

Salibandyn juniorisarjojen otteluohjelmien optimointi Länsi-Suomessa

Salomon Koivisto

Perustieteiden korkeakoulu

Kandidaatintyö
Espoo 16.9.2024

Vastuupettaja

Prof. Ahti Salo

Työn ohjaaja

DI Leevi Olander

Copyright © 2024 Salomon Koivisto

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Tekijä Salomon Koivisto

Työn nimi Salibandyn juniorisarjojen otteluohjelmien optimointi Länsi-Suomessa

Koulutusohjelma Teknistieteellinen kandidaattiohjelma

Pääaine Matematiikka ja systeemitieteet **Pääaineen koodi** SCI3029

Vastuopettaja Prof. Ahti Salo

Työn ohjaaja DI Leevi Olander

Päivämäärä 16.9.2024

Sivumäärä 21

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Otteluohjelmien suunnittelu käsin vie monissa urheilulajeissa paljon aikaa. Suunnittelutyötä vaikeuttavat lisärajoitukset, joita halutaan ottaa huomioon. Suuren ajankäytön tuomien haasteiden lisäksi otteluohjelmissa halutaan saavuttaa tiettyjä tavoitteita, joita ovat esimerkiksi katsojien lukumäärän maksimointi ja joukkueiden matkustuskilometrien minimointi.

Tässä työssä tutkittiin salibandyn otteluohjelmien optimointia juniorisarjassa, joka ei käytä kiertovuorottelujärjestelmää. Tutkimuksessa kehitettiin kokonaislukuoptimointimalli, jolla voitiin optimoida turnauskaupungit ja otteluparit. Optimoinnin tavoitteena oli minimoida joukkueiden ottelumatkojen pituus kauden aikana sekä minimoida samojen otteluparien esiintyvyys otteluohjelmassa.

Aineistona käytettiin yhden kevätkauden toteutunutta otteluohjelmaa Suomen Salibandyliitolta. Otteluohjelmalle löydettiin optimaalinen ratkaisu, joka täytti sarjassa vaaditut rajoitukset. Matkustuskilometrejä onnistuttiin vähentämään 50 km, jolloin muutos oli 2,8%. Muuten optimointimallin tuottamat tulokset olivat yhteneviä käytetyn aineiston kanssa.

Avainsanat kokonaislukuoptimointi, otteluohjelmien suunnittelu, juniorisarjat, ei-kiertovuorotteluita käyttävä sarja

Author Salomon Koivisto

Title Optimization of floorball junior series timetables in Western Finland

Degree programme Bachelor's Programme in Science and Technology

Major Mathematics and Systems Sciences **Code of major** SCI3029

Teacher in charge Prof. Ahti Salo

Advisor M.Sc. (Tech.) Leevi Olander

Date 16.9.2024 **Number of pages** 21 **Language** Finnish

Abstract

Scheduling sports timetables by hand takes a lot of time in many sports. Additional restrictions that are wanted to take in account bring challenges to the planning. In addition to the challenges brought by great use of time, the sports timetable scheduling wants to achieve certain goals, such as maximizing the number of spectators and minimizing the traveled distance by the teams.

This thesis investigated the optimization of floorball timetables in the junior series, which does not use robin round tournament system. The research developed an integer program that can be used to optimize tournament cities and match pairs. The goal of the optimization was to minimize the distance traveled by the teams during the season, as well as to minimize the occurrence of the same match pairs in the timetable.

The timetable of one spring season from Finnish Floorball Federation was used as data. The optimal solution was found for the timetable, which filled the required restrictions in the series. It was managed to reduce the travel kilometers by 50 km, so the change was 2,8%. Otherwise, the results produced by the optimization model were consistent with the data used.

Keywords integer programming, sports timetable scheduling, junior series, non-robin round tournament

Sisällys

Tiivistelmä	3
Tiivistelmä (englanniksi)	4
Sisällys	5
1 Johdanto	6
2 Aikaisempi tutkimus	7
3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät	9
3.1 Toteutuneet otteluohjelmat	9
3.2 Optimointimalli	11
3.2.1 Päätösmuuttujat	11
3.2.2 Rajoitukset	12
3.2.3 Kohdefunktiot	13
3.3 Optimointimallit	14
4 Tulokset	15
4.1 Optimointimallien ratkaisut	15
4.2 Vaihtoehtoinen ratkaisu	17
5 Yhteenveto	18

1 Johdanto

Urheilulajit saavuttavat paljon yleisöä niin paikan päällä kuin erilaisissa lähetyksissä, kuten radiossa tai TV:ssä. Erityisesti ammattilaistasolla urheilusta on tullut merkittävä liiketoiminta, joka johtuu esimerkiksi suurista investoinneista pelaajasopimukseen tai mainostamiseen (Kendall et al., 2010). Myös tulot lippumyynnistä ja oheistuotteista ovat merkittävät, joten otteluohjelmat suunnitellaan niin, että paikalle saadaan mahdollisimman paljon yleisöä tai katsojia lähetyksien välityksellä.

Yleisesti otteluohjelmien suunnittelun tavoitteena on määrittää otteluiden päivämäärät ja paikat. Näiden lisäksi suunnittelussa halutaan ottaa muita tekijöitä huomioon, jolloin otteluohjelma voidaan optimoida esimerkiksi maksimoimalla lähettävien TV-lähetyksien määrä (Ribeiro ja Urrutia, 2007b). Haasteita suunnitteluun tuo vaihtoehtoisten otteluohjelmien määrä, joka kasvaa joukkueiden ja otteluiden lukumäärän kasvaessa. Näiden joukosta otteluiden asettelijan tulisi löytää sopiva otteluohjelma joukkueille. Erityisen vaikean ongelmasta tekevät mahdolliset lisärajoitukset, jotka eivät ole välttämättömiä sarjan toimivuuden kannalta, mutta ovat otettava huomioon otteluohjelmien suunnittelussa. Näitä ovat esimerkiksi peräkkäisten vieraspelien rajoittaminen alle kolmeen tai että suosituiden joukkueiden ottelut eivät ole samana päivänä (Gurobi, n. d.).

Tämä työ käsittelee salibandyn otteluohjelmien optimointia ja suunnittelun haasteita Suomen juniorisarjoissa. Salibandyn otteluohjelmalla tarkoitetaan tässä työssä suunnitelmaa, joka kertoo pelattavien turnausten päivämäärät, ottelupaikat, turnausten järjestäjajoukkueet ja turnausten keskinäiset vastustajat. Turnauksella tarkoitetaan pelitapahtumaa, johon osallistuvat kaikki kaudelle ilmoittautuneet joukkueet. Turnauksessa pelataan tyypillisesti useampi kierros, jolla tarkoitetaan joukkueiden yksittäisiä otteluita. Jokaisella kierroksella joukkue siis pelaa yhden ottelun otteluohjelmassa määrättyä vastustajaa vastaan.

Monissa urheilulajeissa otteluohjelmien laatiminen käsin vie paljon aikaa. Käsin tehtävän työn vähentämiseksi otteluohjelmien suunnittelussa käytetään esimerkiksi kiertovuorotteluita (Rasmussen ja Trick, 2006; Kendall et al., 2010; Ribeiro, 2012). Kiertovuorotteluita käyttävässä sarjassa joukkueet kohtaavat toisensa yhtä monta kertaa kauden aikana. Tällä tavalla on esimerkiksi mahdollista optimoida otteluohjelma siten, että joukkueet matkustavat mahdollisimman vähän kauden aikana.

Kuitenkaan tämä ei ratkaise kaikkia suunnittelun ongelmia, sillä joissakin sarjoissa ei käytetä kiertovuorotteluita. Haasteita tuottaa erityisesti juniorisarjojen suunnittelu, josta ei ole merkittävästi aiempaa tutkimusta. Kun verrataan juniori- tai harrastesarjojen otteluita ammattilaisiin, eroja tuo rahan ja vakioidun sarjatyypin puute (Ribeiro, 2012). Harrastesarjat vaativat ammattisarjojen tapaan merkittävästi koordinoitua ja esimerkiksi matkustaminen on iso kulu urheiluseuroille, koska sponsorien tukea ei ole. Juniorisarjoissa ei yleensä käytetä kiertovuorotteluita, eivätkä siten kaikki joukkueet esimerkiksi kohtaa toisiaan ollenkaan kauden aikana. Lisäksi ottelut saatetaan pelata sarjatornauksina, jossa kaikki joukkueet matkustavat yhteen kaupunkiin pelaamaan kerrallaan. Sarjatornausmalli siis eroaa perinteisestä tavasta, jossa vierasjoukkue matkustaa kotijoukkueen luo pelaamaan. Jos joukkueita on paljon tai joukkueiden etäisyydet ovat suuria, on myös mahdollista, että joukkueet

jaetaan kahteen ja otteluita pelataan kahdessa kaupungissa samanaikaisesti. Näin joukkueiden ottelupaikalla vietettyä aikaa saadaan vähennettyä.

Erityisesti juniori- ja harrastesarjojen otteluohjelmien suunnittelussa on huomioitava nuorten koulunkäynti, harrastukset ja muu elämä. Matkustuksen ja ottelupaikalla vietetyn ajan minimointi ei ole pelkästään taloudellinen kysymys, vaan myös hyvinvoinnin ja yleisen jaksamisen kannalta tärkeää. Tästä syystä optimoinnin tavoitteet ovat monimutkaisempia, kun pyritään tasapainottamaan useita eri tavoitteita ja rajoituksia.

Nykyisin juniorisarjojen otteluohjelmat suunnitellaan käsin, mikä vaatii paljon aikaa. Tämän työn tavoitteena on esittää ratkaisuja Suomen Salibandyliitolle otteluohjelmien suunnittelun tueksi. Työ pyrkii vähentämään käsin tehtävän työn määrää ja samalla parantamaan otteluohjelmien laatua. Työssä laaditaan kokonaislukuoptimointimalli, jolla voidaan määrittää otteluohjelma minimoiden seurojen matkustuskilometrit ja samat otteluparit kauden aikana.

Työ rajataan yhteen juniorisarjaan Länsi-Suomen kortteliliigassa, jossa on käytössä sarjajärjestelmä. Kauden pelitapahtumat koostuvat siten pelkästään turnauksista, ja kortteliliigassa jokaisessa turnauksessa pelataan kaksi kierrosta. Otteluohjelma optimoidaan yhdelle syys- tai kevätkaudelle kerrallaan, sillä osallistuvien joukkueiden määrä saattaa vaihtua kevään ja syksyn välillä.

Tunnettuja ratkaisumenetelmiä sekä niiden laskennallista tehokkuutta urheilulajien otteluohjelmien suunnittelussa käsitellään luvussa 2. Työssä käytetään aineistona toteutuneita otteluohjelmia Suomen Salibandyliitolta. Aineisto esitellään, ja työssä käytetyt optimointimallit kuvataan luvussa 3. Luku 4 esittelee optimointimallien tulokset. Luvussa 5 työn tuloksista tehdään yhteenveto ja tarkastellaan jatkotutkimusaiheita.

2 Aikaisempi tutkimus

Otteluohjelmien suunnittelussa tutkimuskirjallisuudessa nousee esille ylivoimaisesti eniten kiertovuorotteluiden käyttö. Näiden kesken on kuitenkin olemassa useita lähestymistapoja otteluohjelmien suunnitteluun ja optimointiin, mitä käsitellään tässä luvussa. Otteluohjelmien suunnittelussa on yleisesti toivottua, että sama joukkue ei pelaa kahta peräkkäistä peliä koti- tai vierasjoukkueena (Elf et al., 2003). Régin (2000) esitteli optimointimallin, jolla minimoidaan peräkkäisten koti- tai vieraspelien lukumäärä joukkueiden kesken. Näin voidaan muodostaa tasapuolinen otteluohjelma, jossa joukkueilla on yhtä paljon taukoa matkustamisesta. Myös yleisön kannalta tämä on järkevää, jotta katsojat eivät joudu matkustamaan toiseen kaupunkiin kahta kertaa peräkkäin katsoakseen joukkueen peliä.

Elt et al. (2003) tutkivat samaa ongelmaa optimointimallin tehokkuuden näkökulmasta. Mallilla ratkaistiin esimerkiksi Bundesliigan kauden 1999–2000 ohjelma minimoimalla peräkkäisten koti- ja vieraspelien määrää. Algoritmin kehityksen ja testauksen jälkeen he tulivat siihen tulokseen, että vieraspelien optimointiongelma on NP-vaikea. NP-vaikea optimointiongelma johtaa siihen, että suurten ongelmien ratkaiseminen voi viedä liikaa aikaa ollakseen suunnittelun kannalta hyödyksi.

Samankaltaisia piirteitä on löydetty kiertoturnausongelmasta (eng. Traveling tournament problem), joka soveltuu kiertovuorotteluita käyttäviin sarjoihin. Kiertoturnausongelmassa minimoidaan joukkueiden kulkema matka kaksinkertaisessa kiertovuorottelussa, jossa kaikki joukkueet kohtaavat toisensa kerran kotikentällä ja kerran vastustajan kentällä. Thielen ja Westphal (2011) todistivat kiertoturnausongelman olevan vahvasti NP-täydellinen, jos peräkkäisten vieraspelien yläraja optimointimallissa on kolme. NP-täydellisten ongelmien ratkaisuun ei ole tunnettua algoritmia, joka ratkaisisi ongelman tarkasti ja nopeasti. Ribeiro (2012) tutki tämän kiertoturnausongelmaa ja tuli siihen johtopäätökseen, että ilman lisärajoituksia tai muuttujien uudelleenmäärittelyä kiertoturnausmallin antamat ratkaisut ovat huonoja.

Perinteinen kiertoturnausongelma voidaan myös ratkaista peilatulla kiertoturnausongelmalla (eng. Mirrored traveling tournament problem) (Ribeiro ja Urrutia, 2007a). Tässä ongelmassa ratkaistaan yksinkertainen kiertoturnausongelma puolikkaalle kaudelle, ja ratkaisu peilataan toiselle puolikkaalle. Ribeiro ja Urrutia (2007a) tutkivat peilattua ongelmaa ja kehittivät tehokkaan tavan rakentaa alkuratkaisuja kehittyneempiin algoritmeihin. Laajentamalla tätä menetelmää he löysivät mallin, joka tuotti hyviä ja valmiita ratkaisuja peilattuun kiertoturnausongelmaan. Mallilla pystyttiin saamaan parempia ratkaisuja vähemmällä rajoituksilla kuin vastaavissa optimointiongelmissa aiemmin.

Peräkkäisten koti- tai vieraspelien ja matkustetun matkan lisäksi ongelmaksi otteluohjelmien suunnittelussa nousee otteluparien tasapuolisuuden merkitys. Tasapuolisuudella tarkoitetaan tässä lepoa pelitapahtumien välillä. Erityisesti ongelma nousee esille urheilulajeissa, joissa on pitkät kilpailukaudet tai fyysisissä urheilulajeissa kuten rugbyssä tai karatessa (Ribeiro, 2012). Jos tunnetusti heikko joukkue pelaa ensimmäisen pelinsä vahvaa vastustajaa vastaan, heikko joukkue on paljon väsyneempi seuraavassa pelissään. Näin seuraavassa pelissä vastustajalla olisi merkittävä etu, vaikka joukkueet muuten olisivat tasavertaisia. Otteluohjelmien tasapuolisuutta tutkinut Russell (1980) osoitti, että tasapuolinen ohjelma löydetään, kun joukkueiden lukumäärä on kahden potenssi.

Johtuen eroista ammattilaissarjoihin, harrastesarjojen suunnitteluongelmat ovat luonteeltaan erilaisia (Ribeiro, 2012). Yleensä ammattisarjat ovat aikarajoitteisia, jolloin otteluohjelmassa jokaisen joukkueen täytyy pelata ottelu jokaisessa sarjan kierroksessa tai pelitapahtumassa (Knust, 2010). Harrastesarjat taas yleisesti ovat aikarajoitteiltaan vähemmän tiukkoja, jolloin mahdollinen pelien välinen aikaväli on pidempi kuin todellisuudessa tarvittava aika. Toinen merkittävä ero on suhtautuminen peräkkäisiin koti- tai vieraspeleihin (Knust, 2010). Harrastesarjoissa katsojia on vähän, joten katsojien määrällä ei ole merkitystä, ja vain pitkiä peräkkäisiä jaksoja koti- tai vieraspelejä vältetään. Ammattisarjoissa tämä toimintatapa ei suosi katsojia, joten otteluohjelmat suunnitellaan mahdollisimman paljon vuorottelevalla koti-vieras rytmillä.

Harrastesarjoista on tutkimusta vähemmän kuin ammattisarjoista, mutta esimerkiksi Schönberger et al. (2004) kehittivät geneettisen algoritmin pöytätenniksen harrastesarjan suunnitteluun, missä käytettiin kaksinkertaista kiertovuorottelua. Vastaavanlaista sarjaa tutki myös Knust (2010), joka kehitti ratkaisuksi kokonaislu-

kuoptimointimallin. Nämä mallit pystyvät tuottamaan vaihtoehtoisia otteluohjelmia nopeasti, kun sarjassa käytettiin kaksinkertaista kiertovuorottelua.

Tämän työn tavoitteena on kehittää optimointimalli harrastesarjoihin, jotka eivät käytä kiertovuorotteluita, sillä tutkimustieto otteluohjelmien suunnittelusta ja optimoinnista on hyvin vähäistä sellaisissa sarjoissa. Aiemmassa tutkimuksessa ongelmaa on lähestytty optimointimallilla, joka ottaa huomioon harrastesarjojen erityispiirteet, kuten rajoitetut resurssit, vähäiset katsojamäärät ja joukkueiden mahdollisuuden osallistua useisiin turnauksiin eri aikoina (Jónsdóttir, 2019). Mallissa minimoitiin rangaistuksien summaa, joka koostuu esimerkiksi riittämättömästä levosta pelien välissä ja peräkkäisistä peleistä. Lopputuloksena mallilla onnistuttiin optimoimaan koripallon harrastesarjoja Islannissa vuosina 2018–2019. Mallissa käytettiin samantyyppistä lähestymistapaa kuin tässä työssä, jossa otetaan huomioon juniorisarjojen erityispiirteet ja poikkeamat kiertovuorottelusta.

3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tässä luvussa esitellään sekä työssä käytetty aineisto Suomen Salibandyliitolta että työssä rakennettu optimointimalli otteluohjelmien suunnittelun tueksi. Työn optimointimalli kehitettiin Länsi-Suomen kortteliliigan juniorisarjojen näkökulmasta. Lisäksi optimointimallissa otetaan huomioon kortteliliigan rajoitteita, joita ei yleisesti löydy kaikista salibandyliigoista. Alaluvussa 3.1 esitellään aineisto, ja alaluku 3.2 käsittelee tarvittavia muuttujia, rajoituksia ja kohdefunktioita optimointimallin toteuttamiseen. Lopuksi alaluku 3.3 esittää valmiin optimointimallin. Työssä käytetään kortteliliigan kevään 2022 yhdeksän joukkueen sarjataruussuunnitelmaa, jossa joukkueet pelaavat kaksi peliä jokaisessa turnauksessa. Jokaiseen turnaukseen osallistuvat kaikki kaudelle ilmoittautuneet seurat sekä kaikki niiden sisäiset joukkueet.

3.1 Toteutuneet otteluohjelmat

Taulukko 1: Kortteliliigassa keväällä 2022 mukana olleiden seurojen kotikaupungit.

Seura	Kotikaupunki
KK-V	Kokemäki
KaKo	Säkylä
SBS Rupu	Huittinen
Karhut	Pori
Satabandy	Pori
SalBa	Rauma

Kuvassa 1 on Suomen Salibandyliiton suunnittelema otteluohjelma kortteliliigan 2012 Satakunnan alueelle keväälle 2022. Siitä nähdään, että mukana on yhteensä yhdeksän joukkuetta ja kuusi seuraa. Kuvasta 1 nähdään myös, että kuudesta seurasta kahdella on enemmän kuin yksi joukkue. Tämän seurauksena otteluohjelmassa on yhteensä kuusi ottelua, jotka toistuvat kahdesti kauden aikana. Lisäksi taulukosta 1

KORTTELILIIGAN 2012 SATAKUNNAN OTTELUOHJELMA KEVÄT 2022								
Pvm	Kello	Sarja	Kotijoukkue	Vierasjoukkue	Pelipaikka	Kenttä	Paikkakunta	Vastuujoukkue
30.1.2022	10:30	KL_2012_SK_LR	KK-V	SBS Rupu	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	11:15	KL_2012_SK_LR	KaKo	Karhut white	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	12:00	KL_2012_SK_LR	SBS Rupu	Karhut blue	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	12:45	KL_2012_SK_LR	Karhut white	Satabandy	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	13:30	KL_2012_SK_LR	Karhut black	KaKo	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	14:15	KL_2012_SK_LR	Karhut blue	SalBa valkoinen	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	15:00	KL_2012_SK_LR	Satabandy	SalBa sininen	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	15:45	KL_2012_SK_LR	SalBa valkoinen	Karhut black	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
30.1.2022	16:30	KL_2012_SK_LR	SalBa sininen	KK-V	Tulkkila-Sali	1	Kokemä	KK-V
6.2.2022	10:30	KL_2012_SK_LR	KaKo	SBS Rupu	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	11:15	KL_2012_SK_LR	SalBa valkoinen	Karhut white	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	12:00	KL_2012_SK_LR	SBS Rupu	Karhut black	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	12:45	KL_2012_SK_LR	Karhut white	KK-V	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	13:30	KL_2012_SK_LR	Karhut blue	SalBa valkoinen	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	14:15	KL_2012_SK_LR	Karhut black	SalBa sininen	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	15:00	KL_2012_SK_LR	KK-V	Satabandy	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	15:45	KL_2012_SK_LR	SalBa sininen	Karhut blue	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
6.2.2022	16:30	KL_2012_SK_LR	Satabandy	KaKo	Säkyләhalli	1	Säkyлә	KaKo
12.3.2022	11:00	KL_2012_SK_LR	Karhut black	KK-V	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	11:40	KL_2012_SK_LR	Satabandy	Karhut blue	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	12:20	KL_2012_SK_LR	KK-V	KaKo	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	13:00	KL_2012_SK_LR	Karhut blue	SBS Rupu	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	13:40	KL_2012_SK_LR	Karhut white	Satabandy	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	14:20	KL_2012_SK_LR	KaKo	SalBa valkoinen	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	15:00	KL_2012_SK_LR	SBS Rupu	SalBa sininen	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	15:40	KL_2012_SK_LR	SalBa valkoinen	Karhut white	Momentum	1	Pori	Karhut
12.3.2022	16:20	KL_2012_SK_LR	SalBa sininen	Karhut black	Momentum	1	Pori	Karhut
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	SBS Rupu	SalBa valkoinen	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	Karhut white	KK-V	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	SalBa valkoinen	Karhut black	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	KK-V	Karhut blue	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	SalBa sininen	Karhut white	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	Karhut black	Satabandy	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	Karhut blue	KaKo	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	Satabandy	SBS Rupu	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu
huhtikuu		KL_2012_SK_LR	KaKo	SalBa sininen	Tahto-Areena	1	Huittinen	SBS Rupu

Kuva 1: Kortteliliigan 2012 Satakunnan otteluohjelma keväälle 2022.

nähdään, että kaudella on mukana kaksi seuraa, joiden molempien kotikapunki on Pori.

Kuvasta 1 näkyy kortteliliigan toimintatapa, jossa jokainen joukkue pelaa kaksi peliä eli kierrosta kussakin turnauksessa. Jokaisella ottelulla on koti- ja vierasjoukkue, vaikka kumpikaan joukkue ei pelaisi omassa kotikaupungissaan. Näillä tarkoitetaan pelikentän puolia, joten koti- ja vierasjoukkue eivät siten määritä, missä kaupungissa joukkue on turnauksen aikana. Turnauksesta on tämän vuoksi vastuussa otteluohjelmassa määrätty vastuujoukkue. Vastuujoukkue pelaa turnauksen kotikaupungissaan ja on vastuussa turnauksen käytännön järjestelyistä. On tyypillistä, että vastuujoukkue pelaa omat pelinsä turnauksen alussa ja lopussa. Näin muilta paikkakunnilta tulleiden joukkueiden hallilla viettämä aika vähenee, mutta tämä toimintatapa ei kuitenkaan aina ole välttämätön. Otteluohjelmasta nähdään myös, että saman seuran sisäiset joukkueet, kuten Karhut white/black/blue, eivät pelaa vastakkain. Tämä on tyypillinen rajoite kortteliliigan otteluohjelmien suunnittelussa, sillä kyseiset joukkueet voivat pelata keskenään omissa harjoituksissaan turnausten ulkopuolella.

3.2 Optimointimalli

Kortteliliigassa on käytössä sarjatornausmalli, jossa jokainen joukkue pelaa kaksi peliä yhdessä turnauksessa. Tämä on nähtävissä myös kuvasta 1. Tässä työssä keskitytään kortteliliigan kevään 2022 otteluohjelmaan rakentamalla optimointimalli, jossa kaikki joukkueet matkustavat samaan kaupunkiin pelaamaan turnauksen. Turnausten päivämäärät ja kellonajat tiedetään, jolloin jäljelle jää turnauskaupunkien ja turnausten otteluparien määrittäminen. Optimointimalli on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäisessä määritetään turnauskaupungit minimoiden matkustuskilometrit ja toisessa otteluparit minimoiden samojen joukkueiden kohtaaminen kauden aikana.

3.2.1 Päätösmuuttujat

Optimointimallin päätösmuuttujat tarvitaan kohdefunktion sekä kortteliliigassa tarvittavien rajoitusten esittämiseen. Kaikki päätösmuuttujat ovat binääriarvoisia, jolloin muuttujat saavat vain arvoja nolla tai yksi.

Ensimmäisenä esiteltävä päätösmuuttuja x_{ts} liittyy turnausten kaupunkien määrittämiseen, ja onkin ainoa siihen tarvittava muuttuja. Tämä muuttuja kuvaa sitä, missä kaupungissa seurat pelaavat turnaukset, ja kuka on vastuussa turnauksien järjestämisestä. Seurat matkustavat yhdellä kyydillä turnaukseen, jolloin joukkueiden sijasta tässä käytetään seurojen kotikaupunkien etäisyyksiä. Muuttujan x_{ts} määritelmä on

$$x_{ts} = \begin{cases} 1, & \text{jos seura } s \text{ järjestää turnauksen } t \\ 0, & \text{muuten} \end{cases},$$

joka on binääriarvoinen kertoen vastuuseuran ja kaupungin, johon joukkueet matkustavat pelaamaan turnauksen.

Otteluparien määrittämiseen kauden aikana tarvitaan kaksi päätösmuuttujaa, jotta samojen vastustajien määrä voidaan minimoida. Ensimmäinen päätösmuuttuja y_{ijk} kertoo millä kierroksilla joukkueet kohtaavat ja määrittää siten kierrosten otteluparit. Muuttuja ottaa myös huomioon pelaako joukkue i ottelun joukkuetta j vastaan kotijoukkueena. Muuttujan y_{ijk} määritelmä on

$$y_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jos joukkue } i \text{ pelaa kotijoukkueena joukkuetta } j \text{ vastaan kierroksella } k \\ 0, & \text{muuten} \end{cases},$$

jossa käytetään turnausten sijaan kierroksia. Päätösmuuttuja y_{ijk} kertoo vain joukkueiden kohtaamisista kauden aikana, joten tarvitaan toinen päätösmuuttuja v_{ij} , joka kertoo ovatko joukkueet jo kohdanneet kauden aikana. Muuttujan määritelmä on

$$v_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jos joukkueet } i \text{ ja } j \text{ kohtaavat kauden aikana enemmän kuin kerran} \\ 0, & \text{muuten} \end{cases},$$

jolloin samojen otteluparien määrä koko kauden aikana määrittyy suoraan päätösmuuttujan v_{ij} summasta.

3.2.2 Rajoitukset

Edellisessä alaluvuvuussa kuvattujen päätösmuuttujien avulla voidaan esittää tarvittavat rajoitukset optimointimallille kortteliliigan tapaukseen. Ensimmäisenä esitellään ja määritetään turnauskaupunkien määrittämiseen tarvittavat rajoitukset, minkä jälkeen käsitellään ottelupareja vastaavasti.

Vastuuseurojen määrän rajoittaminen on ensimmäinen tarvittava rajoitus, sillä yksi seura kerrallaan vastaa turnauksesta. Kun seurojen lukumäärä annetaan parametrilla n_s , tarvittava rajoite on

$$\sum_t x_{ts} \leq 1, \forall s = 1, \dots, n_s, \quad (1)$$

joka ottaa huomioon, että jokaisella seuralla on kauden aikana enintään yksi kotitapahtuma, jolla tarkoitetaan turnausta, joka järjestetään seuran s kotikaupungissa. Kun seuroja on enemmän kuin järjestettäviä turnauksia, on mahdollista, että jollain seuralla ei ole kotitapahtumaa kauden aikana. Jos seuroja kuitenkin on vähemmän kuin tarvittavia turnauksia, rajoituksen (1) epäyhtälön merkki kääntyisi, jolloin jokaisella seuralla olisi vähintään yksi kotitapahtuma kauden aikana.

Tämän rajoituksen lisäksi turnaukset järjestetään jossakin kaupungissa. Optimointimallissa kaikki seuramatkustavat samaan kaupunkiin pelaamaan turnauksen, jolloin jokaisessa turnauksessa kaikki joukkueet ovat samassa kaupungissa. Merkitään vastaavasti turnausten lukumäärää parametrilla n_t , jolloin tarvittava rajoite on

$$\sum_s x_{ts} = 1, \forall t = 1, \dots, n_t,$$

joka asettaa päätösmuuttujan x_{ts} jokaisen rivisumman yhteen. Nämä kaksi rajoitusta yhdessä muodostavat sarjaturnausmallin rajoitukset, joita käytetään seurojen matkustuskilometrien minimoimiseen.

Seuraavaksi kuvataan varsinaisen otteluohjelman muodostamiseen tarvittavat rajoitukset. Yksittäiseen salibandyotteluun vaaditaan tasan kaksi eri joukkuetta, jolloin mikään joukkue ei voi kohdata itseään. Kyseessä on urheilulajin kannalta ilmeinen rajoite, joka pitää ottaa huomioon optimointimallia rakentaessa. Kun parametri n_j kertoo joukkueiden lukumäärän, kyseinen urheilulajin tuottama rajoite on

$$y_{iik} = 0, \forall k, i = 1, \dots, n_j,$$

minkä seurauksena sallittuja ottelupareja voidaan muodostaa kierroksille.

Kortteliliigassa jokaisella joukkueella on kaksi peliä jokaisessa turnauksessa, jolloin kierroksia on kaudella parillinen määrä. Merkitään kauden kierrosten lukumäärää parametrilla n_k , jolloin turnausten kierrosten lukumäärää vastaava rajoite on

$$\sum_j (y_{ijk} + y_{jik} + y_{ij(k+1)} + y_{ji(k+1)}) = 2, \forall i, k = 1, 3, \dots, n_k - 1,$$

joka varmistaa, että jokaisella parittomalla kierroksella ja sitä seuraavalla parillisella kierroksella jokainen joukkue pelaa tasan kaksi ottelua. Näin jokaisessa turnauksessa pelataan yhteensä kaksi kierrosta.

Luvussa 3.1 huomattiin, että kevään 2022 otteluohjelmassa toistuu samoja ottelupareja. Jos sarjassa on mukana seuroja, joilla on monta joukkuetta, on lähes välttämätöntä, että joukkueet kohtaavat samoja vastustajia kauden aikana. Jotta joukkue ei pelaisi yhtä joukkuetta vastaan kahdesti samassa turnauksessa, määritetään rajoite

$$y_{ijk} + y_{jik} + y_{ij(k+1)} + y_{ji(k+1)} \leq 1, \forall i, j, k = 1, 3, \dots, n_k - 1,$$

jolloin yksi ottelupari toistuu enintään kerran samassa turnauksessa. Tässä optimintimallisissa joukkue saa kohdata saman joukkueen korkeintaan kahdesti kauden aikana. Vastaava rajoite on

$$\sum_k (y_{ijk} + y_{jik}) \leq 1 + v_{ij}, \forall i, j, \quad (2)$$

jossa binääriarvoinen päätösmuuttuja v_{ij} saa arvon yksi, jos joukkueet kohtaavat kahdesti kauden aikana. Jos kahdesti kohtaaminen ei tuota käypää ratkaisua, rajoituksen (2) oikea puoli voidaan muokata muotoon $2 + v_{ij}$, jolloin joukkue i saa kohdata saman vastustajan kolme kertaa kauden aikana.

Kuten luvussa 3.1 todettiin, jokaisella ottelulla on koti- ja vierasjoukkue. Jotta sama joukkue ei pelaisi kotijoukkueena kahta kertaa samaa vastustajaa vastaan, tarvitaan rajoite

$$\sum_k y_{ijk} \leq 1, \forall i \neq j, \quad (3)$$

jolloin otteluohjelmassa esiintyisi esimerkiksi ottelut KK-V vs. SBS Rupu ja SBS Rupu vs. KK-V. Näin KK-V olisi kerran koti- ja vierasjoukkue samaa vastustajaa vastaan pelatessa.

Viimeisenä tarvittava rajoite on seurojen sisäisten otteluiden estäminen, jolloin tarvitaan tietoa siitä, ovatko joukkueet i ja j samasta seurasta. Tämän kertoo binäärinen parametri

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jos joukkueet } i \text{ ja } j \text{ ovat samasta seurasta} \\ 0, & \text{muuten} \end{cases},$$

joka voidaan muodostaa kaudelle ilmoittautuneiden joukkueiden perusteella. Seurojen sisäiset pelit kieltävä rajoite on

$$y_{ijk} + y_{jik} \leq 1 - z_{ij}, \forall i, j, k,$$

jolloin joukkueet i ja j eivät kohtaa kertaakaan kauden aikana, jos kyseessä on kaksi joukkuetta samasta seurasta. Tässä käytetään kaikkia kauden kierroksia $k = 1, 2, \dots, n_k$, jotta turnauksien molemmat pelit tulee huomioitua.

3.2.3 Kohdefunktiot

Päätösmuuttujien ja rajoitusten lisäksi on määritettävä optimintimallin kohdefunktio. Kauden aikana matkustetun matkan minimoimiseksi tarvitaan etäisyydet

seurojen kotikaupunkien välillä. Seuroilla oletetaan olevan yksiselitteinen kotikaupunki, ja seurat matkustavat turnaukseen yhdellä kyydillä. Parametri d_{sr} kertoo etäisyyden seurojen s ja r kotikaupunkien välillä kilometreissä. Etäisyys voi myös saada arvon nolla, jos samassa kaupungissa on monta seuraa. Siten matkustuskilometrien minimoimisen kohdefunktioksi saadaan

$$\min \sum_{t,s,r} x_{ts} d_{sr},$$

jossa lasketaan yhteen matkustuskilometrit kaikkien turnausten yli. Tämän funktion arvo kertoo kuljetun yksisuuntaisen matkan turnauksiin, joten kokonaismatka saadaan kertomalla kohdefunktion arvo kahdella, sillä seurat matkustavat kotiin turnausten välissä.

Otteluparien määrittämisessä minimoidaan samojen joukkueiden kohtaamiset kauden aikana. Tällöin kohdefunktio on

$$\min \sum_{i,j} v_{ij},$$

joka kertoo, kuinka monta kertaa enemmän kuin yhden kerran kaikki joukkueparit kohtaavat. Tällöin samojen otteluparien määrä otteluohjelmassa on puolet kohdefunktion arvosta.

3.3 Optimointimallit

Optimointimalleista ensimmäinen määrittää turnauskaupungit. Jokaisella seuralla oletetaan olevan tasan yksi kotikaupunki, vaikka todellisuudessa seuroilla voi olla useampi kotikaupunki. Tällöin optimointi suoritettaisiin monta kertaa valitsemalla eri kotikaupungit. Mallissa (4) oletetaan seurojen sisäisten joukkueiden matkustavan samalla kyydillä ja että seuroja on enemmän kuin tarvittavia turnauksia. Lisäksi malli (5) olettaa, että samat joukkueet saavat kohdata enintään kahdesti kauden aikana.

Alla on ensimmäinen optimointimalli, joka määrittää turnausten kaupungit minimoimalla seurojen yhteenlasketut matkustuskilometrit.

$$\begin{aligned} & \min \sum_{t,s,r} x_{ts} d_{sr} & (4) \\ \text{s.t. } & \sum_t x_{ts} \leq 1, \forall s = 1, \dots, n_s \\ & \sum_s x_{ts} = 1, \forall t = 1, \dots, n_t \\ & x_{ts} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

Optimointimalli (5) määrittää otteluohjelman otteluparit minimoimalla tapaukset,

joissa joukkueet kohtaavat useammin kuin kerran.

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{i,j} v_{ij} & (5) \\
\text{s.t. } & \sum_k (y_{ijk} + y_{jik} + y_{ij(k+1)} + y_{ji(k+1)}) = 2, \forall i, k = 1, 3, \dots, n_k - 1 \\
& y_{ijk} + y_{jik} + y_{ij(k+1)} + y_{ji(k+1)} \leq 1, \forall i, j, k = 1, 3, \dots, n_k - 1 \\
& \sum_k (y_{ijk} + y_{jik}) \leq 1 + v_{ij}, \forall i, j \\
& \sum_k y_{ijk} \leq 1, \forall i \neq j \\
& y_{ijk} + y_{jik} \leq 1 - z_{ij}, \forall i, j, k \\
& y_{iik} = 0, \forall i, k \\
& y_{ijk} \in \{0, 1\} \\
& v_{ij} \in \{0, 1\}
\end{aligned}$$

4 Tulokset

Kortteliliigan 2012 Satakunnan alueella keväällä 2022 pelattiin neljä turnausta, joiden vastuuseurat optimoitiin tässä työssä. Kaudella oli mukana kuusi seuraa, joiden kotikaupungit ovat Kokemäki, Säkyä, Huittinen, Pori ja Rauma, sillä Porista oli mukana kaksi seuraa. Optimointimallit (4) ja (5) toteutettiin MATLABin Problem based -optimointityökalulla. Optimaalisten ratkaisujen löytämiseen käytettiin MATLABin intlinprog-ratkaisinta. Mallien antamat ratkaisut vietiin lopulta Exceliin, jossa otteluohjelmat toteutettiin.

Tässä luvussa kuvataan MATLABin tuottamia ratkaisuja kummallekin työn optimointimallille. Myös Exceliä pystyttiin käyttämään optimointimallin (4) ratkaisemisessa, minkä antamia ratkaisuja verrataan MATLAB-toteutukseen. Tällä on kuitenkin omat rajansa, sillä Excelin solver-ratkaisin pystyy käsittelemään enintään 200 päätösmuuttujaa ja 100 rajoitusta. Optimointimallissa (5) parametrit ovat $n_i = 9, n_k = 8$, jolloin päätösmuuttujia on yhteensä $n_i \cdot n_i \cdot n_k + n_i \cdot n_i = 728$ ja rajoituksia on $n_i \cdot \frac{n_k}{2} + n_i \cdot n_i \cdot \frac{n_k}{2} + n_i \cdot n_i + n_i \cdot n_i - n_i + n_i \cdot n_i \cdot n_k + n_i \cdot n_k = 1233$. Perusexcelin tehokkuus ei siten ole lähellekään riittävä optimointimallin (5) ratkaisemiseen, joten otteluparit ratkaistiin pelkästään MATLABilla.

4.1 Optimointimallien ratkaisut

Malliin (4) käytettiin seurojen kotikaupunkien välisiä etäisyyksiä, jotka löytyvät taulukosta 2. Etäisyydet kaupunkien välillä ovat symmetrisiä, joten käytännössä mallille riittää antaa syötteeksi etäisyydet yhteen suuntaan, mitkä saadaan tässä tapaksessa taulukon 2 ala- tai yläkolmiosta.

Taulukossa 3 on optimointimallin (4) antama ratkaisu kortteliliigan kevään 2022 turnauskaupungeista, jotka minimoivat seurojen kulkeman matkan kauden aikana. Kohdefunktion arvo optimissa on 876,9 km, jolloin seurat matkustavat kevään aikana

Taulukko 2: Kaupunkien väliset etäisyydet kilometreinä.

	Kokemäki	Säkylä	Huittinen	Pori	Rauma
Kokemäki	0	27,4	23,8	42,7	59,8
Säkylä	27,4	0	28,5	65,4	51,2
Huittinen	23,8	28,5	0	63,1	67,8
Pori	42,7	65,4	63,1	0	50,1
Rauma	59,8	51,2	67,8	50,1	0

yhteensä 1753,8 km. Luvussa 3.1 esitellyssä otteluohjelmassa toteutuneet kilometrit ovat 1803,8 km, jolloin mallin antama ratkaisu vähentää matkustusta 50 km. Muutos on noin 2,8%, joka ei ole merkittävä, kun kaupunkien väliset etäisyydet eivät ole pitkiä. Kuitenkin tässä ratkaisussa Pori on kaksi kertaa turnauskaupunkina, jolloin malli suosii porilaisia seuroja enemmän kuin muita.

Optimointimalli (4) pystyttiin toteuttamaan myös Excelissä ja ratkaisemaan Excelin ratkaisin-työkalulla. Mallissa (4) parametrit ovat $n_s = 6, n_t = 4$, jolloin päätösmuuttujia on $n_s \cdot n_t = 24$ ja rajoituksia $n_s + n_t = 10$. Ratkaisin on riittävän tehokas ratkaisemaan ongelman näillä päätösmuuttujien ja rajoitusten lukumäärillä. Myös tällä tavalla päädyttiin samaan ratkaisuun kuin MATLABilla.

Taulukko 3: Optimointimallin antamat vastuuseurat ja kaupungit, joissa turnaukset järjestetään keväällä 2022.

	Turnaus 1	Turnaus 2	Turnaus 3	Turnaus 4
Vastuuseura	KK-V	Karhut	Satabandy	KaKo
Kotilaupunki	Kokemäki	Pori	Pori	Säkylä

Kaupunkien määrittämisen jälkeen ratkaistaan mahdolliset otteluparit, joita tarvitaan tässä tapauksessa yhdeksän jokaiseen turnaukseen. Optimointimalliin (5) käytettiin tietoa seurojen sisäisistä joukkueista, mikä annettiin mallille parametrilla

$$z_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

jossa joukkueet ovat riveillä ja sarakkeilla järjestyksessä KK-V, KaKo, SBS Rupu, Karhut white, Karhut black, Karhut blue, Satabandy, SalBa sininen ja SalBa valkoinen. Siten esimerkiksi riveillä 4-6 esiintyy kolme ykköstä, sillä Karhuilla on kolme joukkuetta.

Kuvassa 2 on optimointimallin (5) ratkaisemat otteluparit keväälle 2022 minimoiden samojen ottelujen lukumäärän. Ottelut, joissa joukkueet kohtaavat toisensa

Turnaus 1			Turnaus 3		
Kotijoukkue		Vierasjoukkue	Kotijoukkue		Vierasjoukkue
SBS Rupu	vs	KK-V	KK-V	vs	SalBa sininen
Karhut white	vs	KaKo	KaKo	vs	SalBa valkoinen
Karhut black	vs	KK-V	SBS Rupu	vs	KaKo
Karhut blue	vs	KaKo	Karhut white	vs	KK-V
Karhut blue	vs	SalBa valkoinen	Karhut blue	vs	SBS Rupu
Satabandy	vs	SBS Rupu	Karhut blue	vs	SalBa sininen
Satabandy	vs	SalBa valkoinen	Satabandy	vs	Karhut white
SalBa sininen	vs	Karhut white	Satabandy	vs	Karhut black
SalBa sininen	vs	Karhut black	SalBa valkoinen	vs	Karhut black
Turnaus 2			Turnaus 4		
Kotijoukkue		Vierasjoukkue	Kotijoukkue		Vierasjoukkue
KK-V	vs	Karhut black	KK-V	vs	Karhut white
KK-V	vs	SalBa valkoinen	KaKo	vs	Karhut blue
KaKo	vs	Satabandy	SBS Rupu	vs	SalBa valkoinen
SBS Rupu	vs	Karhut white	SBS Rupu	vs	SalBa sininen
Karhut white	vs	SalBa valkoinen	Karhut black	vs	KaKo
Karhut black	vs	SBS Rupu	Karhut black	vs	Satabandy
Satabandy	vs	Karhut blue	Karhut blue	vs	KK-V
SalBa sininen	vs	KaKo	Satabandy	vs	SalBa sininen
SalBa sininen	vs	Karhut blue	SalBa valkoinen	vs	Karhut white

Kuva 2: Optimointimallin tuottama otteluohjelma keväälle 2022.

kahdesti, ovat merkittynä punaisella värillä. Kohdefunktion arvo on 12, mikä tarkoittaa, että yhteensä kuusi ottelua toistuu kahdesti kevään 2022 aikana. Tämä arvo vastaa luvussa 3.1 esiteltyä kevään 2022 suunniteltua otteluohjelmaa, jolloin suunnitelmassa on jo onnistuttu minimoimaan samat ottelut.

Annetuilla oletuksilla ja rajoituksilla optimointimallit (4) ja (5) tuottavat käyvät ratkaisut kevään 2022 otteluohjelmaan. Ne eivät kuitenkaan ole millään tavalla järjestyksessä, jolloin otteluiden asettelijan tulee varmistaa, että turnausten järjestys sopii hallivarauksiin tai muihin mahdollisiin päiviin, jolloin otteluita ei voida järjestää. Lisäksi otteluparit tulee järjestää siten, että joukkueet ovat hallilla mahdollisimman lyhyen ajan ja turnauskaupungista kauimmaisina seura ei pelaa ensimmäisiä tai viimeisiä pelejä turnauksessa.

4.2 Vaihtoehtoinen ratkaisu

Mikäli optimointimallista (4) poistetaan Satabandyn (tai vastaasti Karhujen) mahdollisuus olla vastuuseura, saadaan kaikille turnauksille eri kaupungit. Muokatussa mallissa etäisyydet Porista kaikkialle on kerrottu kahdella, jotta kohdefunktion arvo pysyy vertailukelpoisena.

Taulukossa 4 on optimointimallin (4) ratkaisu, kun Pori ei saa olla turnauskaupunkina kahta kertaa kevään 2022 aikana. Kohdefunktion arvo optimissa on 901,9 km, jolloin seurat matkustavat kauden aikana yhteensä 1803,8 km. Tällöin päädytään

Taulukko 4: Optimointimallin antamat vaihtoehtoiset vastuuseurat ja kaupungit, joissa turnaukset järjestetään keväällä 2022.

	Turnaus 1	Turnaus 2	Turnaus 3	Turnaus 4
Vastuuseura	KK-V	KaKo	SBS Rupu	Karhut
Kaupunki	Kokemäki	Säkylä	Huittinen	Pori

matkustuksen kannalta samaan otteluohjelmaan kuin luvussa 3.1.

Myös otteluille voidaan muodostaa vaihtoehtoinen ratkaisu, sillä MATLABin ratkaisu riippuu rajoitusten määrästä. Käytännössä tämä voidaan toteuttaa jättämällä rajoitus (3) pois, jolloin kotijoukkueena pelaamisen määrää ei ole rajoitettu samaa vastustajaa vastaan. Jos rajoitus (3) jätetään pois optimointimallista (5), saadaan erilaiset otteluparit, jotka ovat esitetty kuvassa 3. Kuvasta 3 nähdään, että joukkueet, jotka kohtaavat toisensa kahdesti, pelaavat koti- tai vierasjoukkueena kahdesti. Tässäkin tapauksessa kohdefunktion arvo on 12, jolloin kuusi ottelua toistuu kahdesti kevään 2022 aikana. Näin saadaan muodostettua yhtä hyvä ratkaisu kuin luvussa 4.1 kevään 2022 otteluohjelmalle.

Turnaus 1			Turnaus 3		
Kotijoukkue		Vierasjoukkue	Kotijoukkue	Vierasjoukkue	
SBS Rupu	vs	KaKo	KaKo	vs	KK-V
Karhut white	vs	SBS Rupu	Karhut black	vs	KK-V
Karhut black	vs	KaKo	Karhut black	vs	SBS Rupu
Karhut blue	vs	KK-V	Satabandy	vs	Karhut white
Satabandy	vs	Karhut blue	Satabandy	vs	Karhut blue
SalBa valkoinen	vs	Karhut white	SalBa valkoinen	vs	KaKo
SalBa valkoinen	vs	Satabandy	SalBa valkoinen	vs	SBS Rupu
SalBa sininen	vs	KK-V	SalBa sininen	vs	Karhut white
SalBa sininen	vs	Karhut black	SalBa sininen	vs	Karhut blue
Turnaus 2			Turnaus 4		
Kotijoukkue		Vierasjoukkue	Kotijoukkue	Vierasjoukkue	
SBS Rupu	vs	KK-V	Karhut white	vs	KK-V
Karhut white	vs	SBS Rupu	Karhut white	vs	KaKo
Karhut black	vs	KaKo	Karhut blue	vs	SBS Rupu
Karhut blue	vs	KaKo	Satabandy	vs	KK-V
Satabandy	vs	Karhut black	Satabandy	vs	Karhut black
SalBa valkoinen	vs	KK-V	SalBa valkoinen	vs	Karhut black
SalBa valkoinen	vs	Karhut blue	SalBa valkoinen	vs	Karhut blue
SalBa sininen	vs	Karhut white	SalBa sininen	vs	KaKo
SalBa sininen	vs	Satabandy	SalBa sininen	vs	SBS Rupu

Kuva 3: Optimointimallin tuottama vaihtoehtoinen otteluohjelma keväälle 2022.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli esittää ratkaisuja salibandyn juniorisarjojen otteluohjelmien suunnittelun tueksi Suomen Salibandylle. Nykyisin suunnittelu tapahtuu käsin,

jolloin siihen kuluva aikaa halutaan vähentää. Otteluohjelmien optimointi on ollut pitkään esillä eri urheilulajeissa, mutta tutkimus on keskittynyt kiertovuorottelujärjestelmiä käyttäviin sarjoihin. Tämä työ keskittyi juniorisarjaan, jossa ei ole käytössä kiertovuorottelujärjestelmää, ja kehitti siihen soveltuvan optimointimallin.

Optimointimallissa käytettiin sarjatornausmallia, jossa kaikki joukkueet matkustavat samaan kaupunkiin pelaamaan turnauksen. Otteluohjelma optimoitiin minimoimalla matkustuskilometrit, jolloin seurojen turnausmatkat ovat mahdollisimman lyhyitä, kun otetaan huomioon sarjassa vaaditut rajoitukset. Lisäksi samojen otteluparien lukumäärää otteluohjelmassa minimoitiin, jolloin kaudella esiintyy riittävästi vaihtelua vastustajissa.

Malli rakennettiin MATLAB-ohjelmistolla, mutta myös Excelin mahdollisuuksia tutkittiin, ja sillä pystyttiin toteuttamaan osa optimointimallista. Näiden ohjelmistojen tuottamia tuloksia verrattiin toteutuneeseen otteluohjelmaan, joka oli käytössä Suomen Salibandyliitolta.

Kun seurojen kulkema matka kauden aikana minimoitiin, tuloksena oli 50 km:n parannus toteutuneeseen otteluohjelmaan. Parannus on vähäinen, mutta se johtuu vähäisistä turnauksista ja lyhyistä etäisyyksistä seurojen kotikaupunkien välillä. Kuitenkin tässä tuloksessa yksi kaupunki toimi turnauskaupunkina kaksi kertaa, sillä tästä kaupungista oli mukana kaksi erillistä seuraa. Tämä tuo etua tietyille joukkueille, koska näiden ei tarvitse matkustaa kahteen turnaukseen. Kun tämä mahdollisuus poistettiin optimointimallista, päädyttiin vastaavaan tulokseen kuin verratussa aineistossa. Tämä osa optimoinnista pystyttiin toteuttamaan myös Excelissä, jonka ratkaisimen tehokkuus oli riittävä turnauskaupunkien määrittämiseen.

Samojen otteluparien minimoimisessa päädyttiin vastaaviin tuloksiin verrattuna käytettyyn aineistoon. Kaudella oli mukana monia seuran sisäisiä joukkueita, joiden väliset pelit olivat kiellettyjä. Tuloksena yhteensä kuusi ottelua toistui kahdesti, mikä oli jo onnistuttu toteuttamaan käsin tehdyssä otteluohjelmassa. Myös vaihtoehtoinen ratkaisu pystyttiin toteuttamaan muokkaamalla mallin rajoituksia, jolloin vain turnausten otteluparit muuttuivat. Excelin tehokkuus tämän optimointimallin ratkaisemiseen ei ollut riittävä, jolloin optimointi on MATLABin varassa.

Optimointimallit antoivat toimivat ratkaisut otteluohjelmalle, mutta ne eivät ota huomioon kaikkia suunnittelunäkökulmia. Malleissa oletettiin tiedettävän turnausten päivämäärät ja kellonajat etukäteen, jolloin hallivarauksia ei oteta malleissa huomioon. Mallien antamat ratkaisut eivät ole turnausten kaupunkien kannalta järjestyksessä, jolloin otteluiden asettelijan tulee kiinnittää huomiota hallivarauksiin ja päiviin, jolloin otteluita ei voida joukkueiden välillä järjestää. Lisäksi turnausten sisäiset otteluparit ovat satunnaisessa järjestyksessä, jolloin käsin tehtäväksi jää otteluiden järjestäminen siten, että kauimmaisina joukkue ei pelaa ensimmäisiä eikä viimeisiä otteluita ja että joukkueet viettävät hallilla mahdollisimman vähän aikaa.

Työssä käytetyillä muuttujamäärittelyillä optimointia ei voida täysin toteuttaa Excelissä, joten muuttujien mahdollisia uudelleenmäärittelyjä pitäisi tutkia. Esimerkiksi mallissa (5) oleva parametri z , joka kertoo seuran sisäisistä joukkueista, pystytään poistamaan. Tämän sijaan voidaan käyttää rajoitusta, jossa kiellettyjen pelien summa on nolla jokaisella kierroksella. Myös päätösmuuttujasta v päästään eroon, kun kohdefunktiona käytetään joukkueiden kohtaamisia, mutta kahdesti pelaa-

misesta samaa joukkuetta vastaan sakotetaan merkittävästi, jolloin ratkaisin välttää kahdesti toistuvia otteluita. Näillä muutoksilla parametria z ja päätösmuuttujaa v käyttävät rajoitukset poistuvat, ja mallin (5) päätösmuuttujia ja rajoituksia pystytään vähentämään jo merkittävästi.

Laskennallisen tehokkuuden tuomien haasteiden lisäksi työn optimointimalli kehitettiin sarjatornausmalliin, jossa kaikki joukkueet matkustavat samaan kaupunkiin pelaamaan turnauksen. Usein suurten etäisyyksien tai joukkuemäärien tapauksessa turnaus jaetaan kahteen kaupunkiin, joissa pelataan kaksi pienempää turnausta samanaikaisesti. Työ ei vastaa tähän kysymykseen, jolloin joukkueiden jakoa kahteen tulisi tutkia seuraavaksi. Myöskään optimointimallit eivät ota huomioon seurojen sisäisten joukkueiden matkustukseen käytettyä aikaa, sillä malleissa keskityttiin seurojen kotikaupunkien väliseen etäisyyteen. Myös hallivarausten ja muiden aikarajoitusten sisällyttäminen malliin mahdollistaisi dynaamisen aikataulutuksen, joka ottaisi paremmin huomioon mahdolliset rajoitteet hallien varauksissa ja joukkueiden aikatauluissa.

Viitteet

- M. Elf, M. Jünger, ja G. Rinaldi. Minimizing breaks by maximizing cuts. *Operations Research Letters*, 31(5):343–349, 2003.
- Gurobi. Tackling one of the world’s most complex scheduling problems. *Gurobi Optimization*, n. d. Saatavissa: https://www.gurobi.com/case_studies/national-football-league-scheduling/.
- K. Jónsdóttir. Scheduling and optimizing the nettó tournament. Diplomityö, Islannin yliopisto, Reykjavik, 2019. Saatavissa: <https://skemman.is/handle/1946/33374>.
- G. Kendall, S. Knust, C. Ribeiro, ja S. Urrutia. Scheduling in sports: An annotated bibliography. *Computers & Operations Research*, 37(1):1–19, 2010.
- S. Knust. Scheduling non-professional table-tennis leagues. *European Journal of Operational Research*, 200(2):358–367, 2010.
- R. Rasmussen ja M. Trick. The timetable constrained distance minimization problem. Teoksessa *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems: Third International Conference, CPAIOR 2006, Cork, Ireland, May 31-June 2, 2006. Proceedings 3*, pages 167–181. Springer, 2006.
- J. Régin. Minimization of the number of breaks in sports scheduling problems using constraint programming. Teoksessa *DIMACS Workshop on Constraint Programming and Large Scale Discrete Optimization*, pages 115–130, 2000.
- C. Ribeiro. Sports scheduling: Problems and applications. *International Transactions in Operational Research*, 19(1-2):201–226, 2012.

- C. Ribeiro ja S. Urrutia. Heuristics for the mirrored traveling tournament problem. *European Journal of Operational Research*, 179(3):775–787, 2007a.
- C. Ribeiro ja S. Urrutia. Scheduling the Brazilian soccer tournament with fairness and broadcast objectives. Teoksessa *Practice and Theory of Automated Timetabling VI: 6th International Conference, PATAT 2006 Brno, Czech Republic, August 30–September 1, 2006 Revised Selected Papers 6*, pages 147–157. Springer, 2007b.
- K. Russell. Balancing carry-over effects in round robin tournaments. *Biometrika*, 67(1):127–131, 1980.
- J. Schönberger, D. Mattfeld, ja H. Kopfer. Memetic algorithm timetabling for non-commercial sport leagues. *European Journal of Operational Research*, 153(1):102–116, 2004.
- C. Thielen ja S. Westphal. Complexity of the traveling tournament problem. *Theoretical Computer Science*, 412(4-5):345–351, 2011.