tästä nähdään myös että pitkät tarkastusvälit suuremmille riskiryhmille eivät kasvata reikiintyneiden hampaiden odotusarvoista lukumäärää populaatioon suhteutettuna. Jos 4096:n politiikan joukkoa rajataan aiemmin mainitulla loogisuusehdolla, jää jäljelle vain 84 politiikkaa. Liitteessä Liite 1: esitellään nämä politiikat sekä niistä koostuvat kuvaajat.

5 Yhteenveto ja jatkotutkimukset

Tutkimuksen tuloksena saatiin siis simulaatiomalli, joka simuloi populaation hampaiden reikiintymistä ja tämän populaation aiheuttamaa kustannusrasitetta terveydenhuoltojärjestelmälle.

Tutkimuksen pohjalta saatujen havaintojen ja kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan havaita suuria eroja eri politiikoissa. Erityisesti aineiston pohjalta voidaan suositella suun terveydenhuollossa lapsille käytettäväksi taulukossa Taulukko 4: Eri politiikkoja ja niiden hampaiden reikiintymisaste ja potilaskohtaiset kustannukset Taulukko 4 esitettyjä politiikkoja joissa ryhmän $d+d=0$ tarkastusväli on 36 kk niiden tarjoaman tehokkaimman kustannustason ja alhaisimman reikiintymisasteen vuoksi. Tulokseen on kuitenkin suhtauduttava varauksella, sillä simulaation käyttäytymistä eri populaatioilla ei ole pystytty tutkimaan, eikä vinoutuneesta jakaumasta johdettuun aineistoon voi täysin varmasti luottaa. On kuitenkin perusteltua olettaa, että lähtötilanteessakin todettu eri politiikkojen eriävä kustannus-laatu -taso on selkeästi nähtävissä simulaatiosta.

Tuloksien merkitys erityisesti julkiselle sektorille on merkittävä. Mikäli verrataan vakioidun tarkastusvälin välin politiikkaa kustomoituihin, saadaan merkittäviä kustannussäästöjä aikaiseksi. Jopa kolmannekseen tarkastuskustannusten leikkaaminen on merkittävä tekijä, erityisesti heikon julkisen talouden kunnissa.

Toisaalta myös optimituloksen suhde voimassa oleviin suomalaisiin suosituksiin on toki oletettava mutta samalla myös yllättävä se huomioon ottaen, että tämän kaltaisia tutkimuksia ei juurikaan ole tehty. Tämä osaltaan vahvistaa nykyisen käytännön levittämistä, mikä ei toki vielä ole täysin tapahtunut verrattaen hitaasti muuttuvissa käytänteissä hammashoidon puolella. Sekä tämän että muiden hammaslääketieteen tutkimusten pohjalta on perusteltua suositella tarkastusvälien differoimista – vähintäänkin taloudellisin perustein.

5.1 Jatkotutkimukset

Varsinaisen nykymuotoisen tutkimuksen puitteissa jatkotutkimuksena voitaisiin tarkastella yksittäisten tarkastusten $D+d$ -jakaumaa esimerkiksi $D+d$ -ryhmittäin. Poisson-jakauman arvoistahan nähdään suoraan yksittäisen $D+d$ -ryhmän jakauma, mutta koska potilailla on erilaisia tarkastusvälejä, keskimääräisen tarkastuksen jakaumaa ei niistä näe. Tämän lisäksi jatkotutkimuksissa voitaisiin tarkastella väestön $D+d$ -jakaumaa ja sen kehittymistä ajan myötä. Toimeksiantajan ajatusten sekä kirjallisuuden pohjalta maksimitarkastusvälin kasvattaminen joko 48 tai 60 kuukauteen avaisi uusia tutkimusmahdollisuuksia.

Koska, kyseessä on puhtaasti D+d -arvoon perustuva hampaiden reikiintymiskehitys, ei malli ota muita suun terveyden parametreja huomioon. Kuitenkin mikäli haluttaisiin tutkia laajempaa tavoiteparametrien joukkoa, mallia rakennettaessa voitaisiin arvioida myös, olisiko kannattavaa kehittää laajempi monitavoitteinen arvofunktiot simuloitumallin antamien ennustusteiden arviointiin. Tässä lähestymistavassa valitaan jokin terveyttä kuvaava muuttuja, jolla on joukko mahdollisia arvoja, sekä useita kriteerejä tämän muuttujan arvottamiseen. Päätöksentekijän preferenssit sisällytetään malliin eksplisiittisesti määrittämällä kullekin kriteerille arvofunktiot ja kriteerikohtainen paino päätöksentekijän preferenssien perusteella. Tämä lähestymistapa mahdollistaa optimoinnin, jossa kohdefunktiona on kokonaishyödyn diskontattu summa yli aika-askelien (Mild, Salo 2009).

Huomion arvoista on myös, että tutkimuksessa on tarkasteltu ainoastaan lapsien hampaiden reikiintymistä. Uutena tutkimuskohteena voisi olla tutkia vastaavalla tavalla aikuisväestöä sekä mallintaa näiden iän mukana tuomat muutokset sekä yksilökohtaiseen riskiin että suun tilan yleiseen kuntoon - ottaen huomioon esimerkiksi luonnollisen hampaiden poistumisen vanhuusiällä. Hammaslääketieteellisesti ja metodologisesti syvällisemmin aihetta voitaisiin tutkia ottaen huomioon erilaiset toimenpiteet, esimerkiksi parodontologinen hoito.

Jatkotutkimusten osalta tärkeää olisi saada tarkka tieto siitä, miten ehdollistaminen vaikuttaa perusaineistoon. Jo tällä hetkellä hammaslääkärit antavat riskipohjaisia tarkastusvälejä, mikä osaltaan vaikeuttaa luotettavien riskikertoimien saavuttamista.

6 Lähteet

1. Valtioneuvoston asetus neuvolatoiminnasta, koulu- ja opiskeluterveydenhuollosta sekä lasten ja nuorten ehkäisevästä suun terveydenhuollosta 2009.
2. Laki sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasmaksuista 1992.
3. Ahlberg, J. 1999, "How often should we go to the dentist? Every other year is probably sufficient for non-smoking adults", *BMJ (Clinical research ed.)*, vol. 319, nro 7219, s. 1269-1270.
4. Anthem 2011, *Dental Plans*. Saatavilla: http://www.anthem.com/health-insurance/nsecurepdf/English_IN_dental_plan [10.4.2012].
5. Baarman, L., Eskola, O., Hyttinen, N., Laitonen, J., Martikainen, J., Paatela, M. & Rantanen, T. 2009, *Teiden kunnan ennustemallit kirjallisuudessa sekä riskianalyysiin soveltuvan ennustemallin kehittäminen Suomen tieverkostolle*, Espoo.
6. Bader, J.D. & Shugars, D.A. 1995, "Variation in Dentists' Clinical Decisions", *Journal of public health dentistry*, vol. 55, nro 3, s. 181-188.
7. Beirne, P.V., Clarkson, J.E. & Worthington, H.V. 2007, "Recall intervals for oral health in primary care patients" in *Beirne Paul V, Clarkson Jan E, Worthington Helen V. Recall intervals for oral health in primary care patients. Cochrane Database of Systematic Reviews: Reviews 2007 Issue 4 John Wiley & Sons, Ltd Chichester, UK DOI: 10.1002/14651858.CD004346.pub3*.
8. Bronkhorst, E.M. 2001, "Manpower problems in dentistry", *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*, vol. 108, nro 8, s. 306-308.
9. Davenport, C.F., Elley, K.M., Fry-Smith, A., Taylor-Weetman, C. & Taylor, R.S. 2003, "The effectiveness of routine dental checks: a systematic review of the evidence base", *British dental journal*, vol. 195, nro 2, s. 87-98.
10. Davenport, C. 2003, *The clinical effectiveness and cost-effectiveness of routine dental checks: a systematic review and economic evaluation*
11. Griffin, P.M. 2009, "Understanding and enhancing the dental delivery system", *Information Knowledge and Systems Management*, vol. 8, nro 1, s. 341.
12. Helsingin kaupunki 2012, *Maksutaulukko 2012*. Päivitetty 1.1.2012. Saatavilla: http://www.hel.fi/static/terke/asiakasmaksut/Maksutaulukko2012_1.pdf [27.2.2012].
13. Kay, E.J. 1999, "How often should we go to the dentist?", *BMJ.British medical journal*, vol. 319, nro 7204, s. 204.

14. Kay EJ, Nutall NM. Clinical decision making in dentistry: An Art or a Science? London: British Dental Association, 1997
15. Megaklinikka 2011, *Hinnasto*. Päivitetty 7.10.2011. Saatavilla: <http://www.megaklinikka.fi/hinnasto/> [27.2.2012].
16. Mettes, D. 2005, "Insufficient evidence to support or refute the need for 6-monthly dental check-ups", *Evidence-based Dentistry*, vol. 6, nro 3, s. 62-63.
17. Mettes, T.G., Van Der Sanden, W.J.M., Mulder, J., Wensing, M., Grol, R.P.T.M. & Plasschaert, A.J.M. 2006, "Predictors of recall assignment decisions by general dental practitioners performing routine oral examinations", *European journal of oral sciences*, vol. 114, nro 5, s. 396-402.
18. Mild, P. & Salo, A. 2009, "Combining a multiattribute value function with an optimization model: An application to dynamic resource allocation for infrastructure maintenance", *Decision Analysis*, vol. 6, nro 3, s. 139.
19. Modarres, M. 2006, *Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools and Trends*, Taylor & Francis, Boca Raton
20. Moles, D. 1998, *Assessing interventions: the case for restorative care*, London.
21. Murtomaa, H. & Letto, P. 2005, "Kansanterveyslaista hoitotakuuseen – kerran vuodessa hammaslääkärissä?", *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim*, vol. 121, nro 21, s. 2325-31.
22. National Institutes of Health (U.S.) 2001, "Diagnosis and management of dental caries throughout life", *NIH consensus statement*, vol. 18, nro 1, s. 1-23.
23. NHG 2012, *Aloitustilaisuuden esitykset*.
24. NICE 2004, *Dental recall: Recall interval between routine dental examinations*, NICE, London.
25. Patel, S., Bay, R.C. & Glick, M. 2010, "A systematic review of dental recall intervals and incidence of dental caries", *Journal of the American Dental Association (1939)*, vol. 141, nro 5, s. 527-539.
26. Schouten, B.C., Mettes, T.G., Weeda, W. & Hoogstraten, J. 2006, "Dental check-up frequency: preferences of Dutch patients", *Community dental health*, vol. 23, nro 3, s. 133-139.
27. Sosiaali- ja terveysministeriö 2011, *Hammashuollon maksut*. Päivitetty 28.12.2011. Saatavilla: http://www.stm.fi/sosiaali_ja_terveyspalvelut/asiaksmaksut/hammashuolto [27.2.2012].
28. Statistics Canada 1999, "Catalogue nro 82-003-XIE", *Health Reports*, vol. 11, nro 1.

29. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Hammaslääkäriseuran Apollonian asettama työryhmä 2009, "Karieksen hallinta", *Suomen Hammaslääkärilehti*, vol. 2009, nro 5, s. 21-29.
30. Suomen Hammaslääkäriliitto 2010, *Yksityishammaslääkärihinnaston toimenpiteiden suhdeluvut*. Päivitetty 18.1.2010. Saatavilla: http://www.kirkkonummi.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/kirkkonummi/embeds/21347_Perusturva_kiireellisin_hoidon_jatkohoito_tarjous_liite_2.pdf [11.5.2012].
31. Tan, E.H., Batchelor, P. & Sheiham, A. 2006, "A reassessment of recall frequency intervals for screening in low caries incidence populations", *International dental journal*, vol. 56, nro 5, s. 277-282.
32. United Healthcare 2008, *Dental Plans for Individuals and Families*. Saatavilla: http://www.uhc.com/live/uhc_com/Assets/Documents/37828-GL08.pdf [10.4.2012].
33. Wang, N.J. & Holst, D. 1995, "Individualizing recall intervals in child dental care", *Community dentistry and oral epidemiology*, vol. 23, nro 1, s. 1-7.
34. Vekara, M. 2012, *Haastattelu*.

Liite 1: Projektinhallinta

Projekti toteutettiin kurssin Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari (Mat-2.4177) kurssityönä. Projektipäällikkönä toimi Janrik Öberg, joka vastasi projektin etenemisestä, koordinaatiosta sekä yhteydenpidosta kurssihenkilökuntaan ja asiakkaaseen.

Projektin aikana säännöllisten kurssiesitysten lisäksi pidettiin myös asiakas tietoisena projektin etenemisestä. Projektin etenemisestä tiedotettiin väliraporttien lisäksi myös säännöllisillä tapaamisilla ja sähköpostin välityksellä.

Projektin resurssit

Projektityöryhmän muodostivat Ville Poikolainen, Vesa Riekkinen, Joonas Tarpila sekä projektipäällikkö Janrik Öberg. Työryhmän lisäksi toimeksiantaja NHG:n edustajina toimivat Yrjänä Hynninen ja Lari Koukkula.

Näiden lisäksi projektityössä hyödynnettiin sekä NHG:n että ulkopuolisten hammaslääketieteen ammattilaisten näkemyksiä toimialaan liittyvien erityispiirteiden vuoksi ja kurssihenkilökuntaa matemaattisen mallin rakentamisessa.

Työnjako toteutettiin karkeasti seuraavalla tavalla:

- Janrik Öberg – projektin hallinta, mallin ja simulaation ohjelmointi
- Vesa Riekkinen – mallin ja simulaation ohjelmointi
- Ville Poikolainen – kirjallisuuskatsaus, lähteiden hallinta
- Joonas Tarpila – Datat käsittely, rajaaminen ja muokkaaminen sekä parametrien laskeminen mallia varten

Projektin riskit

Projektin suurimmat riskit liittyivät sen tutkimukselliseen haasteeseen. Kirjallisuuskatsausten perusteella asiaa on tutkittu viimeiset 30 vuotta hyvin eriävin tuloksin. Simulointimallien avulla aihepiiriä on tutkittu mutta näidenkin tutkimusten tulokset ovat jääneet laihaksi. Tähän osa-alueeseen simuloinnista kokemattoman projektiryhmän tuli keskittyä tarkasti, jotta tulokset vastasivat projektille asetettuja odotuksia.

Kurssi ja koko projekti toteutettiin melko pitkällä aikavälillä työmääränkin ollessa melko suuri. Tämä lisäsi projektin johtamisen ja etenemisen seurannan haasteita. Säännölliset projektitapaamiset tukivat projektin etenemisessä.

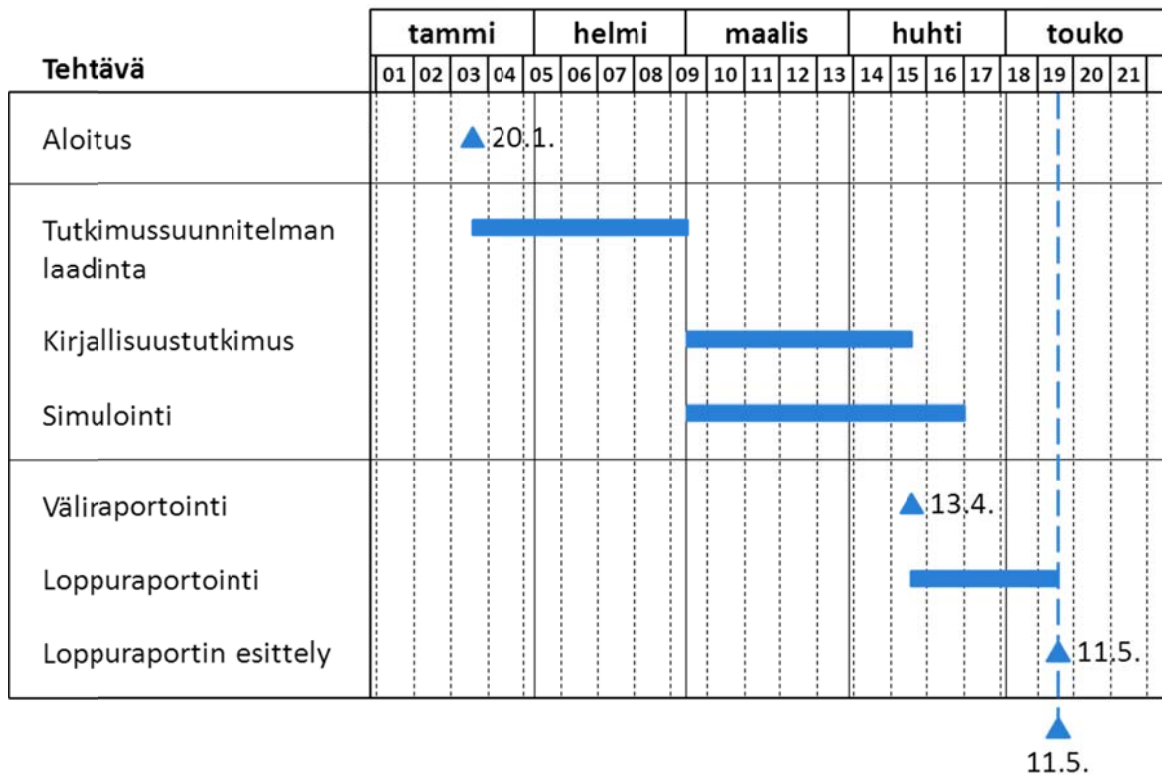
Lisäksi tutkimusalueen ollessa erittäin laaja ja käyttökelpoinen, tuli projektin rajauksissa sekä ydintarkoituksessa pysyä tarkasti. Aikataulun ja projektin resurssirajoitteiden vuoksi kaiken projektin toiminnan tuli olla tavoitteeseen tähtäävää.

Aluksi saimme simulaatiollamme tuloksia, joiden käyttökelpoisuus oli kyseenalainen. Suurilta osin tämä johtui datasta ja sen muodosta sekä siitä muodostetuista tilansiirtomatriiseista. Matemaattinen malli oli toimiva kuitenkin helposti muokattavissa ja sen tuo hyötyä asiakkaalle, vaikka tulokset olisivatkin jääneet laihaksi.

Projektin aikataulu

Yleisesti ottaen projekti eteni hyvin aikataulussa. Ainoana viivästyksenä voidaan mainita simulaatioajojen venyminen alkuperäisestä suunnitelmasta. Tämä johtui melko myöhäisessä vaiheessa uudellen muodostetuista siirtymätodennäköisyysmatriiseista.

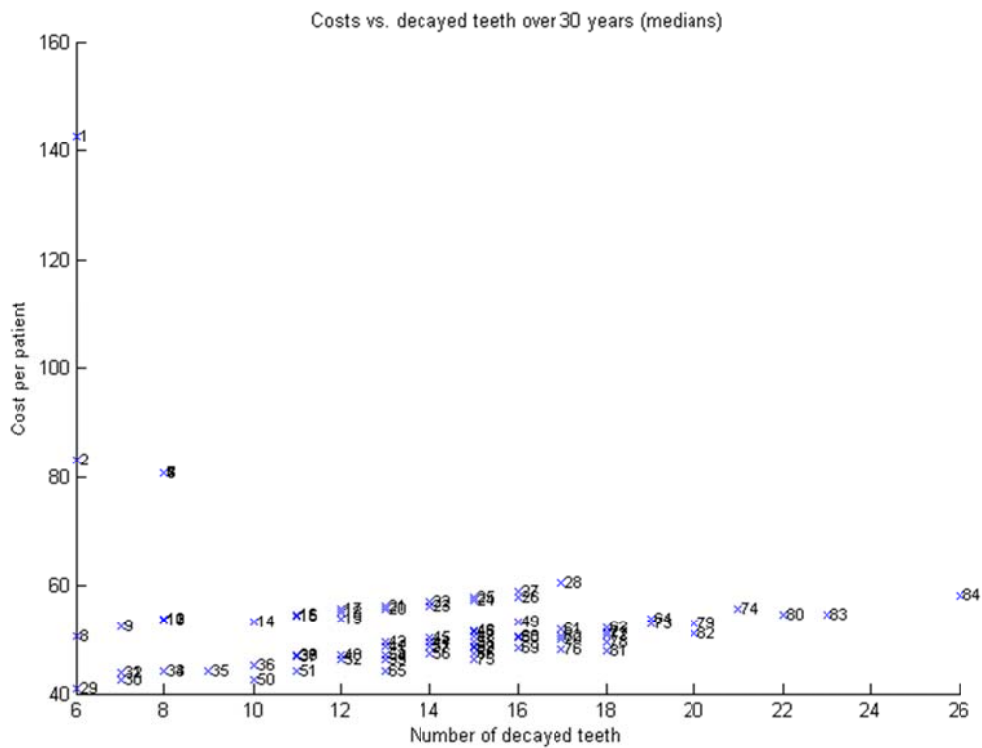
Taulukko 5: Projektin eteneminen



Liite 2: Loogisuusehdon täyttävät politiikat

Alla olevasta kuvaajasta nähdään ne 84 politiikkaa, jotka jäävät koko hakuavaruudesta (4096 politiikkaa) jäljelle, kun lisätään ehto, jossa korkeamman riskin ryhmällä ei sallita pidempää tarkastusaikaa kuin matalamman. Kuvaaja havainnollistaa hyvin kuinka väärin valittu politiikka, esimerkiksi politiikka numero 1, voi aiheuttaa moninkertaiset kustannukset parempaan esimerkiksi politiikkaan numero 30, verrattuna. Taulukosta Taulukko 6 selviää kunkin kuvaajassa näkyvän politiikan rakenne, muodossa $[d+d=0, \dots, d+d=5+]$, jossa $d+d=0$ kertoo kuinka monen kuukauden tarkastusväli tähän ryhmään kuuluvalle potilaalle määrätään.

Kuvaaja 6: Järkevät politiikat, joissa korkeamman riskin potilaiden tarkastusväli ei voi olla matalamman riskin ryhmiä pidempi



Taulukko 6: Lista loogisuusehdon täyttävistä politiikoista

<i>Politiikka</i>	<i>kk</i>	<i>Politiikka</i>	<i>kk</i>	<i>Politiikka</i>	<i>kk</i>
1	[6,6,6,6,6,6]	29	[36,6,6,6,6,6]	57	[36,36,24,12,12,6]
2	[12,6,6,6,6,6]	30	[36,12,6,6,6,6]	58	[36,36,24,12,12,12]
3	[12,12,6,6,6,6]	31	[36,12,12,6,6,6]	59	[36,36,24,24,6,6]
4	[12,12,12,6,6,6]	32	[36,12,12,12,6,6]	60	[36,36,24,24,12,6]
5	[12,12,12,12,6,6]	33	[36,12,12,12,12,6]	61	[36,36,24,24,12,12]
6	[12,12,12,12,12,6]	34	[36,12,12,12,12,12]	62	[36,36,24,24,24,6]
7	[12,12,12,12,12,12]	35	[36,24,6,6,6,6]	63	[36,36,24,24,24,12]
8	[24,6,6,6,6,6]	36	[36,24,12,6,6,6]	64	[36,36,24,24,24,24]
9	[24,12,6,6,6,6]	37	[36,24,12,12,6,6]	65	[36,36,36,6,6,6]
10	[24,12,12,6,6,6]	38	[36,24,12,12,12,6]	66	[36,36,36,12,6,6]
11	[24,12,12,12,6,6]	39	[36,24,12,12,12,12]	67	[36,36,36,12,12,6]
12	[24,12,12,12,12,6]	40	[36,24,24,6,6,6]	68	[36,36,36,12,12,12]
13	[24,12,12,12,12,12]	41	[36,24,24,12,6,6]	69	[36,36,36,24,6,6]
14	[24,24,6,6,6,6]	42	[36,24,24,12,12,6]	70	[36,36,36,24,12,6]
15	[24,24,12,6,6,6]	43	[36,24,24,12,12,12]	71	[36,36,36,24,12,12]
16	[24,24,12,12,6,6]	44	[36,24,24,24,6,6]	72	[36,36,36,24,24,6]
17	[24,24,12,12,12,6]	45	[36,24,24,24,12,6]	73	[36,36,36,24,24,12]
18	[24,24,12,12,12,12]	46	[36,24,24,24,12,12]	74	[36,36,36,24,24,24]
19	[24,24,24,6,6,6]	47	[36,24,24,24,24,6]	75	[36,36,36,36,6,6]
20	[24,24,24,12,6,6]	48	[36,24,24,24,24,12]	76	[36,36,36,36,12,6]
21	[24,24,24,12,12,6]	49	[36,24,24,24,24,24]	77	[36,36,36,36,12,12]
22	[24,24,24,12,12,12]	50	[36,36,6,6,6,6]	78	[36,36,36,36,24,6]
23	[24,24,24,24,6,6]	51	[36,36,12,6,6,6]	79	[36,36,36,36,24,12]
24	[24,24,24,24,12,6]	52	[36,36,12,12,6,6]	80	[36,36,36,36,24,24]
25	[24,24,24,24,12,12]	53	[36,36,12,12,12,6]	81	[36,36,36,36,36,6]
26	[24,24,24,24,24,6]	54	[36,36,12,12,12,12]	82	[36,36,36,36,36,12]
27	[24,24,24,24,24,12]	55	[36,36,24,6,6,6]	83	[36,36,36,36,36,24]
28	[24,24,24,24,24,24]	56	[36,36,24,12,6,6]	84	[36,36,36,36,36,36]