



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Turun ja Helsingin paikallisilmastojen vertailu 2019–2023

Mila Tiilikka

Maantiede
LuK-tutkielma
Laajuus: 6 op

16.5.2025

Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

LuK-tutkielma

Pääaine: Maantiede

Tekijä: Mila Tiilikka

Otsikko: Turun ja Helsingin paikallisilmastojen vertailu 2019–2023

Ohjaaja: Harri Tolvanen

Sivumäärä: 42 sivua + liitteet 2 sivua

Päivämäärä: 16.5.2025

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan merkittävästi rannikkoalueiden sääilmiöihin ja paikallisilmastoihin. Erityisesti kaupungeissa, jotka ovat yhä kasvava elinympäristö tullaan näkemään muutosta. Monet kaupungeista sijaitsevat meren tai muun merkittävän vesistön rannalla, mikä tekee niistä erityisen alttiita muutoksille. Paikallisilmastojen tutkimus rannikkoalueilla on toistaiseksi melko vähäistä. Tässä tutkielmassa vertailen Helsingin ja Turun paikallisilmastoja lämpötilan, tuulisuuden ja sadannan suhteen vuosina 2019–2023. Tarkastelen myös yhtä talvi- ja kesäkuukautta selvittääkseni vuodenaikaisvaihtelua. Tutkimuksessa pohdin myös, miten kaupunkien erilaiset rannikot ja saaristot voivat vaikuttaa paikallisilmastojen eroihin.

Tutkimuksessa hyödynnetään kuvailevaa tilastotiedettä sekä paikkatietoa. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että kaupunkien välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta pääosin erot olivat melko pieniä. Tuulisuuden ja lämpötilan kanssa nähtiin selkeitä eroja kaupunkien ja havaintoasemien välillä ja niillä näytti olevan yhteys siihen, kuinka avoimia tai suojaisia rannikkoalueet ja saaristot ovat. Merelle siirtymässä Turun lämmön gradientti oli suurempi, mutta Helsingin tuulisuuden gradientti oli suurempi. Sadannalla ei ollut merkittäviä eroja kaupunkien välillä.

Tämä tutkimus ei tarjoa kattavaa kuvaa paikallisilmastoista ja niiden eroista, mutta se antaa suuntaa antavaa tietoa aiheesta ja toimii pohjana jatkotutkimuksille. Tutkimus tuo esiin useita mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

Avainsanat: paikallisilmasto, merellisyys, saaristo, lämpötila, tuulisuus, sadanta, kaupunki, tilastollinen analyysi, vyöhykeanalyysi, Helsinki, Turku

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys	7
2.1	Paikallisilmasto	7
2.2	Merellisyys	8
2.2.1	Lämpötila	9
2.2.2	Tuulisuus	10
2.2.3	Sadanta	11
2.3	Tutkimusalueiden ilmastolliset piirteet	12
2.3.1	Helsinki	12
2.3.2	Turku	12
3	Aineistot ja menetelmät	14
3.1	Tutkimusalue	14
3.2	Aineistot	16
3.3	Menetelmät	16
3.3.1	Vyöhykeanalyysi	16
3.3.2	Tilastollinen analyysi	17
4	Tulokset	19
4.1	Havaintoasemien merellisyys	19
4.2	Tilastolliset analyysit	20
4.2.1	Lämpötila	20
4.2.2	Tuulisuus	24
4.2.3	Sadanta	27
5	Keskustelu	30
5.1	Tulosten tarkastelu	30
5.1.1	Lämpötila	30
5.1.2	Tuuli	31
5.1.3	Sadanta	32
5.2	Epävarmuustekijät	33
5.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet	34
6	Johtopäätökset	36
	Lähteet	38

Liitteet	42
Liite 1.	42
Liite 2.	43
Liite 3.	44

1 Johdanto

Ilmastojärjestelmät ovat kompleksi kokonaisuus, joka muodostuu eri osatekijöiden, kuten meren, ilmakehän ja kasvillisuuden vuorovaikutuksesta (Lockwood 2017:174). Ilmastoja voidaan tarkastella laajemmin globaalilla tasolla tai pienempien paikallisilmastojen, kuten kaupunkiilmastojen myötä (McClatchey 2017: 229,195). Paikallisilmastoihin vaikuttaa moni asia, esimerkiksi kaupunkien ilmastoon vaikuttaa maankäyttö ja rakennusten erilaiset fysikaaliset ominaisuudet (Levermore ym. 2015: 344). Merellisyydellä on myös suuri vaikutus alueiden paikallisilmastoihin (McClatchey, 2017: 248). Yleisesti paikallisilmastoja ja etenkin merellisyyden vaikutusta niihin on tutkittu vähän (Väyrynen 2018:370).

Tässä tutkielmassa merellisyydellä viitataan alueen ympäristön vesistön määrään. Vesistöillä on vaikutusta etenkin alueiden lämpötilaan, sademäärään, tuulisuuteen sekä lumipeitteeseen (Lockwood 2017:161). Tutkimus alueen kannalta merkittävänä vesistönä toimii Itämeri. Itämeren ominaisuudet kuten sen syvyys, vähä suolaisuus sekä sen huono yhteys valtameriin, johtaa moniin ilmakehän ilmiöihin (Dutheil ym. 2022:3022). Etenkin merenpinnan lämpötilalla (*engl. Sea surface temperature, SST*) on vahva yhteys ilmanlämpötilaan.

Kaupungit ovat ihmisille tärkeä elinympäristö. Jo vuonna 2009 yli puolet maailman väestöstä asui kaupungeissa ja kaupunkiväestön määrän ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa (Liddle 2017:1). Ilmastonmuutoksen myötä niin kaupungit kuin maapallon vesistöt tulevat kokemaan muutoksia (Kumar 2021:1). Erityisen haavoittuvana on Itämeri, jonka ainutlaatuinen murtovesiluonne tekee siitä erityisen herkän ilmastonmuutoksen vaikutuksille (Kniebusch ym. 2019). Ilmastollisten prosessien ymmärtäminen kaupunkiympäristössä on tärkeää kestävän kehityksen, sopeutumisen ja hyvinvoinnin turvaamiseksi.

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää, minkälaisia ilmastollisia eroja Helsingin ja Turun välillä on. Tutkimuksessa tarkastellaan molempien kaupunkien ilmastollisia eroja lämpötilan, tuulen ja sademäärän suhteen. Valitsin nämä parametrit kirjallisuuden, aineiston saatavuuden ja omien mielenkiintojen myötä. Tutkimuksessa tarkastelin myös saariston vaikutusta kaupunkien paikallisilmastoihin. Molemmat kaupungin sijaitsevat Itämeren rannikolla, mutta niiden rannikkoalueet ovat hyvin erilaiset. Turun edustalla on suuri Varsinais-Suomen saaristo, kun taas Helsingin edusta on paljon avonaisempi (Varsinais-Suomen liitto 2024). Ilmastollisessa tutkimuksessa käsitellään usein 30 vuoden keskiarvoa. Kuitenkin aineiston laajuuden ja saatavuuden

takia rajasin tutkimusajaksi vuodet 2019–2023. Otin myös samoilta vuosilta helmi- ja elokuun tarkempaan tarkasteluun, sillä halusin selvittää minkälaisia eroja, näkyy lämpimän ja kylmän kuukauden välillä.

Tutkimuksessa hyödynnettiin useaa aineistoa, joiden pohjalta saatiin vertailtua kaupunkien ilmastoa ja havaintoasemien ympäristöstä. Aineistoina käytin Ilmatieteen laitoksen avoimesta datasta ladattuja lämpötila-, tuuli- ja sademäärähavaintoja, joista laadittiin diagrammeja ja tehtiin tilastollisia analyysyjä. Lisäksi tutkimuksessa hyödynsin vyöhyke analyysia, jonka avulla selvitettiin sääasemien ympäristön vesistön määrä. Tutkimuskysymykseni ovat:

1. Miten Turun ja Helsingin paikallisilmastot eroavat lämpötilan, tuulisuuden ja sadannan osalta?
2. Kuinka merellisyyden erot vaikuttavat alueiden paikallisilmastoihin?

2 Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys

2.1 Paikallisilmasto

Ilmastojärjestelmät koostuvat ilmakehän, meren, jään, maan ja kasvillisuuden muodostamasta kokonaisuudesta. (Lockwood 2017:174). Ympäristön ilmasto-olosuhteiden kannalta etenkin sademäärä, lämpötila ja tuuliolosuhteet ovat tärkeitä. Alueen ilmasto määrittyy pitkäaikaisten sääilmiöiden keskiarvoina ja vaihteluina, jotka on havaittu useiden vuosikymmenien aikana. Ilmastoja voidaan tarkastella eri mittakaavoissa kuten paikallisella-, alueellisella- tai esimerkiksi valtiollisella tasolla. Ilmastollinen analyysi ja niihin liittyvät luokitukset ovat riippuvaisia tarkastelun mittakaavasta (McClatchey 2017: 229,195). Suurempien alueiden ilmastoluokituksen sisällä voi olla hyvin vaihtelevia paikallisilmastoja. Paikallisilmasto on alue, jonka maanpinnan paikalliset olosuhteet eroavat selkeästi lähialueesta (Vajda 2007). Paikallisilmasto terminä voi käsitellä vaihtelevasti joko pienempiä mikroilmastoja tai laajempia alueellisia ilmastoja (McClatchey 2017: 248). Niitä voivat olla esimerkiksi metsät tai kaupungit (Vajda 2007). Laajempien ilmastojen sisälle muodostuvien paikallisilmastojen erot voivat johtua esimerkiksi maastonmuodoista tai merellisyydestä (McClatchey, 2017, 248).

Paikallisella tasolla kaupunkien lämpötiloihin vaikuttaa moni tekijä (Mäkelä 2016). Kaupunkien lämpötiloihin vaikuttaa sijainnin lisäksi esimerkiksi kaupungin etäisyys vesistöstä, maastonmuodot sekä kaupungin rakenteet. Kaupungin rakennukset ja infrastruktuuri vaikuttavat suuresti alueen paikallisilmastoon (McClatchey, 2017:243). Kaupungin rakennukset ja materiaalit sitovat itseensä auringon säteilyä paremmin kuin luonnon materiaalit. Tämä johtaa lämpösaarakeilmiöön (engl. *Urban heat island effect, UHI*), joka on tavallinen kaupunkiympäristössä esiintyvä paikallisilmaston piirre (McClatchey 2017: 243–244). Ilmiö tarkoittaa, että kaupunkien lämpöprosessien kokonaisvaikutus johtaa korkeampiin lämpötiloihin kuin ympäröivillä maaseutualueilla (Barry & Chorley 2009: 421, Levermore ym. 2015: 344). Lämpösaarakeilmiö ilmenee erityisesti illalla, kun on tyyni ja selkeä ilma, sillä tällöin kaupungin ympäröivät alueet viilenevät nopeammin kuin kaupungin alue. Ilmiö voi johtaa siihen, että kaupungin lämpötila on jopa 5–6 astetta lämpimämpi kuin viereinen maaseutu. Ilmiö on yleinen erityisesti keskileveysasteilla sijaitsevissa kaupungeissa. Yleisesti keskileveysasteilla lämpösaareke ilmiö on suurimmillaan kesällä, mutta hieman pohjoisemmissa kaupungeissa ilmiö voi olla myös talvella merkittävä. Tähän voi vaikuttaa esimerkiksi talvella lisääntyvä rakennusten lämmitys.

Lämpösaarekkeen voimakkuus riippuu kaupungin koosta ja maksimivoimakkuus on yhteydessä kaupungin väkilukuun. Lämpösaarake ei esiinny aina pienemmissä kaupungeissa, kuten Turussa (Suomi 2014:4). Kaupungin alue saattaa olla myös ympäristöä viileämpi, jolloin puhutaan kylmäsaarekkeesta. Kaupunkien ilmastoihin vaikuttaa lämpösaarakeilmiön lisäksi myös muita kaupunkialueen ulkopuolisia tekijöitä, kuten topografia ja vesistöt (Suomi & Käyhkö 2012: 451). Kaupunkien ilmastoja tutkiessa onkin vaikea erottaa, johtuu lämpötilan muutokset ilmastollisista tekijöistä vai kaupungin vaikutuksesta (Barry & Chorley 2009: 421).

2.2 Merellisyys

Globaalissa skaalassa merillä on merkittävä vaikutus ilmastoon (McClatchey 2017: 241). Syvässä merimassoissa veden lämpötila pysyy kohtalaisen vakaana ympärivuoden. Syvät vesistöt pystyvät varastoimaan auringon säteilyä syvälle itseensä toisinkuin maa-alueilla, jossa säteilyn jää lähemmäs pintaa. Syvässä merissä vesi myös sekoittuu tasaisesti, mikä tasoittaa lämpötiloja veden sisällä. Vesi elementtinä vaatii enemmän energiaa, lämpötilan muuttamiseen. Tämän takia lämpötilan muutokset ovat pienempiä ja hitaampia kuin maalla. Meri on myös mielenkiintoinen elementti siinä mielessä, että se on tiheimmillään neljässä asteessa (Lockwood 2017: 161) Tämä johtaa siihen, että jos vesi on kylmempää kuin neljä astetta, se kohoaa meren pinnalle. Tästä johtuu myös, että meren jäätyessä tämä jää pysyy meren pinnan päällä. Suuremmilla vesistöillä kuten suurilla järvillä voi olla huomattava vaikutus alueen paikallisilmastoon. (Väyrynen ym. 2017: 369) Vesistöillä on etenkin vaikutusta alueen lämpötilaan, sademäärään, lumipeitteeseen sekä tuuleen (Lockwood 2017: 161). Suuremmat vesialueet tasaavat paikallisen alueen lämpötiloja niin, että ne alentavat keskimääräisiä maksimilämpötiloja ja nostavat keskimääräisiä minimilämpötiloja (Väyrynen ym. 2017:369). Tätä kutsutaan merelliseksi ilmastoksi.

Rannikkoalueen meteorologinen määritelmä on 100 km kumpaankin suuntaan rantaviivasta (Coastal Meteorology 1992: 5). Rannikkoilmaston sääilmiöihin liittyy esimerkiksi meri- ja maatuulet, sumua ja pilviä. Meri vaikuttaa ilmakehän rajakerrokseen monin tavoin, ja vaikutusten voimakkuus riippuu muun muassa meren tilasta ja syvyydestä. Merellisyys voi muokata alueen ilmastoja sekä ilmakehän rajakerroksessa tapahtuvia ilmiöitä eri mittakaavoissa. Vaikutusten laajuus ja luonne vaihtelevat alueen maantieteellisen sijainnin mukaan.

Molemmat tutkimusalueet sijaitsevat Itämeren rannikolla. Itämeri on suhteellisen matala, murtovesinen sisämeri, joka on yhteydessä Pohjanmereen Tanskan salmien kautta (Väyrynen ym. 2017:370). Jotta voitaisiin selvittää, kuinka merellisyys vaikuttaa rannikoiden ilmastoon, täytyy ensin selvittää, kuinka eri tekijät, kuten esimerkiksi maankäyttö vaikuttaa ilmastoon. Kuten aiemmin mainittiin, alueen etäisyys vesistöistä vaikuttaa sen ilmastoon huomattavasti. (Drebs 2011, Väyrynen ym. 2017:370). Vesistöjen vaikutusta rannikkojen ilmastoon tutkiessa oikean tutkimusmenetelmän valinta riippuu alueen ominaispiirteistä. Etäisyyteen perustuva menetelmä on usein perusteltua silloin, kun rannikkoalueella on vähän saaria ja selkeä maa-vesi-jako. Suurilla saaristoilla tai monimuotoisemmilla rantaviivoilla vyöhykeanalyysiin perustuva menetelmä voi toimia paremmin.

2.2.1 Lämpötila

Alueen lämpötilaan vaikuttaa, kuinka paljon auringon säteilyä alueelle tulee (Barry & Chorley 2009: 3). Säteilystä vaikuttaa yleisesti esimerkiksi millä leveysasteella alue on, joka määrittää kulman, missä auringon säteily tulee sekä päivän pituuteen. Globaalissa skaalassa merellä on suuri ja monimutkainen vaikutus maapallon energiatasapainoon (Barry & Chorley 2009: 270) Meri voi olla hyvinkin voimakas tekijä alueen lämpötiloissa. Globaalilla tasolla tämä näkyy esimerkiksi Pohjois- ja Länsi-Euroopassa, joiden talvi lämpötilat ovat noin 11° C leveyspiirin keskiarvon yläpuolella, lämpimän merivirran ansioista. Tarkasteltavan tutkimusalueen kohdalla Itämerellä on vaikutus molempien kaupunkien ilmastoon (Suomen ilmasto raportti).

Tutkimusalueella merellisyyden vaikutus vaihtelee suuresti vuodenaikojen mukaan (Drebs 2011). Merellä on lämmittävä vaikutus alueen ilmastoon loppukesästä ja -syksystä, kun taas loppupalvesta ja -kevällä meri toimii viilentävänä tekijänä. Suomessa merellisyys vaikuttaa myös rannikon termisen vuodenaikojen vaihteluun (Kersalo & Pirinen 2009). Meriveden vaikutus vuoden aikoihin näkyy eniten termisen talven alkamisessa.

Merellisyydellä on myös vaikutusta kaupunkien lämpösaareilmiöön (Suomi 2014:4). Meriveden lämpötila vaikuttaa lämpösaarekkeen painopisteeseen siirtäen sitä syksyllä lähemmäs rannikkoa ja talvella kohti sisämaata. Vesistöjen läheisyys vaikuttaa myös kaupunkilämpösaarekkeen käyttäytymiseen. Vaikutukset riippuvat muun muassa vesistön koosta, etäisyydestä vesistöön sekä lämpötilaerosta vesistön ja maa-alueen välillä. Vuoden ajan mukaan vesistöt voivat vahvistaa tai heikentää lämpösaareilmiötä.

Merijäällä on myös vaikutusta paikallisilmastoon (Suomi 2014). Jääpeitteen aikana meren ja ilmakehän välinen lämmönsiirto estyy. Pientä lämmönsiirtoa voi kuitenkin tapahtua johtumalla jään ja lumen läpi, mutta käytännössä sitä tapahtuu hyvin vähän. Paksun jääpeitteen jaksoina kaupungin ympärille muodostuu hyvin kylmiä alueita. Myös talvella, kun meri ei ole jäässä, sillä voi olla merkittäviä vaikutuksia lähialueen paikallisilmastoon (McClatchey, 2017: 241). Meren pinta on lämpimämpi kuin ilma, mikä lisää muun muassa ilma epävakautta ja voi synnyttää voimakkaita turbulensseja.

2.2.2 Tuulisuus

Tuulisuus ilmiönä tasoittaa auringonsäteilyn aiheuttamia lämpöenergiaeroja (Lockwood 2017: 139). Tuulisuus globaalina ilmiönä tasapainottaa koko maapallon välisiä lämpötilaeroja ja on yksi keskeisistä tekijöistä eri ilmastoalueiden muodostumisessa ja sijainneissa. Euroopassa tuulen nopeudet ovat usein yhteydessä matalapaineiden esiintymisiin ja liikkeisiin (Barry & Chorley 2009: 270). Rannikkoalueilla esiintyy voimakkaimpia tuulia erityisesti matalapaineiden ohituksen jälkeen, kun alueelle virtaa ilmaa lännen tai luoteen suunnasta. Tuulisuus on myös tärkeä ilmiö paikallisella tasolla. Paikallistuulien toiminnassa ilman liikkeeseen vaikuttavat paikalliset tekijät, jotka muokkaavat tuulia monin eri tavoin (Barry & Chorley 2009: 153). Esimerkiksi vuorokauden ajankohdalla on suurivaikutus tuulisuuteen. Normaalioloissa tuulen nopeudet ovat pienimillään aamulla ja suurimmillaan keskipäivän aikaan, jolloin ilma altistuu voimakkaimmin maanpinnan lämmitykselle. Yleisesti rannikkoalueet ovat tuulisempia kuin mantereiset alueet. Tämä johtuu siitä, että ilma liikkuu vapaammin kauempana maanpinnasta, koska kitkan ja muiden esteiden vaikutus on pienempi.

Erot maa- ja meripinnan lämpötiloissa johtavat suoraan lämpötilan ohjaamiin tuulijärjestelmiin (Coastal Meteorology 1992: 19). Tällaisia tuulijärjestelmiä esiintyy monilla ajallisilla ja alueellisilla mittakaavoilla. Tunnetuimmat näistä on mesoskaalan maa- ja merituulijärjestelmät. Maa- ja merituulijärjestelmät perustuvat luonteeltaan vuorokausirytmisiin ja meren ja mantereiden erilaisiin lämpökapasiteetteihin (McClatchey 2017: 241). Maa- ja merituulet ovat paikallistuulia, jotka suuntautuvat kohti ja pois päin maasta. (Coastal Meteorology 1992: 19, McClatchey 2017: 241) Esimerkiksi keskeisillä leveyspiireillä kesäisin päivällä meri on viileämpi kuin maa, jolloin matalapaine keskus siirtyy mantereelle ja tuuli puhalttaa mereltä mantereelle. Merituuli voi ylittää jopa yli 30 km sisämaahan päin, ja se tuo kevyttä 2–5 ms vahvuutta tuulta. Merituuli tuo mukanaan viileämpää ilmaa sisämaahan ja sen mukana tulee tyypillisesti myös pilviä. Merituulilla voi olla paikan mukaan merkittävä vaikutus alueen lämpötilaan ja kosteuteen (Barry &

Chorley 2009: 155). Maatuuli on yöllä esiintyvä tuuli, joka syntyy, kun manner viilenee ja matalapainekekus siirtyy merelle. Tämä luo hetkellisen tilan, jossa tuulee mantereelta merelle (Coastal Meteorology 1992:19). Maatuuli on usein huomattavasti heikompi kuin merituuli (Barry & Chorley 2009: 156). Rannikkokaupungeissa lämpösaarekeilmiöllä voi olla vaikutusta maa- ja merentuulen kiertoon (Suomi 2014).

2.2.3 Sadanta

Sadanta on tärkeä osa biologista kehää ja vesijärjestelmiä (Mačiulytė ym. 2022:142). Sadanta syntyy, kun ilmakehään kertynyt vesihöyry tiivistyy ja lopulta putoaa maan pinnalle sateena. Ilmakehän kosteus määräytyy paikallisen haihtumisen, ilmanlämpötilan ja kosteuden vaakasuuntaisen kulkeutumisen perusteella (Barry & Chorley 2009: 78–92). Ilmakehän kosteudesta 87 % on peräisin meristä ja loput 13 % tulee maalta. Haihtuminen on suurinta päiväntasaajan alueella, missä on eniten lämpöenergiaa. Globaalisti eri sateista noin 79 % tapahtuu merellä. Sadetta tapahtuu monissa eri muodoissa ja tässä tutkimuksessa ”sadanta” terminä kattaa nämä kaikki.

Sadannan määrään vaikuttaa merellisyyden lisäksi moni asia, kuten esimerkiksi ilman lämpötila. Korkeampi lämpötila johtaa suurempaan sadantaa, sillä vesihöyryn määrä ilmakehässä kasvaa (Mačiulytė ym. 2022:142). Ihmisen toiminnalla on myös vaikutusta sateen määrään ja globaalilla tasolla sen on huomattu lisääntyvän, kun siirrytään leveysasteilla pohjoisemmaksi. Merellisyyden vaikutus sadantaan voi olla hyvin laaja, ja kaukaisemmatkin meret voivat vaikuttaa alueen sateisuuteen. Tutkimukset ovat osoittaneet, että esimerkiksi Välimeren pintavesien lämpötilan (*engl. Sea surface temperature, SST*) vaihtelut voi näkyä sademäärän muutoksissa, jopa Eurooppa-Atlanti-alueella (Ho-Hagemann 2017). Mereltä kulkevat ilmamassat voivat siis tuoda kosteaa ilmaa pitkiäkin matkoja.

Tutkimusalueella meren vaikutus sateisiin on havaittavissa esimerkiksi syksyllä, jolloin lämmin meri lisää sateisuutta. (Kersalo & Pirinen 2009: 29). Talvella merellisyyden vaikutus lumisateeseen ja lumipeitteeseen. Uudellamaalla lämmin merivesi voi aiheuttaa lumen saapumisen vaihtelevuutta ja nopeita muutoksia. Varsinasi-Suomen alueella taas merellisyyden vaikutus lumipeitteeseen näkyy erityisesti saaristossa, jonne lumi saapuu myöhemmin kuin rannikolle.

2.3 Tutkimusalueiden ilmastolliset piirteet

2.3.1 Helsinki

Helsinki (60° 10'N, 24° 56'E) sijaitsee Suomenlahden pohjoisrannalla ja siellä asui vuonna 2023, noin 674 500 henkilöä (Tilastokeskus 20.3.2025). Helsingin pinta-ala on noin 187 km² ja sen edustalla sijaitsee saaristo, joka koostuu noin 300 saaresta (Venn ym. 2015: 324–335). Helsingissä on kostea mannerilmasto ja se kuuluu Köppen-Geiger ilmastoluokituksen mukaan ilmasto luokkaan Dfd (Wood ym. 2013: 1679). Köppen-Geiger ilmastoluokitus koostuu viidestä pääluokasta ja 30 alaluokasta (Beck ym. 2018: 2). Luokittelu perustuu vuodenaikaisvaihteluun sekä kuukausittaisten ilmanlämpötilojen ja sademäärien kynnsarvoihin. Dfd-luokassa ei ole selkeää kuivaa kautta ja talvet ovat kylmiä (Beck ym. 2018:5).

Helsingissä maanpinnan korkeusvaihtelu on pientä ja suurin osa kaupungista on alle 50 metrin korkeudella merenpinnasta (Wood ym. 2013: 1679). Suomenlahti tasoittaa Helsingin ilmaston vaihtelua (Venn ym. 2015, 338). Suomenlahti viilentää rannikkoa keväällä ja alkukesästä ja lämmittää sitä syksyllä ja alkutalvesta (Wood ym. 2013: 1679). Helsingissä sademäärät ovat kohtuullisia, mutta Suomenlahden läheisyyden takia pitkät kuivat ja kuumat sääjaksot ovat harvinaisia. Suomenlahdella on myös vaikutusta lumipeitteeseen Helsingin alueella ja talvella Helsingin rannikkoalueen jääpeite vaihtelee vuodesta toiseen. Tyypillisesti meri on jäässä, mutta se voi myös olla osittain tai kokonaan auki.

2.3.2 Turku

Turku (60°27'N, 22°16'E) on Suomen länsirannikolla sijaitseva keskikokoinen rannikkokaupunki. Turussa asui vuonna 2023 noin 201 000 henkilöä (Tilastokeskus 2023, 20.03.2025). Turun pinta-ala on noin 306 km² ja sen läpi kulkee merkittävänä vesistönä Aurajoki (Maanmittauslaitos 2025). Turun koillispuolella on laaja Varsinais-Suomen saaristo, jossa on noin 40 000 saarta (Varsinais-Suomen liitto 2024). Lähin suurempi avoin merenselkä Turun kaupungista on Airisto, joka sijaitsee Turun lounaispuolella noin 10 kilometrin etäisyydellä keskustasta. Saariston vaikutuksesta Turun ilmasto on sekoitus rannikko- ja mannerilmaston piirteitä (Suomi & Käyhkö 2012: 453).

Köppen-Geigerin ilmastoluokituksen mukaan Turku kuuluu ilmasto luokkaan Dfd (Suomi & Käyhkö 2012: 454). Turun ilmastolle on tyypillistä pitkät ja suhteellisen lämpimät kesät sekä

lauhat ja lyhyet talvet (Kersalo & Pirinen 2009: 29). Merellisyys kaupungissa näkyy etenkin syksyllä ja keväällä. Syksyllä meri toimii lämmittävänä tekijänä, jolloin syksystä tulee pitkä ja sateinen. Keväisin taas vastaavasti meri tuo viilentävää ja kylmempää ilmaa mantereelle,

Turkua ympäröivä saaristomeri voidaan jakaa maantieteellisesti sekä ilmastollisesti ulkosaaristoon, sisäsaaristoon sekä rannikkoon (Kersalo & Pirinen 2009: 29). Saariston ja rannikon välillä on eroavaisuuksia esimerkiksi vuoden keskilämpötiloissa. Keskilämpötila on ulkosaaristossa noin 6°C kun taas sisämaassa se voi olla jopa hieman alle 5°C. Eroja eri saaristo ilmastoiden välillä näkyy myös esimerkiksi hellepäivien määrässä sekä lumipeitteessä. Ulkosaaristossa lumipeitekausi on lyhyt ja lumipeite saapuu saaristoon myöhemmin kuin sisämaahan.

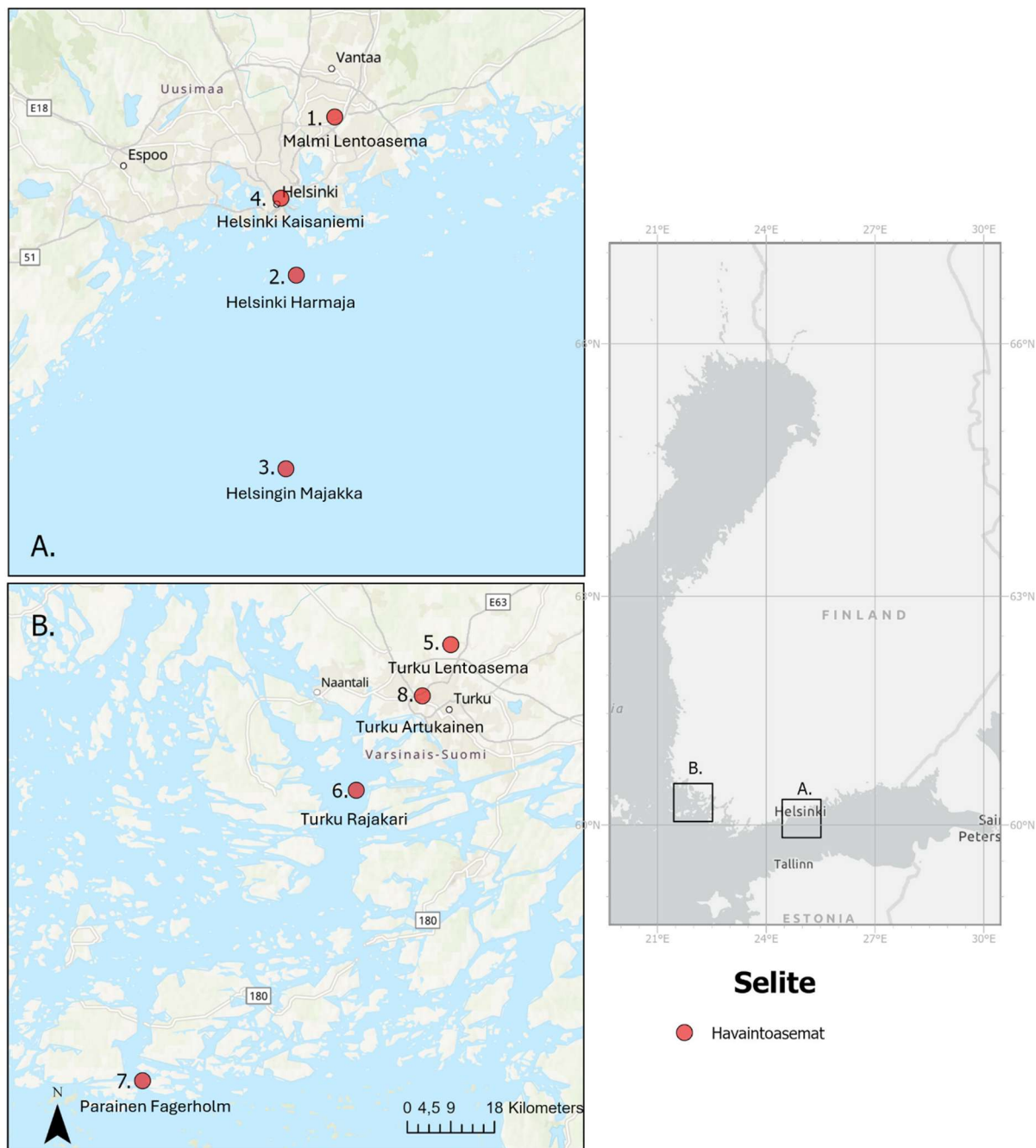
3 Aineistot ja menetelmät

3.1 Tutkimusalue

Tutkimus aluetta tarkastellaan yhteensä kahdeksan eri havaintoaseman avulla. Havaintoasemista kuudelta olen hyödyntänyt lämpötila- ja tuulihavainnot ja kahdelta muulta sademäärähavainnot (taulukko 1.) Näistä puolet sijaitsee Helsingin edustalla ja puolet Turun edustalla (kuva 1). Lämpötila ja tuuli havainnoissa hyödynnetyt havaintoasemat ovat Helsingin edustalta Malmi lentoasema, Harmaja ja Helsingin majakka sekä Turun edustalta Turun lentoasema, Rajakari sekä Parainen Fagerholm. Havaintoasemien valintaan vaikutti asemien etäisyys rantaviivasta sekä toisistaan. Havaintoasemat on pyritty valitsemaan niin, että ne ovat yhtä kaukana rantaviivasta.

Taulukko 1. Tutkimuksessa hyödynnetyjen havaintoasemien nimi, etäisyys rantaviivasta, hyödynnetyt havainnot, asemapariluokitus sekä kuvan 1 kartan numerointi.

Numero Kartalla	Havaintoaseman nimi	Hyödynnetyt havainnot	Etäisyys rantaviivasta (km)	Asemapari luokitus
1.	Helsinki Malmi Lentoasema	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 10	Sisämaa (s)
2.	Helsinki Harmaja	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 5.5	Väliasema (v)
3	Helsinki Helsingin majakka	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 20	Ulkoasema (u)
4.	Helsinki kaisaniemi	Sademäärä	n. 2.3	-
5.	Turku lentoasema	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 6	Sisämaa (s)
6.	Turku Rajakari	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 9	Väliasema (v)
7.	Parainen Fagerholm	Lämpötila, keskituulen nopeus	n. 46	Ulkoasema (u)
8.	Turku Artukainen	Sademäärä	n. 1,5	-



Kuva 1. Tutkimusalue ja tutkimuksessa hyödynnetyt havaintoasemat. Kartassa A on nähtävillä Helsingin havaintoasemat (1–4) ja kartassa B on nähtävissä Turun havaintoasemat (5–8).

Tuulisuuden ja lämpötilan kohdilla molemmista kaupungeista on valittu asema edustamaan sisämaan (S), rannikon (R) ja merellisten alueiden (M) olosuhteita. Näin saamme tarkasteltua kuinka lämpötila ja tuulisuus vaihtelee, kun siirrytään kauemmas rantaviivasta. Asemien jako näkyy taulukossa 1. Havaintoasemapareille on annettu kirjain lyhenne, joita hyödynnän muun muassa tutkimuksen diagrammeissa.

Sademäärälle ei löytynyt arvoja samoilta havaintoasemilta, joten hyödynsin siihen Helsingin Kaisaniemen ja Turun Artukaisen havaintoasemia. Turun seudulla sademäärän havaintoasemia oli vain yksi, joten muuta vaihtoehtoa ei ollut. Helsingin seudulta valitsin Kaisaniemen havaintoaseman, sillä se oli lähimpänä samaa etäisyyttä rannasta, kuin Turun Artukaisen asema.

3.2 Aineistot

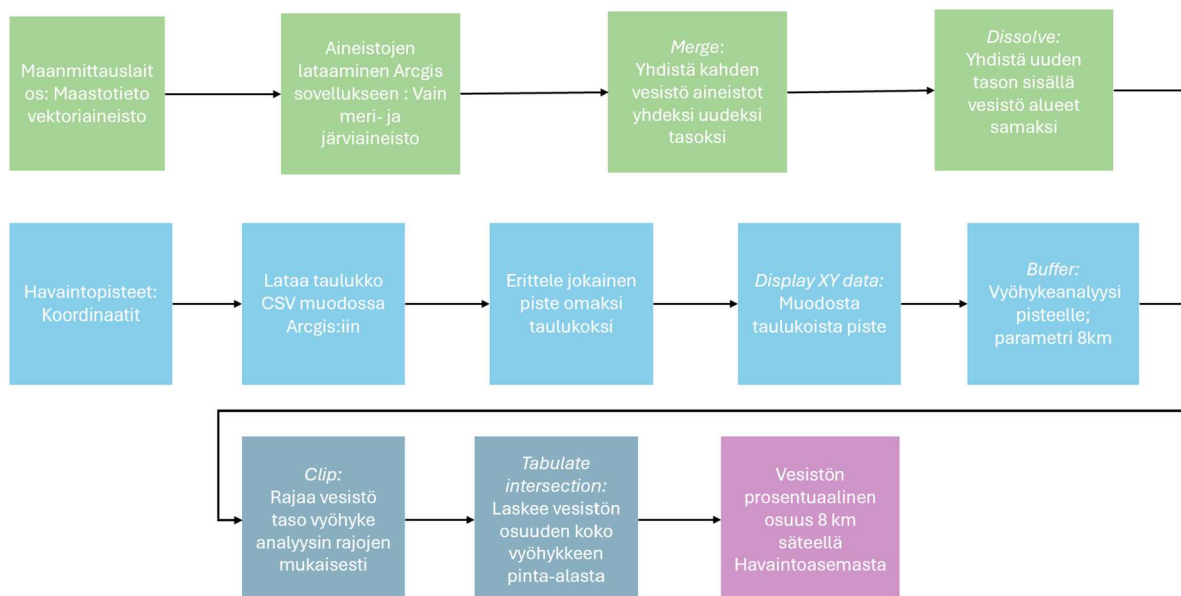
Tutkimuksessa on hyödynnetty ilmatieteen laitoksen tuottamia aineistoja. Työssä hyödynnettiin lämpötila-, tuuli- sekä sadehavaintoja 2019–2023 vuosilta. Tutkimuksessa tarkastin kyseisiltä vuosilta vuotuisia keskiarvoja, sekä suoritin tarkempaa tarkastelua helmi ja elokuun kuukausien keskiarvoista. Nämä kuukauden valikoitui, sillä helmikuu oli molemmissa kaupungeissa kylmin kuukausi ja elokuussa meren vaikutus saattaisi näkyä paremmin havainnoissa. Havainto aineistot latsin ilmatieteen laitoksen avoimesta latauspalvelusta, joka hyödyntää Creative Commons 4.0 kansainvälistä -lisenssiä. Tutkimukseen on myös valittu samoilta vuosilta ja kuukausilta keskimääräinen sadanta. Kaikkien havaintoasemien koordinaateista olen tehnyt Excel taulukon, jota hyödynnän tutkimuksessa karttojen laadinnassa. Excel taulukkoon tiedot löytyivät ilmatieteen laitoksen sivuilta.

Tutkimuksessa on myös hyödynnetty maanmittauslaitoksen tuottamaa maastotieto vektoriaineistoa. Aineisto hyödyntää Creative Commons 4.0 kansainvälistä -lisenssiä. Maastotiedostot olen rajattu sääpisteiden ympärille noin 400 km² kokoiselle alueelle. Aineisto on vielä eritelty hydrografia teemaan.

3.3 Menetelmät

3.3.1 Vyöhykeanalyysi

Tutkimuksessa on hyödynnetty vyöhykeanalyysia, jonka avulla selvitettiin 6 havaintoaseman ympäristön vesistön määrä (kuva 2.). Vyöhykeanalyysi suoritettiin vain havaintoasemille, jotka mittasivat lämpötilaa ja tuulisuutta. Vyöhykeanalyysissä käsiteltiin kahta aineistoa. Ensimmäinen aineisto oli Maanmittauslaitoksen sivuilta ladattu *Maastotieto vektoriaineisto*. Ladatessa aineistoa, ensin rajattiin jokaisen havaintoaseman ympäröivä alue. Tämän jälkeen valittiin aineistolle teema, joka tämän tutkimuksen kohdalla oli hydrografia. Kun alue oli rajattu ja oikea teema valittu, latsin aineisto. Kun toin aineistoa ArcGIS- ohjelmaan, vein sinne vain tutkimukseen tarpeelliset vesistöaineistot. Tämän tutkimuksen kohdalla ne ovat meri ja järvi aineistot. Tämän jälkeen yhdistin jokaisen havaintoaseman ympäröivät meri ja järvi aineistot yhdeksi tasoksi hyödyntämällä *merge-* työkalua. Yhdistin myös uuden tason sisällä olevat polygonit yhdeksi hyödyntämällä *Dissolve-* toimintoa.



Kuva 2. Vuokaavio tutkimuksen vyöhykeanalyysin vaiheista.

Toinen tarpeellinen aineisto on tuuli ja lämpötila sääasemien koordinaatit. Tein koordinaateista Excel taulukon, jonka tallensin CSV- muodossa. Tämän jälkeen lisäsin CSV- muotoisen taulukon ArcGIS:iin, ja erittelin pisteiden koordinaatit vielä omiin taulukoihin. Kun koordinaatit olivat eritelty, sain niiden perusteelta pisteet karttalehdelle hyödyntäen *Display XY data* toimintoa. Kun kaikki pisteet olivat kartalla suoritin vyöhykeanalyysi jokaiselle pisteelle. Analyysia suorittaessa laitoin vyöhykkeen parametriksi 8 km.

Tämän jälkeen rajasin vesistöaineistot hyödyntämällä juuri muodostuneita vyöhykealueita. Tämä onnistui hyödyntämällä *Clip*- toimintoa. Kun vesistöaineisto on rajattu vyöhykkeen mukaan laskin, kuinka suuri osa alueesta on vesistöä. Vesistön prosentti osuuden laskemiseen hyödynsin *Tabulate intersection*-toimintoa, joka laskee vesistö aineiston osuuden vyöhyke aineistosta meille ja muuttaa sen prosentti muotoon. Toistin tämän jokaiselle havaintoasemalle, jonka jälkeen löytyy jokaisesta vyöhykealueesta veden prosentuaalinen osuus. Viimeisenä voidaan vielä yhdistää tiedot samaan taulukkoon helpottaakseen vertailua.

3.3.2 Tilastollinen analyysi

Tutkimuksessa on hyödynnetty kuvailevaa tilastotiedettä. Kuvailevaan tilastotieteeseen kuuluvat erilaiset diagrammit sekä perusteelliset tilastolliset tunnusluvut kuten esimerkiksi keskiarvo. Ilmatieteenlaitoksen aineistosta olen luonut erilaisia kuvaajia, joiden avulla vertailin kaupunkeja ja havaintoasemia.

Ilmatieteenlaitoksen sivuilta latsin tuuli-, lämpötila- ja sadehavaintoja tunti- ja kuukausihavaintoina jokaiselta päivältä. Tuntihavaintoja jatko käsittelin vielä hyödyntäen Excelin *pivot table*-toimintoa, jolla sain aineistosta laskettua keskiarvot jokaiselle päivälle, kuukaudelle ja vuodelle. Tämän jälkeen päivä- ja kuukausi keskiarvoja hyödyntäen loin erilaisia diagrammeja, joiden avulla sain vertailtua kaupunkeja ja havaintoasemia.

Tutkimuksessa on myös hyödynnetty IBM SPSS Statistics -ohjelmaa, jonka avulla olen tehnyt erilaisia tilastollisia analyyskejä. Näihin hyödynsin samoja aineistoja kuin diagrammeihin. Olen luonut tuuli-, lämpötila- ja sademäärähavainnoista analyyskejä hyödyntäen *explore*-toimintoa. Tämän avulla arvioitiin aineistojen keskeisiä tilastollisia tunnuslukuja, kuten keskiarvoa, mediaania, hajontaa sekä poikkeavia arvoja.

Lämpötila- ja tuuliaineiston vertailussa olen hyödyntänyt myös t-testiä. T-testiä käytettiin analysoimaan mahdollisia eroja lämpötila- ja tuuli aineistojen keskiarvoissa kaupunkien sekä havaintoasemien välillä. Analyysit suoritettiin 2019–2023 vuosien keskiarvoille, joissa käytettiin aineistona kuukausien keskiarvoja kyseisiltä vuosilta. Suoritin myös tarkempaa analyysia helmi- ja elokuulle, jossa taas hyödynsin aineistoina päivien keskiarvoja. Analyysilla pyrittiin selvittämään poikkeavatko eri alueiden ja ajanjaksojen lämpötila ja tuuli olosuhteet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Ero on tilastollisesti merkitsevä, kun p-arvo on alle 0,05. Tämä tarkoittaa, että on alle 5 % todennäköisyys, että ero on vain satunnaista vaihtelua. Suoritin tutkimuksessa myös korrelaatio analyysin lämpötilan ja tuulen välille.

Sademäärässä vertailin Helsingin ja Turun havaintoasemia keskenään. Ensin selvitin, onko aineisto normaalijakautunut vai ei. Tähän hyödynsin *Shapiro-Wilk-testiä*. Sen tuloksena oli, että aineisto ei noudata normaalijakaumaa, joten päädyin hyödyntämään *Mann-Whithney U* -testiä. Testin avulla pystyttiin selvittämään, onko Helsingin ja Turun sademäärillä merkitseviä eroja.

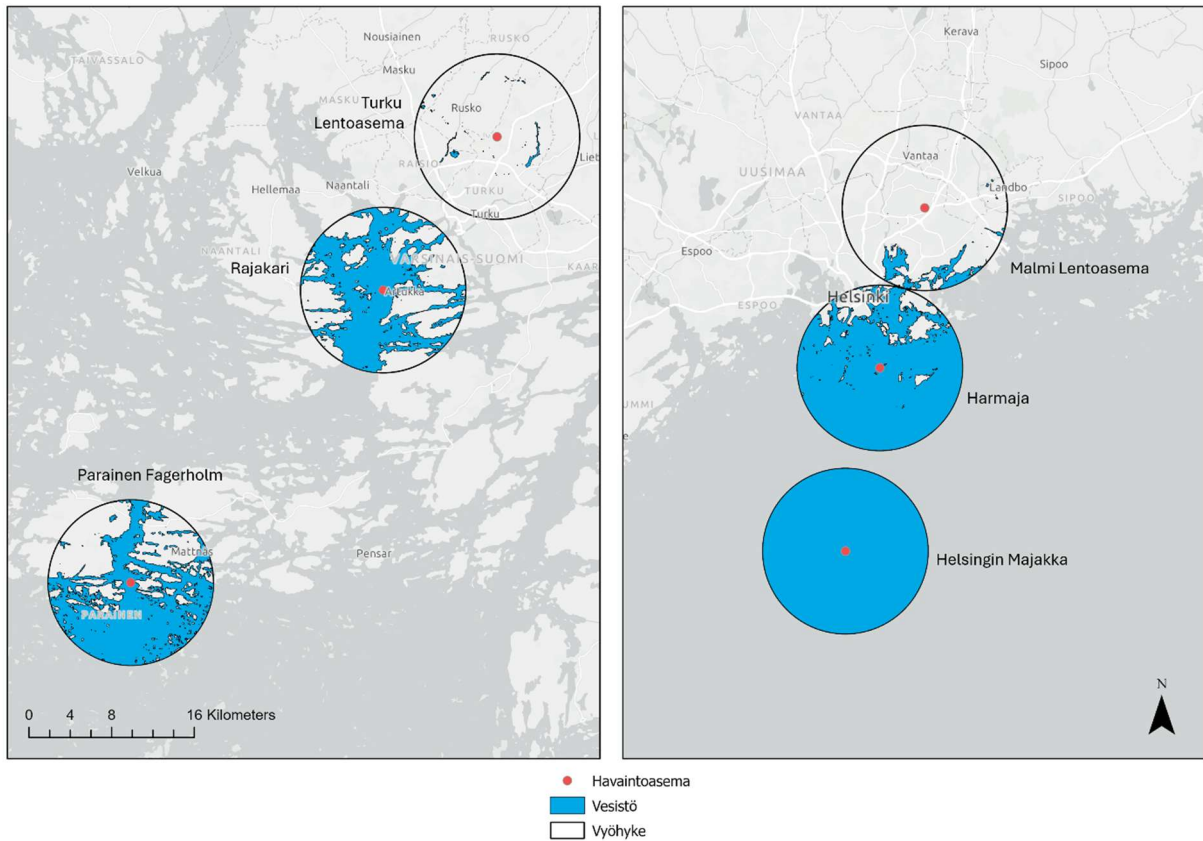
4 Tulokset

4.1 Havaintoasemien merellisyys

Vyöhykeanalyysissa luotiin 8 km säteinen alue kuuden havaintoaseman ympärille. Tämän vyöhykkeen sisältä laskettiin vesistön prosentuaalinen osuus. Pienin vesistön osuus löytyy Turun lentoaseman alueelta (kuva 3, taulukko 2.). Turun lentoaseman vyöhykealueella vesistön osuus on vain noin 0,9 %. Toiseksi pienin osuus löytyi Malmin lentoasemalta, jossa vesistön osuus on noin 6 %. Suurin vesistön prosentuaalinen osuus löytyi Helsingin majakalta, jossa koko alue on vesistöä. Turussa Paraisen ja Rajakarin osuudet olivat lähellä toisiaan, mutta ne olivat pienempiä kuin Helsingin merellinen- ja rannikkoasema. Turun alueen sääasemien ympärillä oli siis vähemmän vesistöä kuin niiden vastaavalla asemalla Helsingissä.

Taulukko 2. Vyöhykeanalyysin tulokset, jossa näkyy 6 havaintoaseman ympärillä oleva vesistön prosentti sekä niiden asemapari luokitus.

Havaintoaseman nimi	Vesistön prosentuaalinen osuus	Asemapari luokitus
Helsinki Malmi Lentoasema	6,0%	Sisämaa-asema (S)
Helsinki Harmaja	87,2%	Rannikkoasema (R)
Helsinki Helsingin majakka	100%	Merellinen asema (M)
Turku lentoasema	0,9%	Sisämaa-asema (S)
Turku Rajakari	52,2%	Rannikkoasema (R)
Parainen Fagerholm	57,4%	Merellinen asema (M)



Kuva 3. Vyöhykeanalyysin tulokset. Kartan vasemmalla puolella on Turun alueen havaintoasemat ja niiden ympäröivät vesistöt 8 km säteellä. Kartan oikealla sama asia, mutta Helsingin havaintoasemille.

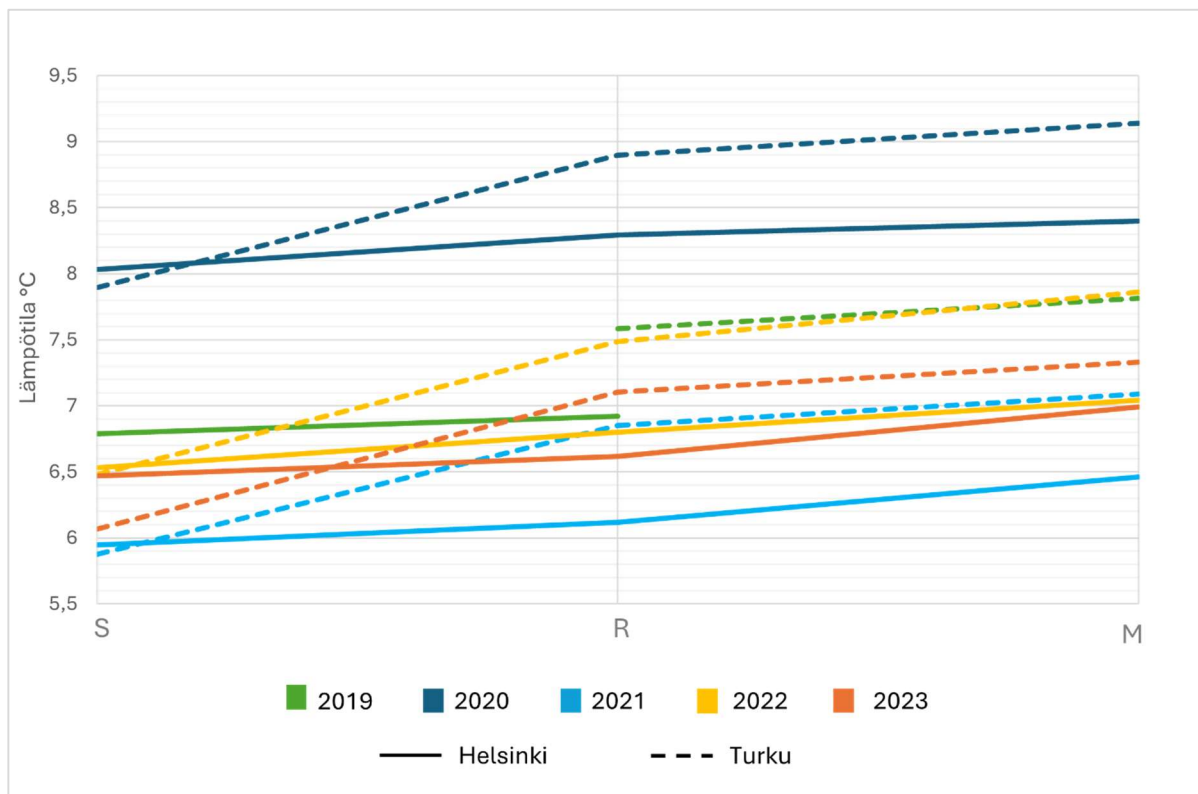
4.2 Tilastolliset analyysit

4.2.1 Lämpötila

Yleisesti Turussa on hieman korkeammat lämpötilat, kuin Helsingissä (kuva 4). Vuositasolla lämpötilat ovat kuitenkin kohtuu samat. Vuosien välillä Turun lämpötilat noudattivat kohtuu samoja gradientteja, kun taas Helsingin asemien gradientteissa on enemmän vaihtelua. SPSS:llä suoritetun t-testin mukaan Turun ja Helsingin lämpötilojen keskiarvojen välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevää (Liite 1). Vuosien keskiarvojen erojen mukaan Turun kaupungin lämpötilojen keskiarvo oli noin 0,4 astetta lämpimämpi kuin Helsingin.

Sisämaa-asetat ovat keskilämpötilaltaan viileimpiä ja merelliset asemat olivat lämpimämpiä (Kuva 4.). Sisämaa- asemilla oli myös enemmän ääriämpötiloja. Kaikista asemista lämpimin asema oli Paraisten asema ja viilein Malmin lentoasema. Asemien välille tehtyjen t-testien mukaan Malmin lentoaseman ja Turun lentoaseman lämpötilojen keskiarvojen välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevää (Liite 1.). Turun lentoaseman keskiarvo oli noin 0,3 astetta korkeampi.

Kun tarkastellaan Rannikkoasemia, t-testin mukaan Harmajan ja Rajakarim lämpötilojen keskiarvojen välinen ero ei myöskään ole tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). Lämpötilan keskiarvoissa Rajakari oli noin 0,6 astetta lämpimämpi kuin Harmaja. Myöskään Helsingin majakan ja Paraisen asemien välinen vuosittaisten lämpötilojen keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tuloksien perusteella Paraisen asema oli noin 0,2 astetta lämpimämpi kuin Helsingin majakka.



Kuva 4. Vuosien 2019–2023 lämpötilojen keskiarvot kuudella eri havaintoasemalla. Havaintoasemat on jaettu sisäasemiin (S), rannikkoasemiin (R) ja merellisiin asemiin (M) sekä kaupungit eroteltu niin, että Helsingin asemat on havaittuna kiinteällä viivalla ja Turun asemat katkoviivalla.

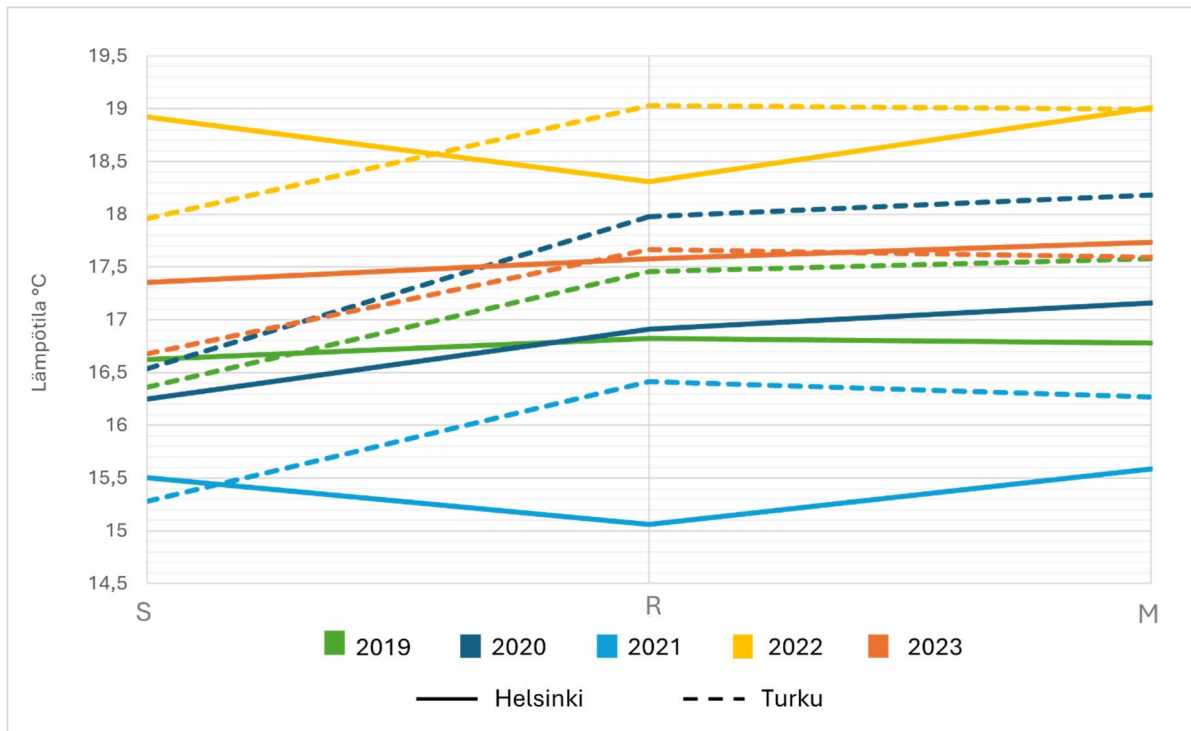
Elokuussa lämpötilassa on havaittavissa enemmän muutoksia kaupunkien ja havaintoasemien gradienteissa (kuva 5). Lämpötila arvojen ero on kuitenkin pienempi kuin vuosittaisella tasolla. Kylmimmät keskiarvot löytyivät vuodelta 2021 ja lämpimimmät vuodelta 2022. SPSS:llä suoritetun t-testin mukaan elokuussa Turun ja Helsingin lämpötilojen keskiarvojen välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). Testin mukaan Turun kaupungin keskiarvo oli noin 0,4 astetta lämpimämpi kuin Helsingin.

Lähes jokaisena tarkastelu vuonna Malmin lentoasema, oli lämpimämpi kuin Turun lentoasema (kuva 5). Poikkeuksena on vuosi 2020, jolloin Malmin lentoasema oli viileämpi. Erot ovat kuitenkin pieniä. Suurin ero on tapahtunut vuonna 2022, jolloin niiden välillä oli noin aste.

SPSS:llä suoritettuna t-testin mukaan Malmin lentoaseman ja Turun lentoaseman lämpötilojen keskiarvojen välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). T-testin yhteydessä saatiin myös keskiarvojen ero, jonka mukaan Malmin lämpötilan keskiarvo oli noin 0,54 astetta korkeampi.

Jokaisena mittaus vuonna Rajakari on ollut lämpimämpi, kuin kumpikaan mantereisimmista sääasemista (kuva 5). Rajakarin lämpötila on myös ollut jokaisena vuonna lämpimämpi, kuin Harmajan. Harmajan ja Rajakarin lämpötilojen ero on usein suurempi kuin Turun- ja Malmin lentoasemien välinen ero. T-testin mukaan Harmajan ja Rajakarin lämpötilojen keskiarvojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). Lämpötilan keskiarvoissa Rajakari oli noin 0,8 astetta lämpimämpi kuin Harmaja.

Paraisen ja Helsingin majakan lämpötiloissa on myös havaittavissa eroavaisuuksia. T-testin mukaan se ei ole kuitenkaan niin merkittävä kuin Harmajan ja Rajakarin välinen ero. Paraisen aseman lämpötilan keskiarvo oli noin 0,7 astetta lämpimämpi. Keskiarvojen erotus oli tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). Kaikista havainto asemista Paraisten asemalla oli jälleen korkein lämpötila.

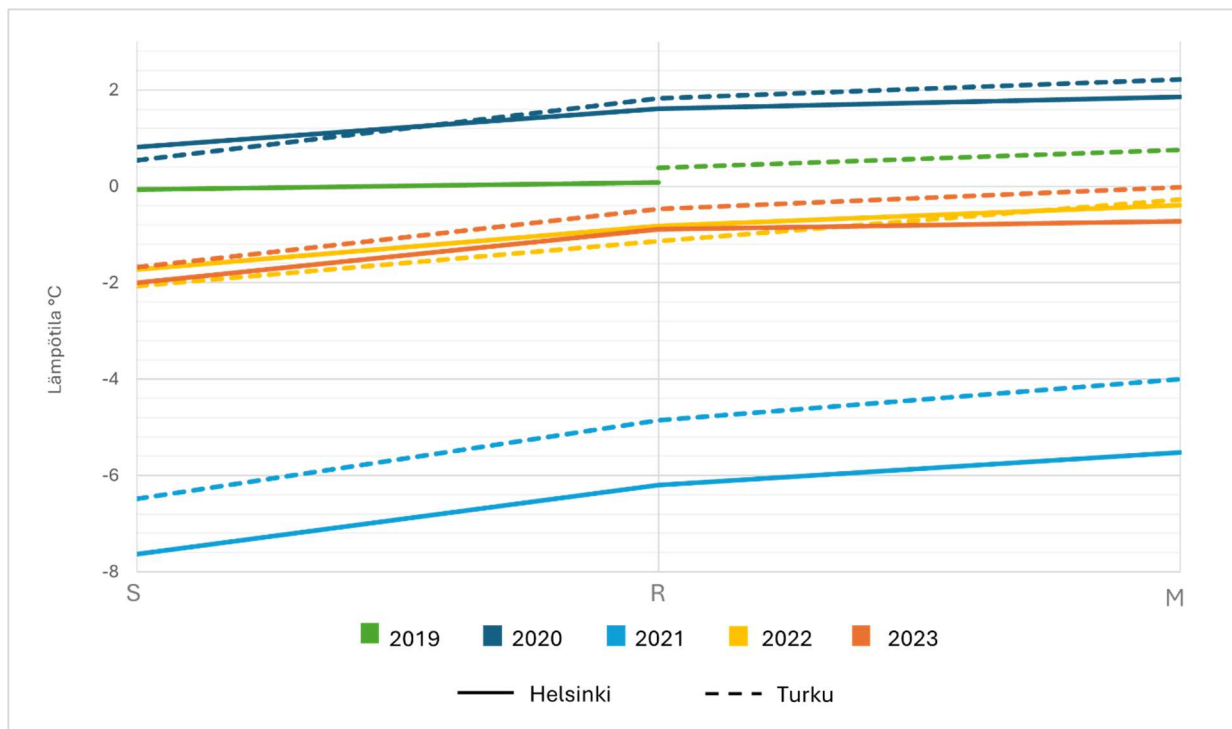


Kuva 5. Elokuuden 2019–2023 elokuuden lämpötilojen keskiarvot kuudella eri havaintoasemalla. Havaintoasemat on jaettu sisäsemiin (S), rannikkoasemiin (R) ja merellisiin asemiin (M) sekä kaupungit eroteltu niin, että Helsingin asemat on havaittuna kiinteällä viivalla ja Turun asemat katkoviivalla.

Helmikuussa kaupunkien ja havaintoasemien gradientit ovat tasaisemmat vuosien välillä (kuva 6). Vuosien väliset erot ovat kuitenkin suurempia verrattuna elokuuhun, ja tätä tukee myös tilastolliset analyysit. Helmikuussa kaupunkien keskiarvojen välinen ero oli hieman suurempi kuin elokuussa. Helmikuussa Turussa oli noin 0,7 astetta lämpimämpää ja keskiarvojen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Liite 1.). Kylmin vuosi oli 2021 ja lämpimin oli 2020.

Molemmissa kaupungeissa jälleen sisämaa-asemat ovat olleet kylmimpiä (kuva 6). Jokaisena havaintovuonna Paraisten asemalla on mitattu jälleen lämpimimmät arvot, mutta ero muihin asemiin on pienempi kuin elokuussa. Helsingin asemilla havaintoasemien väliset erot olivat pienemmät kuin Turussa.

Havaintoasemien välisistä t-testeistä saatiin selville, että helmikuussa Turun lentoasema oli keskimäärin 0,65 astetta Malmin lentoasemaan lämpimämpi. Keskiarvojen erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä (Liite 1.). Helmikuussa Rajakari oli noin 0,4 astetta lämpimämpi kuin Harmaja, ja t-testin tulosten perusteella ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Helsingin majakan ja Paraisen havaintoasemien välillä oli suurin ero. Paraisen asema oli 0,8 astetta lämpimämpi kuin Helsingin majakka. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.



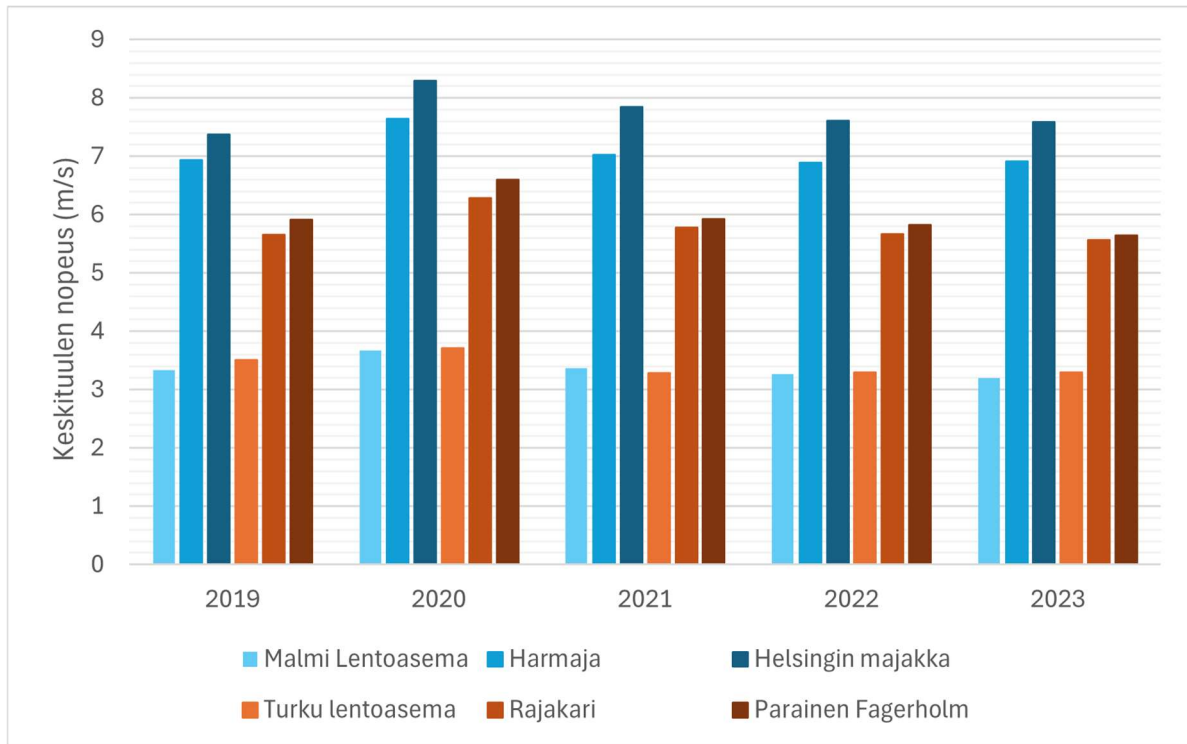
Kuva 6. Helmikuiden 2019–2023 elokuiden lämpötilojen keskiarvot kuudella eri havaintoasemalla. Havaintoasemat on jaettu sisäasemiin (S), rannikkoasemiin (R) ja merellisiin asemiin (M) sekä kaupungit eroteltu niin, että Helsingin asemat on havaittuna kiinteällä viivalla ja Turun asemat katkoviivalla.

4.2.2 Tuulisuus

Yleisesti Helsingissä tuulee enemmän kuin Turussa ja kaupunkien tuulisuden keskiarvojen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Liite 2.). T-testin mukaan Helsingissä tuuli noin 0,94 m/s enemmän kuin Turussa. Tilastollisten analyysien mukaan Helsingissä on myös havaittavissa enemmän vaihtelua tuulen nopeudessa ja korkeammat tuulet ovat yleisempiä Helsingissä. Yleisesti havaintoasemista voimakkaimmat tuulet havaittiin Helsingin majakalla ja heikoimmat tuulet havaittiin Malmin lentoasemalla (kuva 7). Perustilastotieteen testeillä saatiin selville, että Helsingin majakalla on havaittu eniten tuulen vaihtelua. Vähiten sitä on havaittu Malmin lentoasemalla. SPSS:llä suoritettuna korrelaatioanalyysin tuloksena saatiin selville, että tuulisuudella on lievää korrelaatiota lämpötilan kanssa.

Mantereisimmilla havaintoasemilla tuulee vähiten (kuva 7). Tuulisuus kasvaa ulkoisemille asemille mentäessä. Vuosien keskiarvoissa Malmin ja Turun lentoasemilla asemilla tuulee lähes yhtä paljon. Malmin ja Turun lentoasemien keskiarvojen ero oli vain 0,04 m/s (Liite 2.). Tällä kertaa ero oli kuitenkin negatiivinen Turun suhteen, eli siellä tuuli hieman enemmän. Asemien keskiarvojen välinen ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Tilastolliset testit tukevat

myös sitä, että vuosien keskiarvojen perusteella Harmajan ja Helsingin majakan välinen tuuli ero on suurempi kuin Rajakarin ja Paraisten. Vaikka molempien Harmaja ja Rajakari sekä Helsingin majakka ja Paraisten väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä, Helsingin majakan ja Paraisten tuulien keskiarvojen ero on suurempi (Liite 2.). Eron mukaan Helsingin majakan tuuli arvot olivat noin 1,8 m/s korkeampia kuin Parainen Fagerholm. Harmaja oli taas 1,3 m/s korkeampi kuin Rajakari.

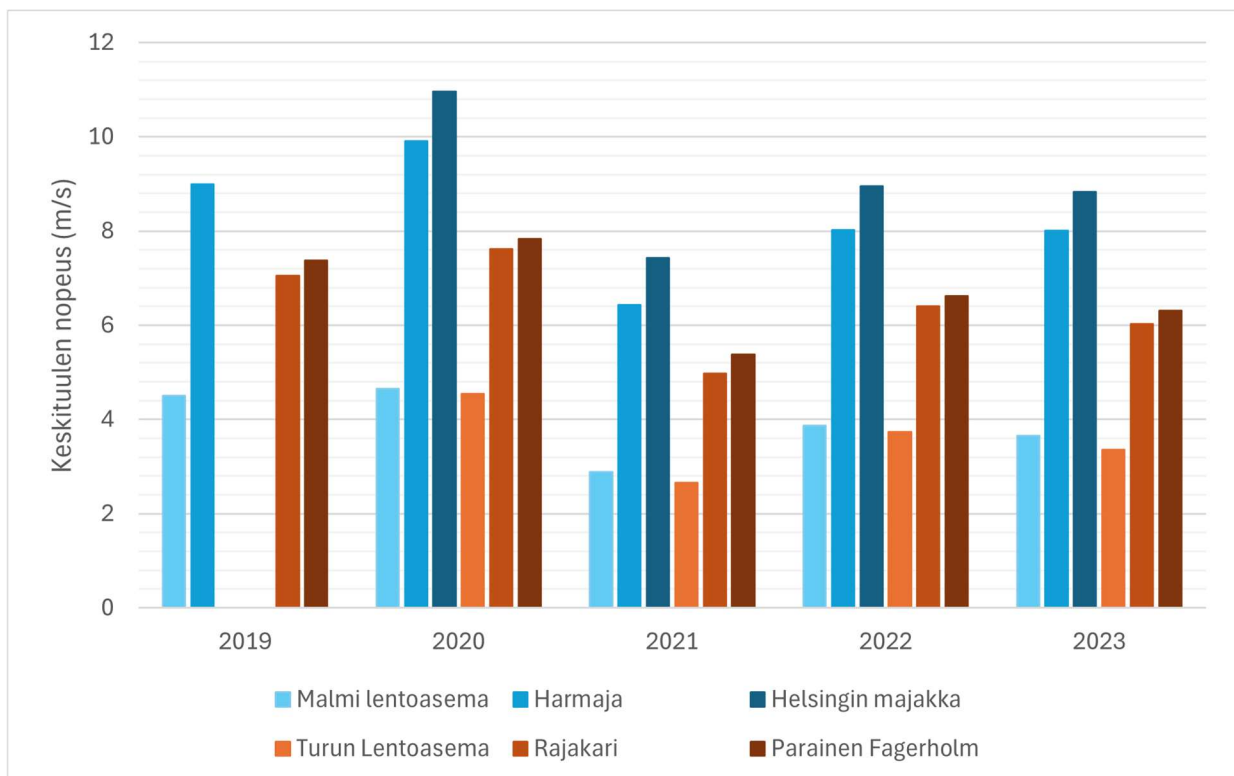


Kuva 7. Keskituulen nopeus 2019–2023 vuosina, kuudella eri havaintoasemalla, jotka sijaitsevat Helsingin ja Turun seuduilla.

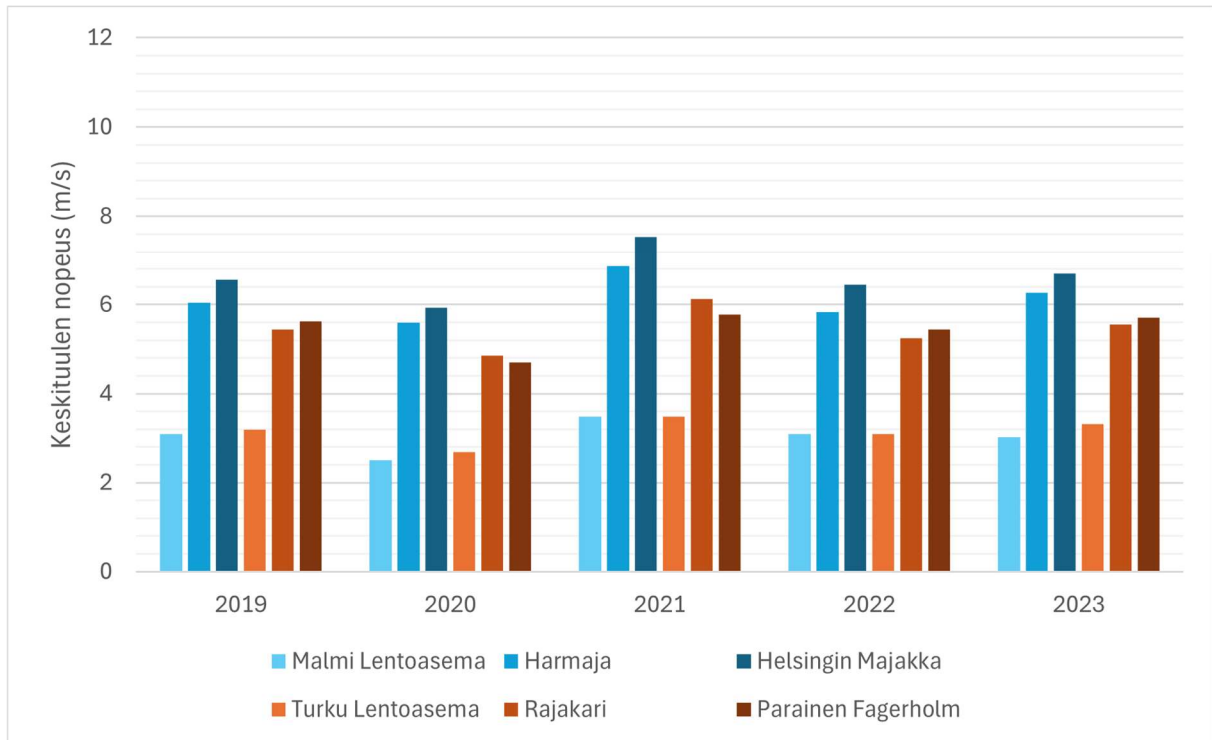
Molemmissa kaupungeissa tuulee enemmän helmikuussa kuin elokuussa (kuva 8. ja 9.). Sen lisäksi, että yleisesti tuulisuus oli pienempää elokuussa, myös erot eri asemien ja kaupunkien välillä oli pienemmät. T-testistä saatujen keskiarvojen erotusten mukaan kaupunkien välinen ero on suurempi helmikuussa (Liite 2.). Helmikuussa Helsingissä tuuli keskimäärin 1 m/s enemmän kuin Turussa. Elokuussa taas Helsingissä tuuli vain 0,34 m/s enemmän. Pääosin havaintoasemilla on havaittavissa samanlaisia gradientteja kesän, talven ja vuosittaisten keskiarvojen kanssa (kuvat 7., 8. ja 9.). Eli mantereisimmilla asemilla tuulee vähiten ja Helsingin merisillä-aseilla tuulee eniten.

Elokuussa Turun lentoaseman ja Malmin lentoaseman väliset erot ovat hyvin pienet. T-testin avulla keskiarvoja vertaillessa saadaan tieto, että Turun lentoasema on keskimäärin vain 0,1 m/s tuulisempi kuin Malmin lentoasema (Liite 2). Ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Kun siirrytään kauemmas rannasta ja tarkastellaan välihavaintoasemien eroja, nähdään, että tuulisuuden ero on kasvanut. Harmajalla tuulee 0,5 m/s enemmän kuin Rajakarilla ja ero on tilastollisesti merkitsevä (Liite 2). Helsingin majakalla tuulee jo keskimäärin 1,1 m/s enemmän kuin Paraisilla ja niidenkin välinen ero on tilastollisesti merkitsevä (Liite 2).

Helmikuussa havaintoasemien keskiarvojen erot ovat suurempia Helsingin suuntaan verrattuna elokuuhun (Liite 2). Turun ja Malmin lentoaseman t-testin tuloksesta saatu keskiarvojen ero on positiivinen Malmin lentoaseman hyväksi, toisin kuin elokuussa, eli Malmin lentoasemalla tuulee enemmän. Ero on kuitenkin pienempi kuin elokuussa. Se on 0,04 m/s eikä ole tilastollisesti merkitsevä. Harmajalla tuulee myös enemmän verrattuna Rajakariin. Helmikuussa Harmajalla tuulen keskiarvo on noin 1,4 m/s suurempi kuin Rajakarilla. Helsingin majakalla tuulen keskiarvo on puolestaan jopa 2,3 m/s korkeampi kuin Paraisilla. Molempien havaintoasemaparien erot olivat tilastollisesti merkitseviä (Liite 2).



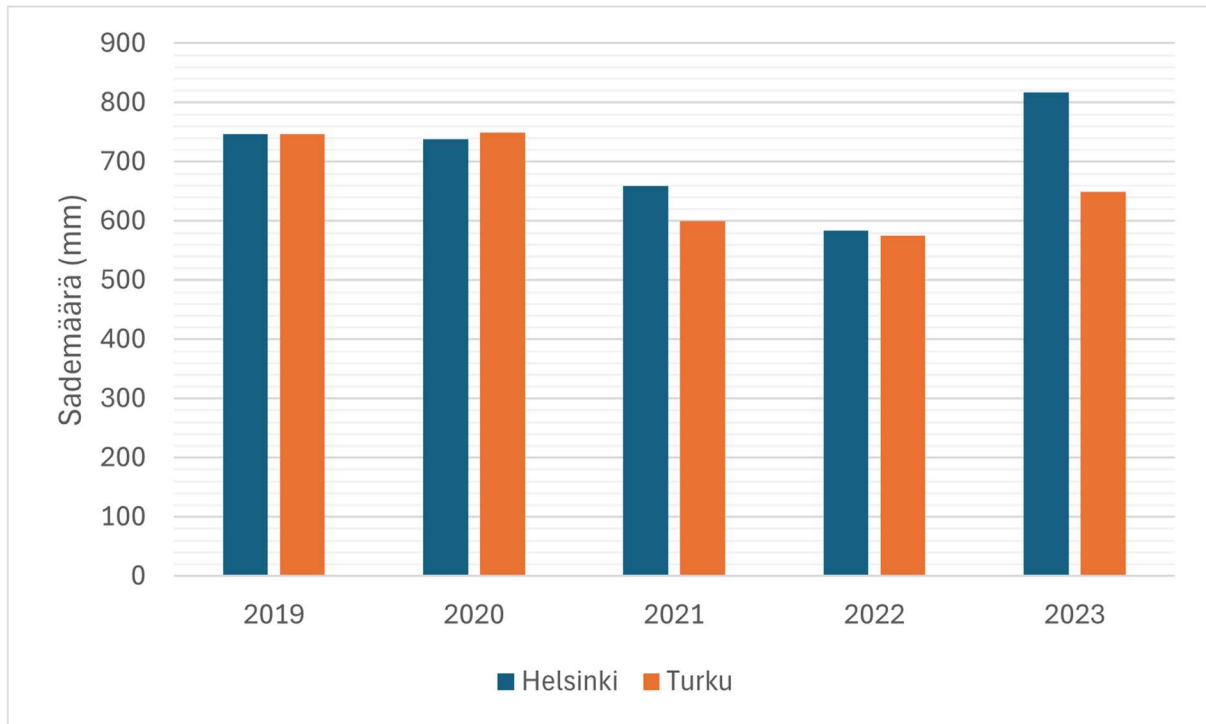
Kuva 8. Keskituulen nopeus vuosien 2019–2023 helmikuuna, kuudella eri havaintoasemalla, jotka sijaitsevat Helsingin ja Turun seuduilla.



Kuva 9. Keskituulen nopeus vuosien 2019–2023 elokuuna, kuudella eri havaintoasemalla, jotka sijaitsevat Helsingin ja Turun seuduilla.

4.2.3 Sadanta

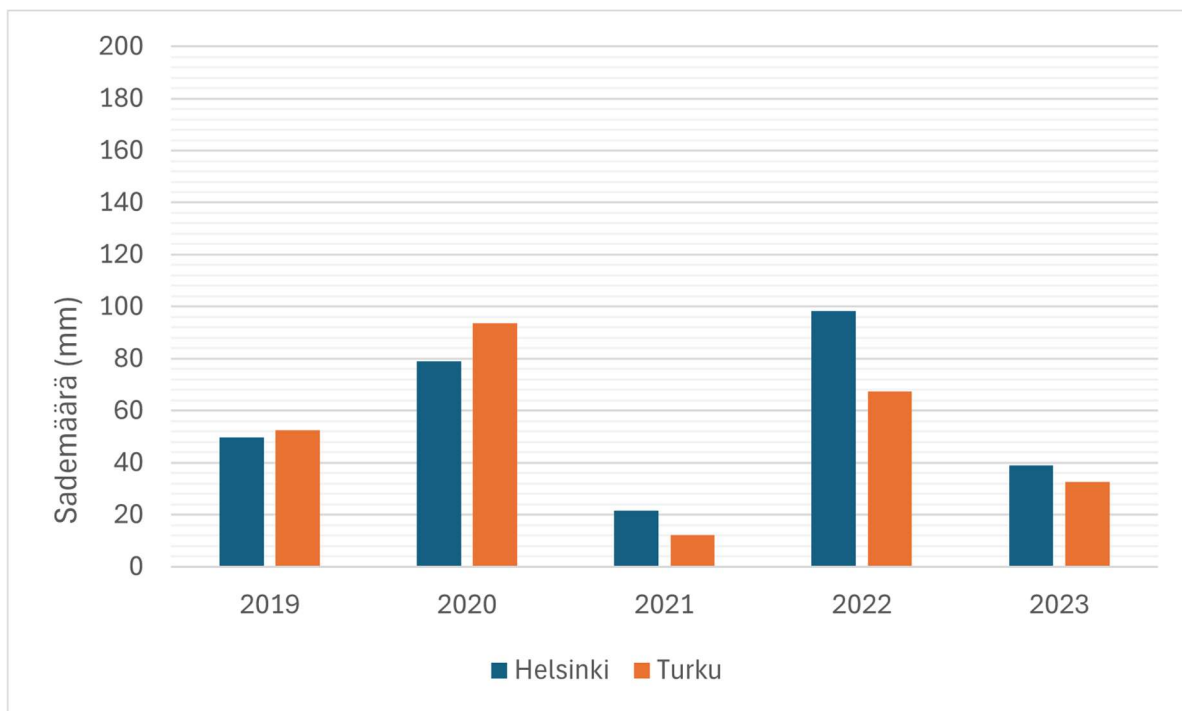
Vuoden keskiarvoissa Helsingillä ja Turulla ei ole kauheasti eroa (kuva 10). Usein Helsingissä sataa keskimäärin hieman enemmän kuin Turussa. Tätä tukevat myös SPSS:llä tehdyt tilastolliset analyysit, sillä Helsingin keskiarvo on hieman suurempi kuin Turun (Liite 3). Tilastollisesta analyysistä sain myös selville, että yli puolina päivistä kummassakaan kaupungissa ei ilmene ollenkaan sadantaa. Molemmissa kaupungeissa on huippukuutta, mutta Helsingissä se on erityisen korkea. Helsingissä ilmenee myös enemmän suurempia ääriarvoja. Sademäärillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (Liite 3.).



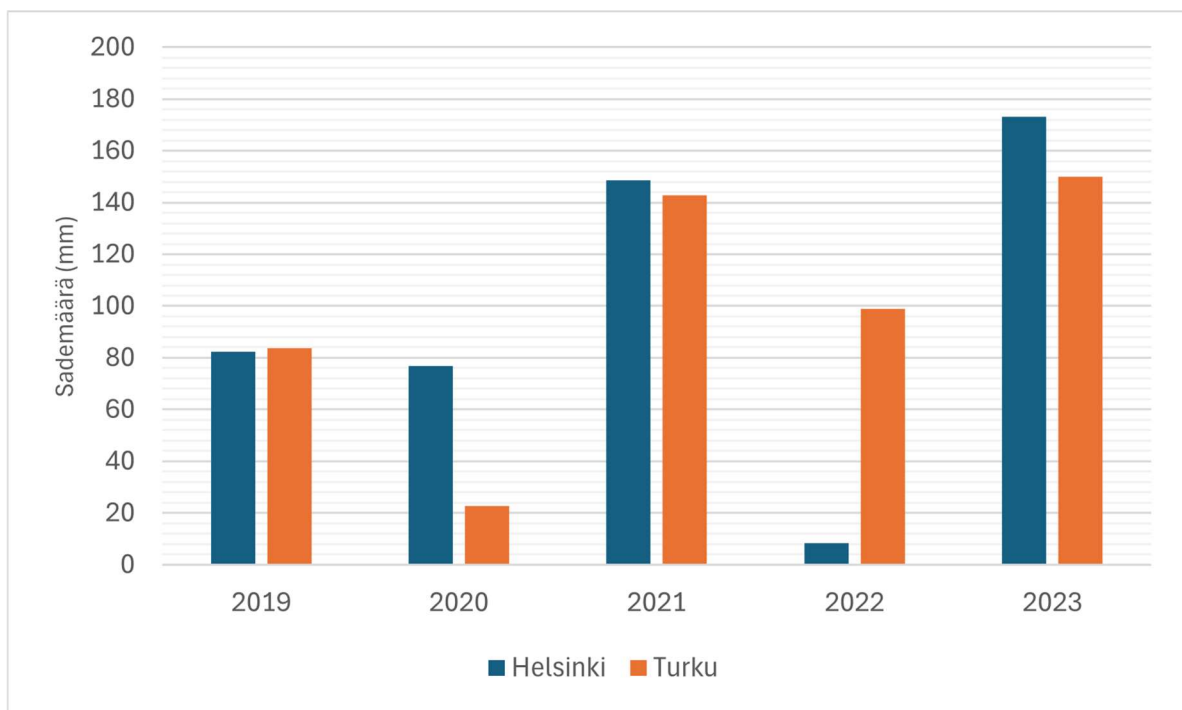
Kuva 10. Helsingin ja Turun sademäärän summat vuosilta 2019–2023.

Myös helmi- ja elokuussa Helsingissä sataa enemmän kuin Turussa (kuvat 11 ja 12). Sademäärillä on kuitenkin suurta vaihtelua vuosien välillä. Kumpanakaan kuukautena kaupunkien sademäärien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja (Liite 3.). Yleisesti erot eivät ole olleet kauhean suuria, mutta siellä oli muutama poikkeus vuosi. Molemmissa kaupungeissa elokuu oli huomattavasti sateisempi kuukausi

Helmikuussa 2019 ja 2020 Turku oli sateisempi kaupunki, kun taas muina tarkasteltuina vuosina Helsinki oli sateisempi (kuva 11). Kuitenkaan kuvasta ei voida havaita selkeästi sateisempää kaupunkia. Myös elokuussa havaittiin muutamia poikkeus vuosia, joita olivat vuodet 2020 ja 2022 (kuva 12). Vuonna 2020 Turussa oli huomattavasti enemmän sadantaa, kuin Helsingissä, kun taas vuonna 2022 Helsingissä oli huomattavasti enemmän sadantaa verrattuna Turkuun.



Kuva 11. Helsingin ja Turun helmikuun sademäärän summat vuosilta 2019–2023.



Kuva 12. Helsingin ja Turun elokuun sademäärän summat vuosilta 2019–2023.

5 Keskustelu

5.1 Tulosten tarkastelu

5.1.1 Lämpötila

Lämpötilassa havaittiin vaihtelua vuosien, kaupunkien ja havaintoasemien välillä. Kaupunkien lämpötiloissa ei ollut havaittavissa suuria tai tilastollisia eroavaisuuksia, kun tarkasteltiin vuosittaisia keskiarvoja. Yleisesti kuitenkin Turku oli lämpimämpi. Turun seudun hieman lämpimämpi ilmasto voi olla monen asian seurausta, mitä ei tässä tutkielmassa tarkemmin pystytä tarkastella. Rannikon lämpötilagradienteissa meren syvyys ja alueen suojaisuus ovat kuitenkin yksiä tärkeimpiä selittäviä tekijöitä lämpötilassa (Veneranta ym. 2016: 124). Turku onkin kaupunkina suojaisemman ja matalamman vesistön lähetyvillä, mikä voi selittää lämpimämpää ilmastoa. Tuloksista nähtiin myös, että tuulisuus ja lämpötila korreloivat niin, että suurempi tuulisuus on yhteydessä viileämpiin lämpötiloihin. Tämä on nähtävissä myös Turun kohdalla. Ei voida kuitenkaan sanoa vain korrelaatio tuloksen perusteella johtuuko nämä toisistaan.

Kun tarkastellaan sisämaa-rannikko-merellisyys akselilla havaintoasemia, suurimmat lämpötilat on aina havaittu merellisillä asemilla ja pienimmät sisämaa-asemilla. Eli merellisimmillä alueilla on lämpimämpää. Yksi vaikuttava tekijä aiheeseen voi olla meren ja mantereen eriävät lämpökapasiteetit (McClatchey, 2017: 241). Merivedellä on suuri lämpökapasiteetti ja täten kykenee varastoimaan ja luovuttamaan lämpöä enemmän kuin maa. Tästä syystä meri lämpenee ja kylmenee hitaammin kuin maa. Koska meri varastoi lämpöä paremmin, siellä ei ole niin suuria lämpötilan vaihteluita tai ääriarvoja. Tämä nähtiin myös tilastollisissa analyyseissa, joissa saatiin selville, että sisämaa-asemilla on eniten lämpötilan ääriarvoja. Tätä tukee myös Väyrynen ym. (2017) tekemä tutkimus, jossa he selvittivät merenvaikutusta Turun paikallisilmastoon. Tutkimuksessa todettiin meren läheisyyden vaikutuksen olevan lämmittävä tekijä keskimääräisissä lämpötiloissa lähes kokovuoden. Heidän tutkimuksessaan on myös todettu, että lämpötilavaihtelu on enemmän riippuvainen sääoloista kuin vuodenaajoista (Väyrynen ym., 2017). Vaikka jääpeitettä ei tarkasteltu tarkemmin tässä tutkimuksessa on siltäkin merkittävä vaikutus rannikon paikallisilmastoon (Suomi & Käyhkö 2012:453). Jääpeite muuttaa alueen ilmastoa hieman mantereisemmaksi.

Lämpötilalla ei havaittu niin selkeää yhteyttä merellisyysprosenttiin, toisin kuin tuulisuudessa. Pientä yhteyttä voidaan havaita, sillä merellisimmillä asemilla oli havaittu korkeampia lämpötila-arvoja, kuitenkin suurimmat merellisyysprosentit havaittiin Helsingin merellisillä asemilla, ei Turun. Turun alueella sisämaa-rannikko-merellisyys akselin gradientti on tasaisemmin samanlainen vuosien ja kuukausien välillä. Turun Rajakari asettuu hyvin sisämaa aseman ja merellisen aseman lämpötilojen väliin, mutta Helsingissä Harmajan havainnot vaihtelevat enemmän, etenkin elokuussa. Esimerkiksi muutaman vuoden elokuussa Harmajan asema on ollut Helsingin viilein asema. Tämä nähdään myös, kun vertaillaan kaupunkien havaintoasemien keskiarvojen erotuksia. Näin suppeassa tutkimuksessa ei voida todeta, onko Harmajan viileys yksittäisten vuosien ilmiö vai pysyvä osa alueen ilmastollista vaihtelua. Lämpötilan muutoksissa Turun asemilla tapahtuu suurempi lämpötilan ero, kun siirrytään sisämaasta merelle. Tämä voi johtua, siitä että Turussa yhdistyy suojaisampi alue ja merellisyys, jotka molemmat olivat lämmittäviä tekijöitä (Väyrynen ym. 2017). Ei kuitenkaan voida tämän tutkimuksen pohjalta varmasti sanoa, mistä asia johtuu.

5.1.2 Tuuli

Vuosien välillä oli vaihtelua tuulisuudessa, mutta ne seurasivat lähes aina samanlaista gradienttia. Tuulisuuden lievä korrelaatio lämpötilan kanssa näkyi vuosi ja kuukausitasolla. Esimerkiksi vuonna 2021 helmikuussa oli viileämpi vuosi, ja tuulisuus oli myös heikompaa. Kaupunkikohtaisesti Helsinki oli tuulisempi kaupunki. Helsingissä on enemmän vaihtelua tuulisuudessa ja korkeammat ääriarvot. Helsingin avoimempi rantaviiva mahdollistaa tuulelle vapaamman liikumisen ja korkeammat arvot (Barry & Chorley 2009: 155).

Tämä näkyy myös, kun katsotaan sisämaa-, rannikko-, merellisellä asema-akselilla, jossa tuulisuus lisääntyy havaintoasemilla, mitä kauemmas siirrytään rannasta. Tuulen vapaamman liikumisen selittää se, että merellä on vähemmän kitkaa, jolloin tuuli pääsee liikkumaan paremmin (Barry & Chorley 2009: 155). Tuulisuudella näyttää siis olevan selkeää yhteneväisyyttä havaintoasemien merellisyys prosenttien kanssa. Korkeimmat tuuli mittaukset on havaittu Helsingin majakalla, jonka merellisyys prosentti on 100, eli siellä ei ole yhtään merkittävää maa-aluetta lähetyvillä. Myös Harmajalla, jolla on toiseksi suurin merellisyys prosentti, on havaittu huomattavasti korkeampia tuuli arvoja kuin esimerkiksi Turun merellisillä asemilla. Havaintoasemien ero näkyy tuloksissa esitetyissä diagrammeissa, sekä myös t-testien tuloksissa, joiden mukaan erotukset kasvaa, kun siirrytään merellisille asemille. Vaikka lämpösaarekeilmiötä ei tar-

kasteltu tässä tutkimuksessa, silläkin on yhteyksiä kaupungin tuuliin (Suomi 2014). Vahva lämpösaarekeilmiö on yhteydessä heikompiin tuuliin, sillä lämpösaarekeilmiö on vahvimmillaan selkeillä ja tyynillä olosuhteilla.

Tuulisuus on suurempaa helmikuussa kuin elokuussa. Tämä voi johtua jälleen esimerkiksi meren ja maan erilaisista lämmönjohtokyvyistä (McClatchey, 2017: 241). Helmikuussa lämpötilaerot maan ja meren välillä ovat suurempia. Helmikuun tarkasteluissa nähdään myös, kuinka kylmällä säällä tuulisuus on voimakkaampaa. Myös tutkimuksessa, joka suoritettiin Norjan Finnmarkissa, todettiin kuinka korkeampia tuulia havaintaan rannikko- ja merialueilla jouluhelmikuussa (Nawri & Harstveit 2011:22). Tämä johtui suuremmista ilmapaine-eroista mantereen ja meren välillä, jotka ilmenevät voimakkaampina kylminä kuukausina (Nawri & Harstveit 2011: 20, Laurila ym. 2021: 2256). Elokuussa tuulen ja lämpötilan yhteys ei ollut niin selkeä. Lämpimät vuodet eivät näy niin selkeästi tuulen lisääntymisellä, mutta kylmä 2021 vuosi erottui hieman.

Tuulien ja lämpötilan välillä on siis havaittavissa yhteyksiä. Kuten aiemmin mainitsin, lämpötilan ja tuulisuuden keskiarvojen välillä on havaittavissa lievää korrelaatiota. Tämä lämpötilan ja tuulen välinen korrelaation on tilastollisesti merkitsevä, mutta se on heikko. Analyysin tulos kertoo meille siis, että tuulen nopeuden kasvaessa lämpötila yleensä laskee hieman. Tämä ei kuitenkaan kerro suoranaistesti, että vaikuttaako lämpötila ja tuuli toisiinsa. Kuitenkin useassa tutkimuksessa, kuten Yan:in ym. (2022) tutkimuksessa, käydään läpi, kuinka korkeampi tuulisuus johtaa viileämpiin lämpötiloihin. Yksi selittävä tekijä on, että voimakkaampi tuulen nopeus estää lämpökerrostumista merenpinnalla, joka poistaa täten enemmän lämpöä meren pinnalta (Yan ym. 2022). Tämä johtaa siihen, että meren pinnan vuorokautinen lämpeneminen vähenee tuulen nopeuden kasvaessa.

5.1.3 Sadanta

Helsingissä on suurempi sadanta. Toisin kuin lämpötilassa ja tuulisuudessa, sadannassa ei ole selkeää vuosittaista trendiä. Sademäärät vaihtelevat enemmän vuosien välillä, mutta kaupunkien väliset vuosittaiset keskiarvot ovat lähes samat. Turussa sadanta on kuitenkin usein hieman vähäisempää. Sademäärillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Tilastollisilla testeillä saatiin kuitenkin selville, että Helsingissä havaittiin enemmän ja suurempia ääriarvoja. Helsingin suurempiin ääriarvoihin vaikuttaa luultavasti sen avomerisempi sijainti. Sadannan on huomattu

ajoittain lisääntyvän rannikkoalueilla esimerkiksi meri- ja maatuulien myötä (Heiblum ym. 2011: 13202). Suuremman merituulen on katsottu lisäävän pilvisyyttä ja sadantaa sekä se voi voimistaa esimerkiksi olemassa olevia ukkosrintamia.

Tutkimuksen sadannassa havaittiin muutama selkeä poikkeus vuosi. Tällaisia oli esimerkiksi elokuussa 2020 ja 2022. Näinä vuosina toisessa kaupungissa havaittiin huomattavasti enemmän sadantaa kuin toisessa. Tällaisen tutkimuksen perusteella on vaikea sanoa täysin varmasti, mistä asia johtuu. Yksi selittäjä tekijä voi olla, että toisella alueella oli vain enemmän saderintamia. Saderintamat ovat yksilöllisempiä, joten ne voivat vaikuttaa vain toiseen kaupungeista.

Yleisesti kesällä sataa enemmän, mikä johtuu lämpimästä säästä, joka johtaa suurempaan haihduntaan. Toisin kuin tuulisuuden ja lämpötilan kohdalla, sademäärällä ei näytä olevan selkeitä yhteyksiä kumpaankaan niistä. Eli sademäärä kaupungeissa ei näytä olevan suuresti yhteydessä lämpötilaan tai tuulisuuteen. Merellisyyden vaikutusta ei tässä tutkimuksessa pystytty tarkastella puutteellisen aineiston takia.

5.2 Epävarmuustekijät

Tutkimuksessa on useita epävarmuustekijöitä. Moni näistä liittyy aineistoon ja sen puutteellisuuteen. Ei voida sanoa, että kyse on ilmastollisesta analyysistä, sillä tutkimus hyödyntää tilastoja vain rajatuilta vuosilta, ei 30 vuodelta. Tutkimuksen kuukausianalyyseissa on myös hyödynnetty vain kahta kuukautta, jotka ovat kahdelta eri vuoden ajalta. Puuttuu siis kokonaan esimerkiksi kevät- ja syyskuukausi, mitkä ovat merkittäviä merellisyyden kannalta (Väyrynen ym. 2017). Tutkimus hyödyntää vain lämpötilan, tuulisuuden ja sateisuuden arvoja, joten on vaikea tehdä varmoja päätelmiä, mistä ilmiöt oikeasti johtuvat, sillä ilmastoon vaikuttaa oikeasti useampi asia. Tutkimuksessa en ole esimerkiksi huomionut jääpeitettä tai lämpösaarekeilmiötä, jotka molemmat ovat merkittäviä kaupunki- ja rannikkoilmastojen vaikuttavia tekijöitä (Suomi & Käyhkö 2012: 451). Tutkimuksessa myös hyödynnettiin tarkkailtavien havaintojen keskiarvoja päivä-, kuukausi- ja jopa vuositasolla. Tämä tarkoittaa, että etenkin vuosittaisissa analyyseissa on todella paljon yleistyksiä. Myös havaintoasemilla oli puutteellisia havaintoja. Vuonna 2019 lämpötila ja tuulihavainnoista puuttui arvoja Helsingin majakalta sekä Turun lentoasemalta.

Tutkimus-aineistossa havaintopisteiden puute on toinen suurempi epävarmuus tekijä. Jotta voitaisiin saada oikeasti tietoa saariston vaikutusta kaupunkiin ja selvittää kaupunkien eroja, täytyisi havaintoasemia olla enemmän saaristossa sekä kaupungissa. Havaintoasemien etäisyys rantaviivasta oli myös eri. Esimerkiksi merellisellä havaintoasemaparilla Paraisten asema oli noin 20 km kauempana kuin Helsingin majakka. Sademäärää ei myöskään saatu samoilta havaintoasemilta kuin tuulusuus ja lämpötila. Havaintoasemia oli myös vain yksi kaupunkia kohden, sillä Turussa ei mitattu sadantaa kuin yhdellä asemalla. Sadannan suhteen ei myöskään ollut yhtäkään saaristossa olevaa havaintoasemaa. Näiden takia sadannan vertailu jäi erittäin suppeaksi. Havaintoasemilla saattoi myös olla paikallisia puutteita. Ilmatieteen laitoksen sivuilla mainitaan esimerkiksi Harmajan olevan hieman heikko mittamaan koillistuulen arvoja saarella sijaitsevien rakennelmien takia (Ilmatieteenlaitos, 5.4.2024).

SPSS:n testeissä muun muassa vuosittaiset analyysit on suoritettu kuukausien keskiarvojen perusteella, ei päivittäisen. Tämä tarkoittaa, että otanta on huomattavasti pienempi ja t-testiä suorittaessa eroavaisuuksia ei löydy niin paljoa. Taas kuukausianalyysit on suoritettu päivien keskiarvoilla, joten analyyseissa on eri otanta, joka voi vaikuttaa tuloksiin. Merellisyyden arviointi on tässä tutkimuksessa suoritettu vain tulosten tarkastelun perusteella. Eli sille ei ole suoritettu tilastollisia analyyseja.

5.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Paikallisilmasto ja etenkin kaupunkien paikallisilmaston tutkiminen on tulevaisuudessa tärkeää ja tarpeellista. Globaalisti on ennustettu, että kaupungit kasvavat ja Helsinkiinkin on ennustettu kasvavaa väkilukua (Leppänen ym. 2023). Tämä tutkimus on erittäin pintapohjainen tutkimus alueiden paikallisilmastoihin ja niiden eroihin, joten tutkimus aiheessa on monia mahdollisuuksia jatkotutkimus aiheille.

Aiheesta voisi suorittaa laajempaa ja tarkempaa tutkimusta. Korjaamalla aikaisemmin mainitsemiani epävarmuustekijöitä saataisiin jo paljon hyödyllistä jatkotutkimusta suoritettua. Tutkimuksessa voisi olla enemmän havaintoasemia niin, että niitä olisi enemmän kaupungeissa sekä merellä. Lisäämällä havaintoasemia eri etäisyyksille ja suuremman määrän, voisimme saada enemmän tietoa ilmastollisista eroista ja merellisyyden vaikutuksesta niihin.

Jatkotutkimuksessa aineisto, jota hyödynnetään voisi olla tarkempaa esimerkiksi niin, että siinä hyödynnetään ainoastaan tuntihavaintoja. Paikallisilmaston kannalta tutkimusta voisi laajentaa

niin, että se ottaa huomioon muitakin parametreja kuin tuulisuus, lämpötila ja sademäärä. Jatkotutkimus voisi esimerkiksi perehtyä myös lämpösaarakeilmiön eroihin tai jääpeitteen paikallisilmastovaikutuksiin. Tutkimusta voisi laajentaa myös useammalle tutkimus alueelle niin, että saisi laajempaa tietoa useammalta paikalta rannikolla. Erittäin mielenkiintoista voisi olla, jos saisi myös alueita rannikolta, jotka eivät ole kaupunkeja.

Jotta saataisiin realistista kuvaa vesistön vaikutuksista paikallisilmastoon, täytyisi selvittää ensin muita paikallisilmastoihin vaikuttavia asioita (Väyrynen ym. 2017: 370). Täytyisi huomioida esimerkiksi kaupunkien lämpösaarekeilmiö. Myös kaupunkien erilaiset topografiset vaihtelut olisi hyvä huomioida, sillä niillä on vaikutusta muun muassa lämmönjakautumiselle kaupungissa. Saariston vaikutusta tutkiessa täytyisi myös huomioida tarkemmin saariston erilaisia ominaisuuksia kuten pinnanmuodot ja kasvillisuus.

Yleisesti myös jatkotutkimuksessa olisi hyvä hyödyntää laajempia metodeja. Paikkatietoja ja kaukokartoitusta voisi hyödyntää esimerkiksi jääpeitteen analyysissä. Jatkotutkimuksessa voisi suorittaa myös laajempia tilastollisia analyyssejä.

6 Johtopäätökset

Kaupunkien välillä havaittiin eroja, etenkin tuulisuuden ja lämpötilahavaintojen välillä. Erot ovat kuitenkin yleisesti pieniä, ja ne olivat vaihtelevasti tilastollisesti merkitseviä. Etenkin sadannan erot olivat pieniä, eikä niissä havaittu suuria yhteyksiä tai trendejä. Lämpötilan ja tuulisuuden suhteen havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta sadannassa erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Turku oli yleisesti lämpimämpi kuin Helsinki. Merellisillä havaintoasemilla havaittiin korkeimmat lämpötila-arvot, ja sisäasemilla havaittiin pienimmät arvot. Lämpimin havaintoasema oli Paraisten havaintoasema. Lämpötilatuloksiin vaikutti luultavasti meren lämpökapasiteetin ominaisuudet, sekä Varsinais-Suomen saaristo. Kuitenkin varma sanominen mistä erot johtuivat, vaatisi laajempaa jatkotutkimusta aiheesta. Lämpötilalla ei vaikuta olevan niin vahvaa yhteyttä merellisyysoisprosentin kanssa.

Helsinki oli tuulisempi, kuin Turku. Tuulisuus kasvoi merellisemmille asemille siirtyessä, ja korkeimmat havainnot saatiin Helsingin majakalta. Tuulisuus oli selkeässä yhteydessä merellisyysoisprosenttien kanssa, etenkin meren puolella olevilla havaintoasemilla. Tämä johtuu siitä, että merellä kitka on pienempi ja tuuli pääsee liikkumaan vapaammin.

Sadannassa ei havaittu selkeitä trendejä, mutta keskiarvojen perusteella Helsingissä satoi hieinan enemmän. Helsingissä oli myös enemmän ääriarvoja, jotka voivat johtua sen avoimemman sijainnista. Sadannan tutkimus jäi todella suppeaksi havaintoasemien puutteiden takia. Sadannalla ei näyttänyt olevan suurempaa yhteyttä lämpötilaan tai tuulisuuteen, vuoden aikaisvaihteluista lukuun ottamatta.

Ilmastolliseksi tutkimukseksi tutkimus oli hyvin suppea, joten johtopäätöksiä ei pystytä sanomaan selkeällä varmuudella. Etenkin saariston vaikutuksen tutkimus vaatisi laajempaa tutkimusta ja suurempaa huomiota saariston ominaisuuksista. Tutkimus antaa kuitenkin suuntaa antavia tuloksia ja näyttää hyvät mahdollisuudet mahdollisille jatkotutkimuksille.

Palaten vielä tutkimuskysymyksiin. Ensimmäiseen kysymykseen voimme todeta, että kaupungeilla on eroja eri parametrien suhteen, mutta erot ovat pieniä. Toiseen kysymykseen voimme

todeta, että alueiden merellisyys näyttää vaikuttavan selkeästi ainakin tuulisuuteen ja lämpötilaan. Näistä kahdesta merellisyydellä näytti olevan vahvempi yhteys tuulisuuteen. Kuitenkin tämäkin tarvitsisi laajempaa jatkotutkimusta, jotta voisimme sanoa asian varmuudella.

Lähteet

- Barry, R. G. & Chorley, R. J. (2009) *Atmosphere, Weather and Climate*. 9.p., 78-421. Routledge, Abingdon.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data* 5(1) 180214–180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Drebs, A.J. (2011) Helsingin lämpösaarake ajallisena ja paikallisena ilmiönä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/7cfd1754-580e-448a-89c0-774566e6eee8/content>
- Dutheil, C., Meier, H. E. M., Gröger, M. & Börgel, F. (2022) Understanding past and future sea surface temperature trends in the Baltic Sea. *Climate Dynamics*. 58 3021-3039. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-06084-1>
- Heiblum, R. H., Koren, I. & Altaratz, O. (2011) Analyzing costal precipitation using TRMM observations. *Atmospheric chemistry and physics* 11 13201-13217. doi:10.5194/acp-11-13201-2011
- Ho-Hagemann, H.T.M., Gröger, M., Rockel, B., Zahn, M., Geyer, B., & Meier, H.E.M. (2017). Effects of air-sea coupling over the North Sea and the Baltic Sea on simulated summer precipitation over Central Europe. *Climate Dynamics* 49(11–12) 3851–3876. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3546-8>
- Ilmatieteenlaitos (s.a.) *Ilmatieteen laitoksen havaintoasemat*. Ilmatieteen laitos 3.4.2025 <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintoasemat>.
- Kersalo, J. & Pirinen, P. (2009) *Suomen maakuntien ilmasto*. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2009:8. <https://core.ac.uk/download/pdf/78564013.pdf>

- Kniesbusch, M., Meier, H. E. M., Neumann, T., & Börgel, F. (2019). Temperature variability of the Baltic Sea since 1850 and attribution to atmospheric forcing variables. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 124 4168–4187. <https://doi.org/10.1029/2018JC013948>
- Kumar, P. (2021) Climate change and cities: challenges ahead. *Frontiers in sustainable cities* 3. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.645613>
- Laurila, T.K., Sinclair, V.A. & Gregow H. (2021) Climatology, variability, and trends in near-surface wind speeds over the North Atlantic and Europe during 1979–2018 based on ERA5. *International Journal of Climatology*, 41: 2253-2278. <https://doi.org/10.1002/joc.6957>
- Levermore, G., Parkinson, J., Laycock, P., & Lindley, S. (2015). The Urban Heat Island in Manchester 1996–2011. *Building Services Engineering Research & Technology*, 36(3), 343–356. <https://doi.org/10.1177/0143624414549388>
- Liddle, B. (2017) Urbanization and Inequality/Poverty. *Urban Science*. 2017, 1(4), 35-. <https://doi.org/10.3390/urbansci1040035>
- Lockwood, J.M. (2017) *Atmospheric processes*. Teoksessa Holden, J. (toim.): An Introduction to Physical Geography and the Environment, 174. Pearson, Harlow.
- Maanmittauslaitos (2025) *Pinta-alat kunnittain*. Maanmittauslaitos 20.3.2025 <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/organisaatio/tilastot> 1.1.2025
- Mačiulytė, V., Rimkus, E., Valiukas, D., & Stonevičius, E. (2023). Long-term precipitation events in the eastern part of the Baltic Sea region. *Oceanologia*, 65(1), 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2022.02.003>
- McClatchey, J. (2017) *Regional and local climates*. Teoksessa Holden, J. (toim.): An Introduction to Physical Geography and the Environment, 195–248. Pearson, Harlow.
- Coastal Meteorology: A Review of the State of the Science*, (1992) 5-19, National Academies Press, Washington, D.C.

- Nawri, N. & Harstveit, K. (2012) Variability of surface wind directions over Finnmark, Norway, and coupling to the larger-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 15–33. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0458-0>
- Suomi, J. & Käyhkö, J. (2012) The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology* 32(3), 451 <https://doi.org/10.1002/joc.2277>
- Suomi, J. (2014). *Characteristics of urban heat island (UHI) in a high latitude coastal city - a case study of Turku, SW Finland*. Väitöskirja, Turun yliopisto, Department of Geography and Geology. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-5912-9>
- Tilastokeskus. 2023. *Kuntien avainluvut: Turku*. 20.3.2025 <https://stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?year=2023&active1=KU853>
- Vajda, A. (2007) Spatial variations of climate and the impact of disturbances on local climate and forest recovery in northern Finland. Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Department of Geography. <http://hdl.handle.net/10138/21173>
- Varsinais-Suomen liitto. (2024). *Saaristomeri ja saaristo*. 20.3.2025 <https://varsinaissuomi.fi/kumppanuusfoorumi/kumppanuusfoorumi/ymparisto/saaristomerijasaaristo/>.
- Veneranta, L., Vanhatalo, J., & Urho, L. (2016). Detailed temperature mapping—Warming characterizes archipelago zones. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.09.011>
- Venn, S., Schulman, H., Törrönen, S., Salla, A., Pajunen, T., Kerppola, S., Paukkunen, J., Nieminen, M., Vilisics, F. & Karjalainen, S. (2015) Helsinki. Teoksessa Kelcey, J.G. (toim.) *Vertebrates and Invertebrates of European Cities: Selected Non-Avian Fauna*, 324–338. Springer, New York. DOI 10.1007/978-1-4939-1698-6
- Väyrynen, R., Suomi, J. & Käyhkö, J. (2017) Fine-scale analysis of sea effect on coastal air temperatures at different times scales. *Boreal Environment Research*, 22(1-6), 369-38.

- Wood, C.R., Järvi, L., Kouznetsov, D., Nordbo, A., Joffre, S., Drebs, A., Vihma, T., Hirsikko, A., Suomi, I., Fortelius, C., O'Connor, E., Moiseev, D., Haapanala, S., Moilanen, J., Kangas, M., Karppinen, A., Vesala, T. & Kukkonen, J. (2013) An overview of the urban boundary layer atmosphere network in Helsinki. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 94(11). 1675-1690. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00146.1>
- Yan, Y., Wang, G., Wang, X. H., Chen, C., Ling, Z., & Zhang, L. (2023). Relationship between subsurface diurnal warming and wind speed. *Deep-Sea Research. Part I, Oceanographic Research Papers*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2023.104106>

Liitteet

Liite 1.

Testipari	Lämpötila/Tuuli	Elokuu/Helmikuu/ koko vuosi	P-arvo	Keskiarvojen ero	Onko tilastollisesti merkitsevä
Helsinki- Turku	Lämpötila	Koko vuosi	0,610	-0.4° C	Ei
Helsinki- Turku	Lämpötila	Elokuu	0,010	-0.4° C	Kyllä
Helsinki- Turku	Lämpötila	Helmikuu	0,020	-0.7° C	Kyllä
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Lämpötila	Kokovuosi	0,825	-0,3° C	Ei
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Lämpötila	Elokuu	0,071	0,54° C	Ei
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Lämpötila	Helmikuu	0,275	-0,65° C	Ei
Harmaja-Rajakari	Lämpötila	Kokovuosi	0,632	-0,6°	Ei
Harmaja-Rajakari	Lämpötila	Elokuu	<0,001	-0,8°	Kyllä
Harmaja-Rajakari	Lämpötila	Helmikuu	0,374	-0,4°	Ei
Majakka- Parainen	Lämpötila	Kokovuosi	0,891	-0,2°	Ei
Majakka- Parainen	Lämpötila	Elokuu	0,003	-0,7°	Kyllä
Majakka- Parainen	Lämpötila	Helmikuu	0,108	-0,8°	Ei

Liite 2.

Testi pari	Lämpötila/Tuuli	Elokuu/Helmikuu/ koko vuosi	P-arvo	Keskiarvojen ero	Onko tilastollisesti merkitsevä
Helsinki- Turku	Tuulisuus	Koko vuosi	0,020	0,94 m/s	Kyllä
Helsinki- Turku	Tuulisuus	Elokuu	0,0174	0,34 m/s	Kyllä
Helsinki- Turku	Tuulisuus	Helmikuu	<0,001	1 m/s	Kyllä
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Tuulisuus	Koko vuosi	0,071	-0.04m/s	Ei
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Tuulisuus	Elokuu	0,399	-0.1m/s	Ei
Malmin lento- asema- Turun len- toasema	Tuulisuus	Helmikuu	0,840	0.04m/s	Ei
Harmaja-Rajakari	Tuulisuus	Koko vuosi	<0,001	1.3m/s	Kyllä
Harmaja-Rajakari	Tuulisuus	Elokuu	0,013	0,5 m/s	Kyllä
Harmaja-Rajakari	Tuulisuus	Helmikuu	<0,001	1.4m/s	Kyllä
Majakka- Parainen	Tuulisuus	Koko vuosi	<0,001	1.8 m/s	Kyllä
Majakka- Parainen	Tuulisuus	Elokuu	<0,001	1.1 m/s	Kyllä
Majakka- Parainen	Tuulisuus	Helmikuu	<0,001	2.3 m/s	Kyllä

Liite 3.

Testipari	Parametri	Elokuu/Helmikuu/ koko vuosi	P-arvo	Z-arvo	Onko tilastolli- sesti merkitsevä
Helsinki- Turku	Sadanta	Koko vuosi	0,983	-0,022	Ei
Helsinki- Turku	Sadanta	Elokuu	0,139	-1,479	Ei
Helsinki- Turku	Sadanta	Helmikuu	0,322	-0,990	ei