



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Rankkasateiden määrä ja voimakkuus Suomessa

Touko-syyskuussa vuosina 2014–2024

Tyyne Kurvinen

Maantiede
LuK-tutkielma
Laajuus: 6 op

25.4.2025

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

LuK-tutkielma

Pääaine: Maantiede
Tekijä: Tyyne Kurvinen
Otsikko: Rankkasateiden määrä ja voimakkuus Suomessa
Ohjaaja: Risto Kalliola
Sivumäärä: 33 sivua + liitteet 1 sivu
Päivämäärä: 25.4.2025

Rankkasateet ovat yleistynyt ja voimistuva ilmiö sekä Suomessa että globaalisti. Sademäärien ja sateiden voimakkuuksien ennustetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä, millä on vaikutusta luontoon ja yhteiskuntaan. Suuremmat sademäärät ja voimakkaammat sateet vaikuttavat muun muassa kaupunkien hulevesijärjestelmien ja infrastruktuurin suunnitteluun sekä viljelyolosuhteisiin ja ravinteiden huuhtoutumisen lisääntymiseen pintavalunnan mukana.

Sademäärät ovat yksi tärkeimmistä tarkasteltavista muuttujista ilmastonmuutoksen vaikutusten yhteydessä. Ilmastonmuutoksen myötä maapallon keskilämpötila nousee ja ilmakehä lämpenee. Lämpimämpi ilmakehä pystyy sitomaan enemmän kosteutta, mikä tarkoittaa sitä, että sateiden voimakkuus kasvaa. Sademäärien on ennustettu kasvavan erityisesti lähellä napa-alueita. Esimerkiksi Pohjois-Suomi kuuluu tähän riskialueeseen.

Suomessa sademäärät tulevat kasvamaan sekä kesällä että talvella. Erityisesti talven sademäärien ennustetaan kasvavan. Kesäisin sadepäivien määrä ei välttämättä lisäänty sademäärien lisääntyessä. Tämä tarkoittaa, että sateet tulevat voimistumaan.

Tässä tutkielmassa sade määritellään rankkasateeksi, jos tunnin aikana mitattu sademäärä ylittää 7,0 mm. Tutkielman tavoitteena on vertailla rankkasateiden määrää ja voimakkuutta Suomessa neljällä Ilmatieteen laitoksen havaintoasemalla. Tutkielmassa tarkastellut havaintoasemat ovat Lohja Porla, Kuhmo Kalliojoki, Siikajoki Ruukki ja Utsjoki Nuorgam. Tutkielmassa tarkastellaan myös, onko havaintoasemien läheisyydessä sijaitsevilla vesialueilla vaikutusta rankkasateisiin. Tutkielma lisää myös ymmärrystä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta rankkasateisiin Suomessa.

Tutkimuksen toteuttamisessa hyödynsin Ilmatieteen laitoksen havaintoasemien sademääriä touko-syyskuilta vuosina 2014–2024. Sademääristä käytin tunnin välein mitattuja hetkellishavaintoja sekä touko-syyskuiden kuukausittaisia sadesummia. Rankkasateiden määrien ja voimakkuuksien vertailun suoritin Excel taulukkolaskentaohjelmistossa suodattamalla ja havainnollistamalla sademääriä. Käytin myös Maastotietokannan hydrografia aineistoja havaintoasemien läheisyydessä sijaitsevien vesialueiden ja niiden vaikutusten tarkasteluun. Näiden aineistojen avulla tein vyöhykeanalyysin (engl. *bufferanalysis*) havaintoasemien ympärille.

Eniten rankkasateita on mitattu Suomen sateisimmilla alueilla sijaitsevilla Lohjan Porlan ja Kuhmon Kalliojoen havaintoasemilla. Vähiten rankkasateita mitattiin Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla, joka sijaitsee yhdellä Suomen vähäsateisimmista alueista Pohjois-Lapissa. Voimakkaimmat rankkasateet esiintyivät Lohjan Porlan havaintoasemalla. Havaintoasemien läheisyydessä sijaitsevilla vesialueilla on voimistava ja ylläpitävä vaikutus rankkasateisiin. Tuloksia voi hyödyntää jatkossa rankkasateiden määrässä ja voimakkuudessa mahdollisesti tapahtuvien muutosten vertailuun.

Avainsanat: rankkasade, sadetyyppi, sademäärä, voimakkuus, havaintoasema

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys	7
2.1	Sateiden muodostuminen ja jakautuminen globaalisti	7
2.2	Sadetyypit	8
2.3	Sateisiin vaikuttavat tekijät	10
2.3.1	Vesistöjen vaikutus	10
2.3.2	Ilmasto-olosuhteiden vaikutus	10
2.3.3	Topografian vaikutus	11
2.4	Sateisuus ja rankkasateet Suomessa	12
2.4.1	Sateisiin vaikuttavat tekijät Suomessa	12
2.4.2	Suomen sadanta ja sateiden jakautuminen alueellisesti	13
2.4.3	Rankkasateet Suomessa	14
3	Aineistot ja menetelmät	16
3.1	Havaintoasemat	16
3.2	Aineistot	17
3.3	Menetelmät	17
3.3.1	Säähavaintojen käsittely	17
3.3.2	Vyöhykeanalyysi	18
4	Tulokset	21
4.1	Rankkasateiden määrä ja voimakkuus	21
4.2	Vyöhykeanalyysin tulokset	24
5	Keskustelu	26
5.1	Rankkasateiden alueellisten erojen vertailu	26
5.2	Epävarmuustekijät	27
5.3	Rankkasateet tulevaisuudessa	29
6	Johtopäätökset	31
	Lähteet	32
	Liitteet	34
	Liite 1. Touko-syyskuiden sadesummat vuosilta 2014–2024	34

1 Johdanto

Sademäärät ovat yksi tärkeimmistä muuttujista tarkasteltaessa ilmastonmuutoksen paikallisia vaikutuksia (Irannezhad ym. 2014). Sademäärien ennustetaan kasvavan Suomessa ilmastonmuutoksen myötä (Ruosteenoja ym. 2016: 24; Luomaranta ym. 2025: 9). Sademäärät tulevat kasvamaan sekä kesällä että talvella, mutta suuremmat sademäärät kesäisin eivät välttämättä tarkoita sadepäivien määrän lisääntymistä, vaan sateiden voimakkuuden kasvua (Luomaranta ym. 2025: 9). Rankkasateiden voimakkuus tulee siis hyvin todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa. Kesäsateissa tapahtuvia muutoksia on kuitenkin vaikea ennustaa tarkkaan, mikä lisää osaltaan ilmiön epävarmuutta.

Myhren ym. (2019: 1–7) tutkimuksen mukaan rankkasateiden intensiteetti lähes tuplaantuu, kun ilmakehän keskilämpötila nousee asteen verran. Rankkasateen intensiteetillä tarkoitetaan sademäärän suhdetta sateen keston (Barry & Chorley 2010: 91). Myhren ym. (2019) tutkimuksen tulosten mukaan tulevaisuudessa voimakkaimmat sateet tulevat siis voimistumaan lähes kaksinkertaisiksi jokaista keskilämpötilan asteen nousua kohti. Keskilämpötilan noustessa rankkasateiden intensiteetti kasvaa voimakkaammin kuin keskimääräiset sademäärät. Tämän vuoksi infrastruktuurin suunnittelussa ja rakentamisessa pitää ottaa aiempaa tarkemmin huomioon lyhyessä ajassa satavat suuret sademäärät, esimerkiksi kattavilla hulevesijärjestelmillä. Näin pystytään vähentämään tulvariskiä esimerkiksi kaupunkialueilla, joilla sadevesi ei pääse imeytymään maaperään vaan valuu pintavaluntana viemäreihin.

Rankkasateiden yleistymisellä ja voimistumisella on vaikutusta kaupunkien infrastruktuurin lisäksi muun muassa maaseudun viljelyolosuhteisiin (Luomaranta ym. 2025: 9–10). Runsaat sademäärät vaikuttavat ravinteiden ja muiden epäpuhtauksien huuhtoutumiseen sisävesiin ja Itämereen pintavalunnan mukana. Täten rankkasateiden voimistumisella on lisääntyneen tulvariskin lisäksi vaikutusta myös rehevöitymiseen ja useisiin muihin ympäristöongelmiin.

Erittäin voimakkaiden rankkasateiden vaikutukset tulivat hyvin esiin heinäkuussa 2011 Tanskassa Kööpenhaminan alueella (Wójcik ym. 2013: 1756–1757). Kööpenhaminassa mitattiin kaksi poikkeuksellisen voimakasta rankkasadetta lyhyen ajan sisässä. Voimakkain sade kesti noin 2,5 tuntia, ja 24 tunnin aikana mitattiin 135,4 millimetriä sadetta. Tämä vaikutti satoihin tuhansiin ihmisiin ja aiheutti vahingonkorvauksia jopa 800 miljoonan euron edestä. Wójcik ym. (2013) tutkimuksen mukaan myös bakteerit leviävät helpommin tulvavesien mukana ja voivat mahdollisesti levittää haitallisia tauteja laajoille alueille. Rankkasateiden seuraukset voivat aiheuttaa terveystriskejä etenkin sellaisilla alueilla, joilla ei ole kunnollista hulevesijärjestelmää, joka kuljettaisi ylimääräistä vettä pois alueelta.

Tällaisten rankkasateiden aiheuttamien moniulotteisten vaikutusten vuoksi tulevaisuudessa on erityisen tärkeää osata varautua yhä rankempiin ja voimakkaampiin sateisiin.

Rankkasateiden määrän ja voimakkuuden muutosten tutkiminen tarjoaa tärkeää tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista sademäärien jakautumiseen globaalisesti. Tämän vuoksi aiheesta täytyy tehdä lisää tutkimusta ja vertailla alueellisia eroja niin paikallisesti kuin globaalisti. Tämä mahdollistaa myös kestävämmän kaupunkisuunnittelun toteuttamisen. Rankkasateiden vaikutukset ulottuvat yhteiskunnan monille eri osa-alueille, minkä vuoksi uusi tutkimustieto on erityisen tärkeää.

Tutkielmassa selvitän, onko rankkasateiden määrässä ja voimakkuudessa eroja Suomen sateisimmilla ja vähäsateisimmilla alueilla. Suoritin alueellisten erojen tarkastelun vertailemalla neljän Ilmatieteen laitoksen havaintoaseman sademääriä touko-syyskuulta vuosilta 2014–2024. Valitsin tarkasteltavaksi ajanjaksoksi touko-syyskuut, koska konvektiivinen aktiivisuus on Suomessa suurimmillaan näinä kuukausina (Schleiss ym. 2020: 3160). Valitsemani havaintoasemat ovat Lohjan Porla, Kuhmon Kalliojoki, Siikajoen Ruukki ja Utsjoen Nuorgam. Rankkasateiden määrän ja voimakkuuden vertailun lisäksi lisään ymmärrystä ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista rankkasateisiin. Tutkielmassa vastaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Onko rankkasateiden määrässä ja voimakkuudessa eroja neljällä (Lohja Porla, Kuhmo Kalliojoki, Siikajoki Ruukki & Utsjoki Nuorgam) valitulla havaintoasemalla?
2. Onko havaintoasemien läheisyydessä sijaitsevilla vesialueilla vaikutusta rankkasateiden määrään ja voimakkuuteen?

2 Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys

2.1 Sateiden muodostuminen ja jakautuminen globaalisti

Globaali hydrosfääri koostuu pintavesistä, kuten meristä, järvistä ja joista, pohjavedestä, jäätiköistä sekä kasvillisuuteen ja ilmakehään sitoutuneesta vedestä (Barry & Chorley 2010: 78). Veden kulkua hydrosfäärin, ilmakehän ja maa-alueiden välillä kuvaa hydrologinen kierto. Hydrologinen kierto koostuu haihdunnasta, vesihöyryn kulkeutumisesta ilmakehässä, vesihöyryn tiivistymisestä, sadannasta ja pintavalunnasta. Sadanta on hydrologisen kierron tärkein elementti, koska sillä on vaikutusta muun muassa maankäyttöön sekä vedestä riippuvaisiin ekosysteemeihin (Irannezhad ym. 2014: 3139). Auringon säteily saa aikaa veden haihtumista meristä. Haihtunut vesihöyry kulkee tuulien mukana maa-alueille, joilla muodostuu sateita. Tiivistynyt vesihöyry voi sataa alas vetenä, lumena tai rakeina. Sade määritellään vesisateeksi, kun alas satavat pisarat ovat halkaisijaltaan vähintään 0,5 millimetrin (mm) kokoisia (Barry & Chorley 2010: 90).

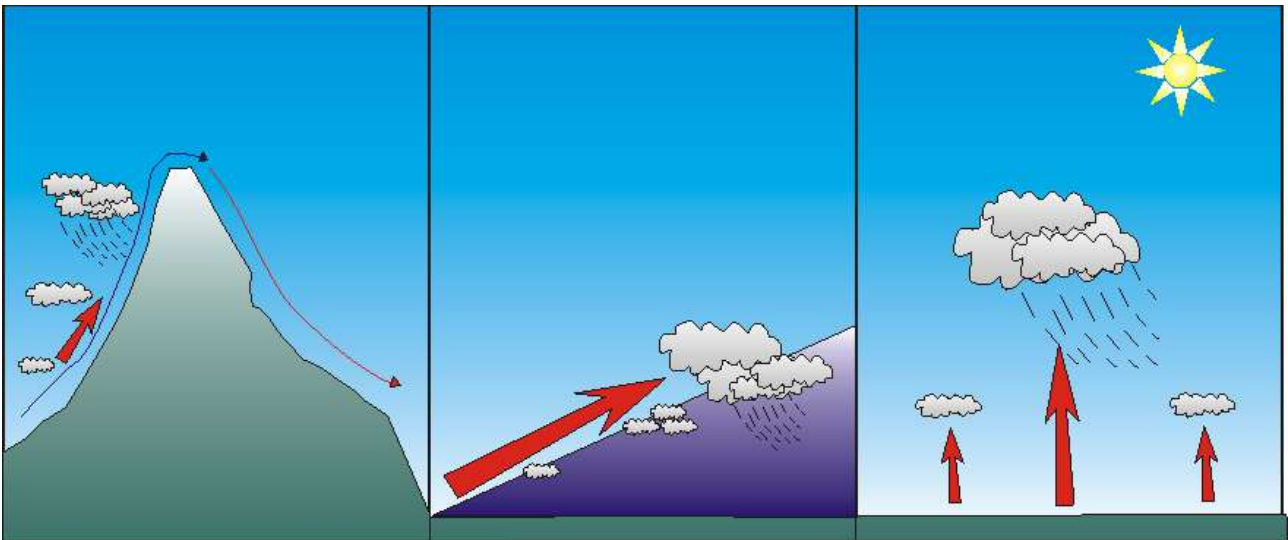
Sateen muodostumisen perusta on ilmakehässä olevan vesihöyryn tiivistyminen pisaroiksi (Barry & Chorley 2010: 89). Ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä, kun ilma saavuttaa kastepisteen eli sen suhteellinen kosteus on 100 %. Vesihöyryn tiivistymisytiminä toimivat erilaiset hiukkaset ja epäpuhtaudet ilmakehässä. Ilman kastepiste saavutetaan, kun ilmakehän olosuhteissa tapahtuu muutoksia. Näitä muutoksia ovat vaihtelut lämpötilassa, paineessa, kosteudessa ja ilmamäärässä. Ilmamassan lämpötilan muutokset liittyvät usein adiabaattiseen viilenemiseen. Adiabaattisessa viilenemisessä ilma jäähtyy siten, että sen lämpömäärä ei muutu (Barry & Chorley 2010: 109–110). Ilmamassasta ei siis haihdu lämpöä tai siihen ei sitoudu uutta lämpöenergiaa. Ilmanpaineen pieneneminen aiheuttaa ilman viilenemisen. Yleisimmin adiabaattista viilenemistä aiheuttaa ilman kohoaminen. Ilman jäähtymisnopeus riippuu siitä, onko ilma kyllästynyt vedestä vai ei. Jos ilma ei ole kyllästynyt vedestä, se jäähtyy kuivan adiabaattisen prosessin mukaan. Tällöin jäähtymisnopeus on 9,8 °C per kilometri. Jos ilma puolestaan on kyllästynyt vedestä, se jäähtyy hitaammin.

Tuulilla on suuri merkitys sateiden jakautumisessa globaalisti (Lockwood 2018: 151). Ne kuljettavat kosteaa ilmaa ja siten ylläpitävät lähes samoja sademääriä tietyillä alueilla vuodesta toiseen. Erityisen suuria sademääriä havaitaan alueilla, joilla tuulet kuljettavat kosteaa ilmaa valtameriltä manneralueille tai pysyville matalapainealueille, kuten päiväntasaajalle. Pasaatituulten kohtaamisvyöhyke (ITCZ) kuuluu myös sateisimpiin alueisiin globaalisti (Barry & Chorley 2010: 95). Vyöhykkeen paikka ei ole aina sama, koska se on riippuvainen auringon säteilyn tulokulmasta. Edellä mainittujen

lisäksi polaaririntama kuuluu sateisimpiin alueisiin. Polaaririntama on ilmakehän vyöhyke, jossa navaolta tuleva kylmä ilmassa kohtaa etelämmästä tulevan lämpimän ilmassan (McClatchey 2018: 216). Globaalisti vähäsateisimpia alueita ovat puolestaan subtrooppiset korkeapainealueet eli pysyvien korkeapaineiden alueet sekä pohjoiset, kylmät alueet (Barry & Chorley 2010: 95).

2.2 Sadetyypit

Sateita on kolme eri päätyyppiä: konvektiivinen sade, rintamasade ja orografinen sade (Barry & Chorley 2010: 131–136). Konvektiiviset sateet liittyvät ilman kohoamiseen paikallisesti, ja ne ovat usein suhteellisen voimakkaita kuurosateita (kuva 1). Rintamasateet liittyvät lämpötiloiltaan eroavien ilmassojen kohtaamiseen, ja ovat alueellisesti laajoja. Orografisia sateita syntyy, kun ilmassa kohoaa korkeuseron vaikutuksesta ja siinä oleva vesihöyry alkaa tiivistymään pisaroiksi.



Kuva 1. Kolme eri sadetyyppiä: orografinen, rintamasade ja konvektiivinen sade. Lähde: Wikimedia Commons.

Konvektiivisia sateita voi muodostua kolmella eri tavalla, jotka liittyvät ilman nopeaan kohoamiseen (Barry & Chorley 2010: 131). Ilmassa oleva kosteus alkaa tiivistymään pisaroiksi, kun ilma kohoaa. Perusperiaate on se, että aurinko lämmittää maaperää, jolloin siinä oleva vesi alkaa höyrystymään. Lähellä maanpintaa oleva ilmassa sitoo vesihöyryn itsensä ja lämpenee entisestään. Tällöin ilmassa alkaa kohoamaan ja laajenemaan. Lopulta kosteus tiivistyy ja sataa alas kuurosateina. Ilmassa oleva vesihöyry voi olla peräisin valtameristä tai paikallisista vesistöistä, maaperästä tai kasveista (Lockwood 2018: 151). Paikallisesti haihtunut vesihöyry muodostaa ison osan ilman sisältämästä kosteudesta erityisesti kesäisin, ja päiväntasaajan alueella auringon lämmittävän vaikutuksen vuoksi. Konvektiiviset sateet muodostuvat isolta osin paikallisten olosuhteiden mukaan. Erityisesti kesäisin

muodostuu pieniä alueellisia konvektiivisia sateita auringon lämmittäessä maanpintaa, jolloin haihtuminen pinnoilta voimistuu.

Näiden konvektiivisten sateiden vaikutusalue on yleensä 20–50 km² ja kesto noin 30–60 minuuttia (Barry & Chorley 2010: 131). Konvektiivisia sateita voi muodostua myös kylmän epävakaan ilmassan kulkiessa lämpimän pinnan yli. Alueellisesti laajimpia konvektiivisia sateita ovat trooppisiin sykloneihin liittyvät sateet. Syklonien heikkenemisvaiheessa mantereen yllä sateet voivat olla erittäin voimakkaita ja pitkäkestoisia. Konvektiiviset sateet ovat yleisiä etenkin päiväntasaajan alueella, koska siellä auringon lämmittävä vaikutus aiheuttaa voimakasta konvektiota, eli ilman kohoamista ylöspäin ilmakehässä, ympäri vuoden (Lockwood 2018: 151). Lämmin ilma pystyy myös sitomaan kosteutta kylmää ilmaa enemmän.

Rintamasateet syntyvät ilmassojen kohdatessa ja ovat pitkäkestoisia sekä laaja-alaisia (Aaltonen ym. 2008: 18). Kevyempi, lämmin, ilma kohoaa kylmemmän ilmassan päälle, jolloin siinä oleva vesihöyry alkaa tiivistymään ja sataa alas. Sateen tyyppi riippuu siitä, kumpi rintama on hallitsevampi (Barry & Chorley 2010: 132–133). Lämpimän rintaman hallitessa se työntyy kylmemmän rintaman päälle, jolloin ilma kohoaa hitaasti ja tasaisesti. Lämpimässä rintamassa sade on tasaista ja jakautuu laajalle alueelle. Kylmän rintaman hallitessa sade on puolestaan rankempaa ja lyhytkestoisempaa. Tämä johtuu siitä, että kylmä rintama työntyy lämpimämmän alle, ja pakottaa lämpimämmän ilmassan nousemaan nopeasti. Sadanta jakautuu myös pienemmälle alueelle verrattuna lämpimän rintaman sateeseen. Kylmän rintaman sisällä voi esiintyä myös konvektiivisia, voimakkaampia sateita, joiden muodostumiseen vaikuttavat paikalliset olosuhteet (McClatchey 2018: 217–218). Okluusiorintamassa kylmä ilmassa on saavuttanut lämpimän ilmassan, jolloin lämmin ilmassa kohoaa kokonaan ylös. Tällöin syntyy vaihtelevia ja monimutkaisempia sadealueita. Yleisesti rintamasateet ovat kuitenkin laaja-alaisia sateita ja sadanta on melko tasaista sekä kestää pidempään verrattuna konvektiivisiin sateisiin. Rintamasateet ovat yleisiä etenkin polaaririntaman alueella (McClatchey 2018: 216).

Orografiset sateet ovat korkeuseroista aiheutuvia sateita (Aaltonen ym. 2008: 18). Korkeusero pakottaa ilmassan kohoamaan, jolloin siinä oleva vesihöyry alkaa tiivistymään pisaroiksi (Barry & Chorley 2010: 133–136). Vesihöyryn tiivistymisen seurauksena muodostuu pilviä ja lopulta sadetta. Orografisten sateiden ominaisuuksiin vaikuttavat korkeuseroja aiheuttavan esteen koko ja muoto. Jyrkkä este pakottaa ilman kohoamaan nopeammin, jolloin sade on rankempaa. Tyypillisesti orografiset sateet liittyvät vuoristoihin, mutta myös pienemmät korkeuserot voivat synnyttää niitä. Vuorten

rinteet pakottavat ilmamassan kohoamaan, jolloin se alkaa viilentyä adiabaattisesti (Barry & Chorley 2010: 110). Orografisia sateita voi muodostua myös, kun ilmamassa kohoaa laaksotuulten vaikutuksesta. Orografisia sateita esiintyy siis vuoristoisilla alueilla, joilla korkeuserot pakottavat ilmamassoja kohoamaan. Sade sataa alas sillä puolella rinnettä, jolla ilma kohoaa, ja huipun toiselle puolelle laskeutuu kuivaa ilmaa, joka lämpenee nopeasti laskeutuessaan (McClatchey 2018: 238). Tämä lämpeneminen on seurausta kuivasta adiabaattisesta prosessista.

2.3 Sateisiin vaikuttavat tekijät

2.3.1 Vesistöjen vaikutus

Vesistöt vaikuttavat sateiden muodostumiseen kahdella eri tavalla: globaalisti ja alueellisesti (Lockwood 2018: 151). Suuressa mittakaavassa meristä haihtunut vesi ja kostea ilma kulkeutuvat tuulien mukana rannikkoalueille ja sisämaahan, jolloin muodostuu sateita. Paikallisissa olosuhteissa alueen maaperästä, vesistöistä ja kasveista haihtunut vesihöyry sitoutuu ilmaan ja ilma kohoaa, jolloin muodostuu kuuromaisia konvektiosateita. Tämä ilmiö on havaittavissa erityisen voimakkaana päiväntasaajan alueella. Vesistöistä haihtuva vesihöyry lisää myös ilmamassan kosteutta. Tällöin sateet kestävät pidempään tai voivat olla voimakkaampia.

Vesistöt vaikuttavat siis sateiden muodostumiseen sekä voimakkuuteen (Aaltonen ym. 2008: 28). Vesistöillä on merkitystä erityisesti paikallisissa ilmasto-olosuhteissa, koska niillä voi olla huomattava voimistava vaikutus sateisiin. Suomessa keväällä ja alkukesästä viileä Itämeri vähentää kuuropilvien syntyä rannikkoalueilla, minkä vuoksi tämä aika on sateisempaa sisämaassa kuin rannikolla. Syksyisin sademäärät ovat puolestaan rannikolla suurempia kuin sisämaassa. Kesän aikana lämmennyt Itämeri jäähtyy hitaammin kuin manneralueet ja merestä haihtuva kosteus kulkeutuu tuulien mukana rannikkoalueille, jolloin muodostuu sateita. Syksyt voivat olla myös sisämaassa sateista aikaa isojen sisävesien vaikutuksen vuoksi. Uudellamaalla suurin ilmastoon vaikuttava tekijä on tämän ilmiön vuoksi Suomenlahti (Kersalo & Pirinen 2009: 36).

2.3.2 Ilmasto-olosuhteiden vaikutus

Sateisiin vaikuttavat vesistöjen lisäksi globaalit ja paikalliset ilmasto-olosuhteet. Globaalisti erityisesti tuulilla on vaikutusta sateiden jakautumiseen alueellisesti (Lockwood 2018: 151). Tuulet kuljettavat valtameriltä manneralueille kosteutta, josta muodostuu sateita. Pysyvät matala- ja korkeapaineiden alueet vaikuttavat myös sateisiin. Pysyvät korkeapainealueet ovat vähäsateisimpia alueita globaalisti. Globaalien tekijöiden lisäksi paikalliset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat sateiden määrään ja

voimakkuuteen. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa sateiden määrään ja voimakkuuteen vaikuttaa viileämpi ilma, koska se sitoo vähemmän kosteutta kuin lämmin ilma (Barry & Chorley 2010: 96).

Tuulien ja lämpötilan lisäksi paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin ja sateisiin vaikuttaa Golfvirta. Golfvirta on Atlantin valtamerellä kulkeva lämmin merivirta, joka tuo lämmintä ilmaa Suomeen (Lockwood 2018: 161). Golfvirta vaikuttaa erityisesti läntisen Euroopan ilmastoon. Norjan ja Brittein-saarten lisäksi Golfvirran lämmittävä vaikutus ulottuu myös Suomeen. Golfvirran välittömillä vaikutusalueilla pohjoisella pallonpuoliskolla talvet ovat lauhjoja verrattuna muihin samoilla leveyspiireillä sijaitseviin alueisiin. Lämmön lisäksi Golfvirta kuljettaa kosteutta Atlantin valtamereltä. Suurin osa tästä kosteudesta aiheutuvista sateista sataa alas Skandien vuoriston länsirinteillä, jotka ovat tuulenpuoleisia rinteitä. Skandien suojapuolen rinteitä pitkin laskeutuvaa lämmintä ja kuivaa ilmaa kutsutaan Föhn-tuuleksi (McClatchey 2018: 235). Laskeutuva kuiva ilma lämpenee adiabaattisen lämpenemisen mukaisesti. Föhn-tuulella on lämmittävä vaikutus myös Suomen ilmastoon.

2.3.3 Topografian vaikutus

Topografia eli maan pinnanmuodot ja korkeuserot vaikuttavat merkittävästi paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin, etenkin vuorten suojapuolen rinteillä (McClatchey 2018: 233–235). Kun ilma kohoaa vuoriston vaikutuksesta, se jäähtyy kuivan adiabaattisen prosessin mukaan siihen asti, kunnes ilma saavuttaa kastepisteen eli ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Tämän jälkeen alkaa muodostumaan pilviä ja sateita. Vesi sataa alas tuulenpuoleisella rinteellä. Pinnan korkeuserot synnyttävät siis orografisia sateita erityisesti vuoristoisilla alueilla. Tuulenpuoleisilla rinteillä satavien sateiden voimakkuus on usein suurempi laajoilla vuoristoalueilla, joilla vuoristot ovat leveitä (Tawde & Singh 2015: 2281). Tämä aiheutuu siitä, että laajoilla vuoristoalueilla ilmassa olevalla kosteudella on enemmän aikaa tiivistyä, koska ilma kohoaa hitaammin pienemmän rinnekaltevuuden vaikutuksesta.

Suomessa orografiset sateet eivät ole yleisiä pienten korkeuserojen vuoksi. Rannikolta sisämaahan siirryttäessä rannikkoefekti, ja vaara-alueilla esiintyvä rinne-efekti synnyttävät kuitenkin paikallisia orografisia sateita (Kersalo & Pirinen 2009: 154–155). Rannikkoefektillä tarkoitetaan maaston kohoamista rannikolta sisämaahan. Suomessa rannikkoefekti vaikuttaa erityisesti siirryttäessä Suomenlahdelta sisämaahan. Rinne-efektillä tarkoitetaan puolestaan maaston kohoamista esimerkiksi vaara- ja tunturialueilla Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa. Maaston kohoamisella on merkittävä vaikutus sateiden syntymiseen ja sademäärään Uudellamaalla, kun siirrytään rannikolta sisämaahan kohti Salpausselkiä. Myös Suomen vaara-alueilla maaston kohoaminen vaikuttaa merkittävästi sademääriin.

Vuonna 2004 korkeussuhteiden vaikutus sademääriin näkyi voimakkaasti Kainuussa (Kersalo & Pirinen 2009: 116). Vaalan seudulla Oulujärven rannalla vuotuinen sademäärä jäi alle 700 mm:iin, kun taas Sotkamossa satoi noin 200 mm enemmän samana vuonna. Oulujärvi sijaitsee huomattavasti matalammalla merenpintaan verrattuna, kuin Sotkamo. Sotkamossa mitatut suuremmat sademäärät vuonna 2004 johtuvat siis orografisista sateista. Korkeusero näiden kahden havaintoaseman välillä on saanut aikaan runsaampia sateita Sotkamon havaintoasemalla.

2.4 Sateisuus ja rankkasateet Suomessa

2.4.1 Sateisiin vaikuttavat tekijät Suomessa

Suomi sijaitsee pohjoisilla leveysasteilla Euraasian mantereen ja Pohjois-Atlantin välissä (Kersalo & Pirinen 2009: 9). Suomen ilmastossa on sekä merellisiä että mantereisia piirteitä, mikä luo edellytykset vaihteleville sääolosuhteille. Suomen ilmaston pääpiirteet määräytyvät lännestä tulevien matalapaineiden ja idästä tulevien korkeapaineiden aiheuttamista ilmavirtauksista. Paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin puolestaan vaikuttavat muun muassa vesistöt ja korkeusvaihtelut. Yksi Suomen ilmaston tyypillinen piirre on selkeät vuodenaajat. Suomi sijaitsee myös polaaririntaman alueella eli ilmastovyöhykkeellä, jossa keskileveyksien lämmin ilmamassa kohtaa napa-alueilta tulevan kylmän ilmamassan (McClatchey 2018: 216). Tämä määrittää etenkin sateiden ominaisuuksia Suomessa.

Suomi kuuluu lähes kokonaan Köppen–Geigerin ilmastoluokituksen luokkaan Dfc (Kottek ym. 2006: 261). Dfc-luokka tarkoittaa lumista ja kosteaa ilmastoa, jossa on viileät kesät. Suomen lounaisimmat saaristo-alueet ja korkeimmat tunturit jäävät tämän luokan ulkopuolelle (Kersalo & Pirinen 2009: 8). Köppen-Geigerin ilmastoluokitus perustuu kuukausien keskilämpötiloihin ja sademääriin, joiden mukaan alueet luokitellaan (Kottek ym. 2006: 260). Suomi kuuluu luokkaan, jossa lämpimimmän kuukauden keskilämpötila on yli 10 °C ja kylmimmän kuukauden keskilämpötila on alle –3 °C, ja sadetta esiintyy tasaisesti vuoden ympäri.

Köppen-Geigerin luokituksen lisäksi Suomi jaetaan viiteen eri ilmastovyöhykkeeseen, jotka ovat hemiboreaali, eteläboreaali, keskiboreaali, pohjoisboreaali sekä hemiarktinen vyöhyke (Kersalo & Pirinen 2009: 157). Etelä- ja Keski-Suomi kuuluvat eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja suurin osa Lapista pohjoisboreaaliseen. Lounaisrannikko kuuluu hemiboreaaliseen, Pohjanmaa sekä osa Itä-Suomesta keskiboreaaliseen. Käsivarren pohjoisimmat osat kuuluvat hemiarktiseen vyöhykkeeseen.

Sateisinta aikaa Suomessa on heinä-elokuu (Kersalo & Pirinen 2009: 13). Vuotuinen sademäärä koko maassa on pysynyt lähes samana viime vuosina, mutta alueellisesti vuotuiset sademäärät vaihtelevat huomattavasti. Muilla samoilla leveysasteilla sijaitsevilla alueilla puolestaan vuotuisten sademäärien välillä on havaittavissa suurempia eroja. Sateisimpia alueita Suomessa ovat ensimmäisen Salpausselän eteläpuoli sekä Karjalanselän-Maaselän ja Kainuun-Koillismaan vaaraseudut. Vähäsateisimpia alueita puolestaan ovat Pohjanlahden rannikko Vaasasta pohjoiseen sekä Inarijärven ympäristö ja kärsivarren alaosat Pohjois-Suomessa. Yleisesti sademäärät lisääntyvät luoteesta kaakkoon siirryttäessä.

Tärkeimpiä ilmastoon vaikuttavia tekijöitä Suomessa ovat meret ja muut suuret vesistöalueet, maanpinnan korkeusvaihtelut sekä peltojen, soiden ja metsien keskinäinen osuus (Kersalo & Pirinen 2009: 154–155). Suomen eteläisimmissä osissa Itämerellä ja Suomenlahdella on suuri vaikutus paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin. Keski- ja Itäsuomessa sisävesien vaikutus ilmasto-olosuhteisiin kasvaa merkittävästi. Länsi-Suomessa pohjoisilla merialueilla on puolestaan suurin vaikutus ilmasto-oloihin. Korkeusvaihtelun osalta sademääriin Suomessa vaikuttavat erityisesti rannikko- ja rinne-efektit.

Talvisin Suomen säätiloihin vaikuttaa NAO-indeksi eli Pohjois-Atlantin oskillaatio (Irannezhad ym. 2014: 3140). NAO-indeksi kuvaa ilmanpaine-eroja Atlantilla Islannin ja Azorien saarten välillä. Positiivinen NAO-indeksi tarkoittaa normaalia sateisimpia ja lauhempia talvia Suomessa. Negatiivinen NAO-indeksi puolestaan tarkoittaa normaalia kuivempia ja kylmempitä talvia. Positiivisen NAO-indeksin hallitessa Atlantilta tulee kosteaa ilmaa Suomeen, ja negatiivisen NAO-indeksin hallitessa kylmää ilmaa tulee idästä.

2.4.2 Suomen sadanta ja sateiden jakautuminen alueellisesti

Suomen vuotuinen keskimääräinen sademäärä vaihtelee noin 400 millimetrin ja runsaan 700 millimetrin välillä (Luomaranta ym. 2025: 9). Eniten sataa Suomen etelärannikolla ja itäosissa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa. Myös Keski-Suomi kuuluu Suomen sateisimpiin alueisiin keskimääräisiltä sademääriltään (Aaltonen ym. 2008: 34). Tämän lisäksi Keski-Suomessa on mitattu myös suhteellisen paljon erittäin voimakkaita sateita. Vähäsateisinta aluetta on Pohjois-Lappi ja Pohjanlahden rannikko Vaasasta ylöspäin (Kersalo & Pirinen 2009: 13). Etenkin Pohjois-Lapissa sademäärät vähenevät viileämmän ilman vuoksi. Viileän ilman vuoksi keskileveysiltä tulevilla lämpimillä ilmassoilla ja planetaarisilla tuulilla on suuri vaikutus Suomen sateisiin. Rintamasateet ovat yleisin sadetyyppi Suomessa juuri näiden tekijöiden takia. Laaja-alaisten rintamasateiden sisällä esiintyy usein myös muuta ympäristöä sateisempia alueita (McClatchey 2018: 217–218). Suurempi sadanta johtuu näissä tapauk-

sisä paikallisten ilmasto-olosuhteiden vaikutuksesta. Esimerkiksi meren tai muun ison vesistön läheisyys toimii usein sadetta voimistavana tekijänä. Suomessa tämä on havaittavissa erityisesti Itämeren rannikolla ja isojen sisävesien läheisyydessä.

Suomessa kesäsateet ovat puolestaan usein ukkos- ja kuuropilvistä tulevia kuurosateita (Luomaranta ym. 2025: 9). Nämä kuurosateet ovat konvektiivisia sateita. Suomessa konvektiiviset sateet ovat alueellisesti suppeita, ja aiheutuvat auringon lämmön aikaan saamasta lisääntyneestä haihdunnasta. Konvektiivinen aktiivisuus on Suomessa suurimmillaan lämpimimpinä kuukausina eli touko-syyskuussa (Schleiss ym. 2020: 3160). Suomessa orografiset sateet eivät ole kovin yleisiä pienten korkeuserojen takia. Itä-Suomen vaarojen ja Salpausselkien alueella voi kuitenkin esiintyä pienen mittakaavan orografisia sateita.

Suurimpia sademääriä kesäisin Suomessa on mitattu Itä-Suomessa ja Lounais-Suomessa sijaitsevilla havaintoasemilla (Irannezhad ym. 2014: 3144). Kesien sademäärien keskiarvot ovat näillä alueilla 208–233 mm. Uusimaa, Kainuu ja Pohjois-Karjala kuuluvat Suomen sateisimpiin alueisiin (Kersalo & Pirinen 2009: 13). Uudellamaalla vuotuinen sademäärä on yli 600 mm, mutta se voi kohota suurimmillaan jopa hieman yli 700 mm:iin. Suomen suurimpia vuotuisia, yli 1000 mm:n, sademääriä on mitattu Uudellamaalla useita kertoja. Lapinjärvellä mitattiin vuoden 1960 heinäkuussa yksi Suomen rankimmista sateista, kun muutaman tunnin aikana satoi 90 mm. Näillä alueilla sadannan suureen määrään erityisesti syksyisin vaikuttavat matalapaineet ja lämmin Itämeri.

Kainuu sijaitsee keskiborealisella ilmastovyöhykkeellä (Kersalo & Pirinen 2009: 113). Kainuun ilmasto on mantereinen, jonka merkitys kasvaa erityisesti itään mentäessä. Mantereisuuden lisäksi vaaraseutujen korkeuserot vaikuttavat ilmasto-olosuhteisiin synnyttämällä orografisia sateita. Kainuun sateisimmat alueet sijaitsevat Maanselän vaara-alueella, joka on Pielisen itä- ja pohjoispuolella. Pohjois-Karjalassa korkeusvaihtelut ja Atlantilta tulevien sadealueiden etenemisen hidastuminen kasvattavat sademääriä merkittävästi.

2.4.3 Rankkasateet Suomessa

Suomessa sade määritellään rankkasateeksi, kun 60 minuutin aikana sataa vähintään 7,0 millimetriä vettä (Aaltonen ym. 2008: 20). Rankkasateen sademäärän raja-arvon voi määrittellä eri tavoilla riippuen tarkasteltavasta aikavälistä. Rankkasateen määritelmät vaihtelevat myös eri puolilla maailmaa riippuen siitä, kuinka suurina keskimääräiset sademäärät ovat. Rankkasateet tyypillinen kesto on noin 30–60 minuuttia (Barry & Chorley 2010: 131).

Suomessa rankimmat sateet esiintyvät kesäisin (Aaltonen ym. 2008: 28). Kesäisin ilma on lämpimämpää ja voi siten sitoa enemmän kosteutta. Kesäisin Suomessa esiintyy myös voimakkaampia konvektiosateita. Suurimmat sadesummat kertyvät elokuussa konvektiosateiden aikaan. Tällöin maa on lämmin ja siitä haihtuu enemmän kosteutta. Touko- ja syyskuussa rintamasateet puolestaan hallitsevat ilmastoa. Tällöin sadetapahtumien keskimääräinen kesto on pisimmillään. Rankkasateet Suomessa ovat joko konvektiivisia kuurosateita tai laajojen rintamasateiden sisällä esiintyviä voimakkaampia sateita, joihin vaikuttavat paikalliset ilmasto-olosuhteet.

Luomarannan ym. (2025) raportin mukaan rankkasadepäiviä havaitaan Suomessa 0–9 kappaletta vuodessa riippuen sijainnista. Rankkasadepäivien määrät eivät vaihtelee Suomen sisällä merkittävästi, mutta vähiten havaittuja rankkasadepäiviä ajanjaksolla 1961–2020 oli Pohjois-Pohjanmaalla. Rankkasadepäivien vähäinen määrä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että lyhytkestoisempia rankkasateita ei olisi havaittu alueella.

Jylhän ym. (2009) tutkimuksen mukaan rankkasateet tulevat voimistumaan kesäisin Suomessa. Tutkimuksessa käytettyjen mallien mukaan rankkasateet voimistuvat kesäisin, vaikka kesän sadesumma pysyisi samana tai jopa pienenisi. Tämä tarkoittaa sitä, että sama sademäärä sataa lyhyemmässä ajassa. Rankkasateiden määrä ei siis välttämättä tule lisääntymään, mutta ne tulevat hyvin todennäköisesti olemaan aiempaa voimakkaampia. Rankkasateisiin liittyvien tutkimusten tuloksia tarkasteltaessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon tuloksiin liittyvät epävarmuustekijät. Näitä ovat muun muassa sademittareiden ja sadetutkien epätarkkuus. Suomen vaihtelevissa sääolosuhteissa rankkasateiden määrässä ja voimakkuudessa tapahtuvia mahdollisia muutoksia on vaikea ennustaa. Myös ilmaston luonnollinen vaihtelu täytyy ottaa huomioon. Etenkin lyhyemmän aikavälin ilmastoennusteissa ilmaston luonnollinen vaihtelu aiheuttaa epävarmuutta. Ilmastossa tapahtuvat muutokset voivat edetä joskus ennustettua nopeammin ja joskus toisaalta ennustettua hitaammin. Tämän vuoksi ilmastossa tapahtuvia muutoksia pitää tarkastella pidempien ajanjaksojen avulla, eikä johtopäätöksiä voi tehdä muutaman vuoden tarkastelun perusteella.

3 Aineistot ja menetelmät

3.1 Havaintoasemat

Tutkimuksessa vertailen neljän Ilmatieteen laitoksen havaintoaseman sademääriä (kuva 2). Valitsemani havaintoasemat ovat 1. Lohja Porla, 2. Kuhmo Kalliojoki, 3. Siikajoki Ruukki ja 4. Utsjoki Nuorgam (Ilmatieteenlaitos 2025a). Valitsin havaintoasemat keskimääräisten vuotuisten sademäärien perusteella. Lohjan Porlan havaintoasema sijaitsee Uudellamaalla, missä erityisesti Itämeren läheisyys vaikuttaa sadannan määrään (Kersalo & Pirinen: 155). Kuhmon Kalliojoen havaintoasema sijaitsee Maanselän vaara-alueella, joka on yksi Suomen sateisimmista alueista (Kersalo & Pirinen 2009: 113). Siellä korkeuserot synnyttävät pienen mittakaavan orografisia sateita, ja sisävedet ylläpitävät sekä voimistavat sateita. Siikajoen ja Utsjoen havaintoasemat sijaitsevat puolestaan Suomen vähäsateisimmilla alueilla Pohjois-Pohjanmaalla ja Pohjois-Lapissa (Kersalo & Pirinen 2009: 13; Luomaranta ym. 2025: 9). Siikajoella vähäiseen sadantaan vaikuttavat isojen sisävesistöjen puute ja pienet korkeuserot. Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla sadantaa vähentää erityisesti viileä ilma.



Kuva 2. Tutkimuksessa käytetyt havaintoasemat. Lähde: Ilmatieteen laitos 2025.

3.2 Aineistot

Sademäärien vertailussa käytetyt aineistot ovat Ilmatieteen laitoksen avointa dataa (taulukko 1). Latasin säähavainnot Ilmatieteen laitoksen Havaintojen lataus -palvelusta 29.01.2025 (Ilmatieteen laitos 2025b). Aineisto koostuu sademäärien hetkellishavainnoista, joiden havaintoväli on yksi tunti ja ryhmitystapa summa. Hetkellishavaintojen lisäksi latasin touko-syyskuiden ajalta kuukausien sadesummat. Latasin aineistot Excel-tilukkoina jokaiselta havaintoasemalta erikseen. Excel-tilukot sisäl-sivät sademäärän millimetreissä, havaintoaseman nimen, havaintohetken vuosiluvun, kuukauden ja päivämäärän sekä kellonajan. Kellonaika on Suomen paikallista aikaa. Sademäärien havainnot on ladattu aikaväliltä 01.01.2014 – 31.12.2024. Tarkasteltavan ajanjakson pituus on siis 11 vuotta.

Paikkatietoanalyysissä käytetyt aineistot ovat Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä Karttapaikka-pal-velusta ladattuja. Analyysissä käytetyt aineistot ovat Maastotietokannan hydrografia-aineistoja. Ai-neistot sisältävät rajatun alueen vesistöjen rajat geopackage-muodossa. Latasin aineistot jokaisen ha-vaintoaseman lähiympäristöstä erikseen rajaamalla halutun alueen. Paikkatietoanalyysissä käytin myös Ilmatieteen laitoksen havaintoasemien koordinaatteja havaintoasemien sijaintien määrittä-miseksi kartalla.

Taulukko 1. Ilmatieteen laitoksen säähavaintojen ja Maanmittauslaitoksen Hydrografia-aineiston tiedot.

Aineisto	Latauspalvelu	Tuottaja	Tiedostomuoto	Aineistomuoto	Aineiston sisältö
Sademäärät	Havaintojen lataus, Ilmatieteen laitos	Ilmatieteen laitos	CSV	Excel-tilukko	Sademäärien hetkellishavainnot sekä kuukausittaiset sadesummat touko-syyskuulta
Hydrografia	Karttapaikka, Maastotietokanta	Maanmittauslaitos	Geopackage	Vektori	Rajatun alueen vesialueet

3.3 Menetelmät

3.3.1 Säähavaintojen käsittely

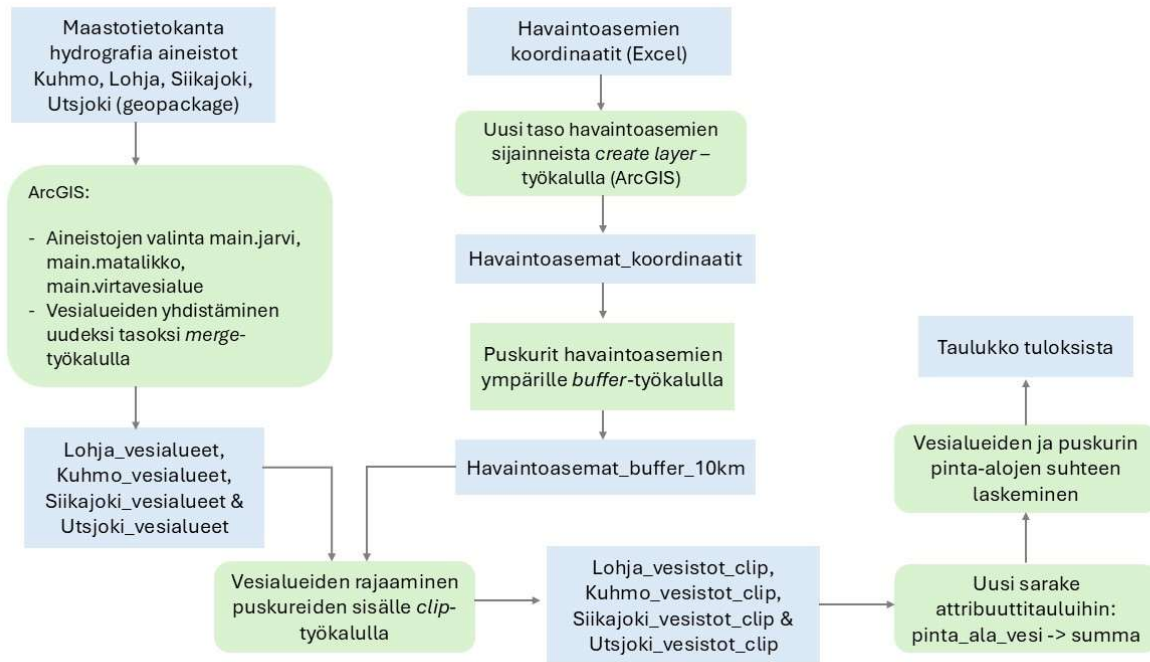
Suodatin Excel-tilukoista Filter-toiminnolla ensin sademäärät, jotka sopivat tutkimuksessa käytet-tyyn rankkasateen raja-arvoon, joka on vähintään 7,0 mm sadetta tunnin aikana. Tämän jälkeen, suo-datin saaduista tuloksista tutkimuksen kannalta tärkeät kuukaudet eli touko-syyskuut. Taulukot sisäl-sivät erillisissä sarakkeissa havaintohetken päivämäärän, kuukauden ja vuoden. Näiden sarakkeiden tiedoista muodostin Excelin Date-toiminnolla uuden päivämäärä-sarakkeen. Suodatetuista arvoista

tein rankkasateiden määrää ja voimakkuutta kuvaavia pylväsdiagrammeja. Peräkkäisinä tunteina rankkasateen määritelmän ylittäneet sademäärät näkyvät diagrammeissa selitteellä sademäärä 2.

Hyödynsin myös havaintoasemilta mitattuja kuukauden sadesummia väliltä touko-syyskuu vuosilta 2014–2024. Laskin Excel-taulukkojen tietojen avulla jokaiselle havaintoasemalle kokonaissadesumman touko-syyskuun ajalta vuosilta 2014–2024 Excelin Sum-toiminnolla. Näistä sadesummista koostin liitteisiin taulukon, jota käytin apuna tulosten tarkastelussa ja sademäärien vertailussa.

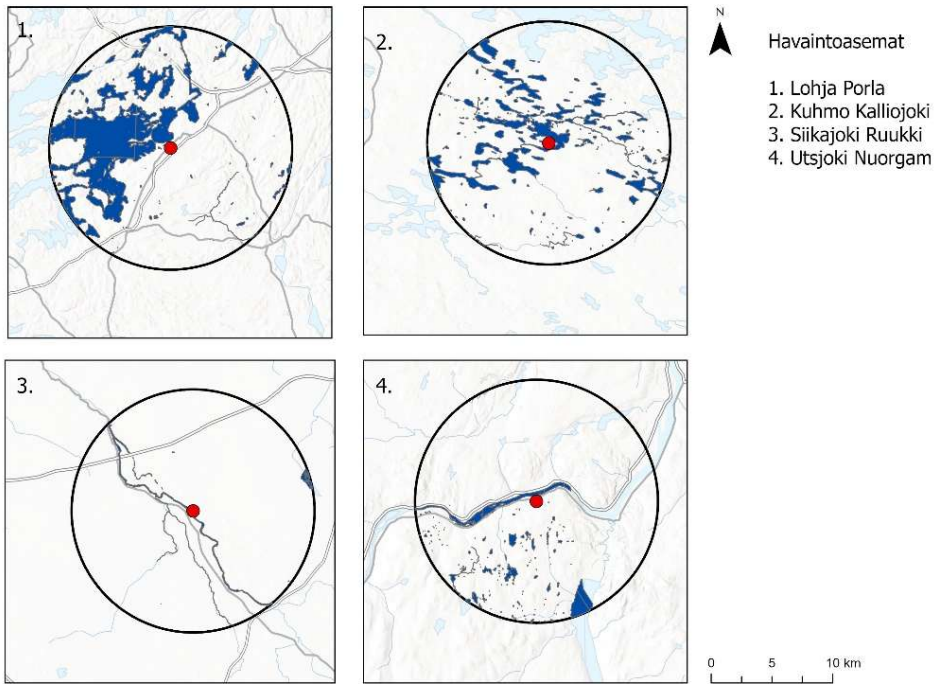
3.3.2 Vyöhykeanalyysi

Vyöhykeanalyysissä (engl. *bufferanalysis*) käytin Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan hydrografia-aineistoja (kuva 3). Laitoin ArcGis:in pohjakartan päälle Maanmittauslaitoksen vesialueet sisältävät geopackage-aineistot. Valitsin geopackage-tiedostosta tutkimuksen kannalta merkittävät vesialueet, joita olivat järvet, matalikot ja virtavesialueet. Nämä vesialueet yhdistin uudeksi tasoksi merge- ja create layer -työkaluilla jokaisen havaintoaseman kohdalla erikseen. Tämän jälkeen lisäsin ArcGis-projektiin Ilmatieteen laitoksen havaintoasemia kuvaavat pisteet. Havaintoasemien sijainnit koordinaatteina olivat csv-muotoisessa Excel taulukossa, josta loin uuden tason create layer -työkalulla. Näiden havaintoasemia kuvaavien pisteiden ympärille loin säteeltään 10 kilometrin kokoiset puskurialueet (engl. *buffer*) buffer-työkalulla. Input featurena käytin havaintoasemien koordinaatit sisältävää tasoa Havaintoasemat_koordinaatit. Lopputulos oli havaintoasemat_buffer_10km -taso. Tämän jälkeen rajasin vesialueet sisältävät tasot puskureiden sisälle clip-työkalulla ja loin näistä uudet tasot. Näiden uusien tasojen avulla laskin puskurin sisällä olevien vesialueiden pinta-alan suhteen koko puskurin pinta-alaan. Vesialueiden pinta-ala puskurin sisällä saatiin statistics-tilusta ja puskurin pinta-alan laskin puskurin säteen avulla. Taulukoin vyöhykeanalyysin tulokset yksinkertaiseen taulukkoon.



Kuva 3. Vuokaavio vyöhykeanalyysin vaiheista.

Hetkelliset rankkasateet ovat usein pienen mittakaavan sateita ja esiintyvät laajojen saderintamien sisällä (Aaltonen ym. 2008: 19). Paikalliset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat rankkasadealueiden syntymiseen ja rankkasateiden keston. Tämän vuoksi valitsin havaintoasemien ympärille muodostettavien puskuroiden säteeksi 10 kilometriä (kuva 4). Alueen koko sopii hyvin vain havaintoasemien välittömässä läheisyydessä sijaitsevien vesialueiden vaikutusten tarkasteluun. Vesialueet näkyvät kuvassa tummennettuina alueina puskuroiden sisällä.

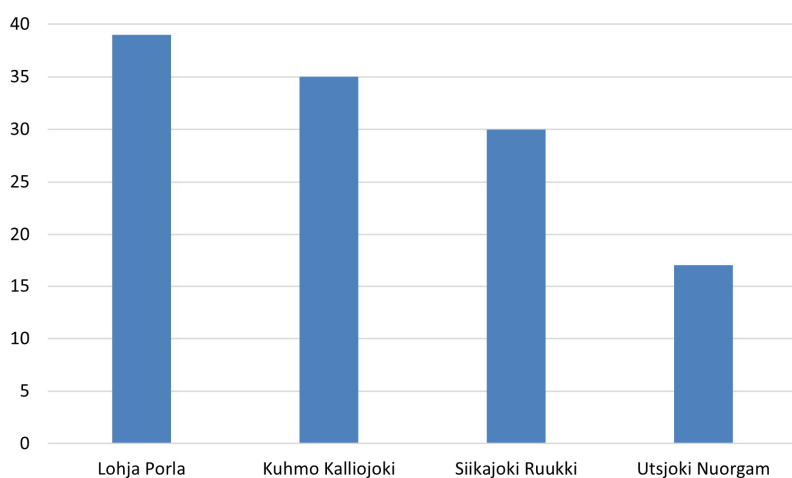


Kuva 4. Vyöhykeanalyysi havainnollistettuna.

4 Tulokset

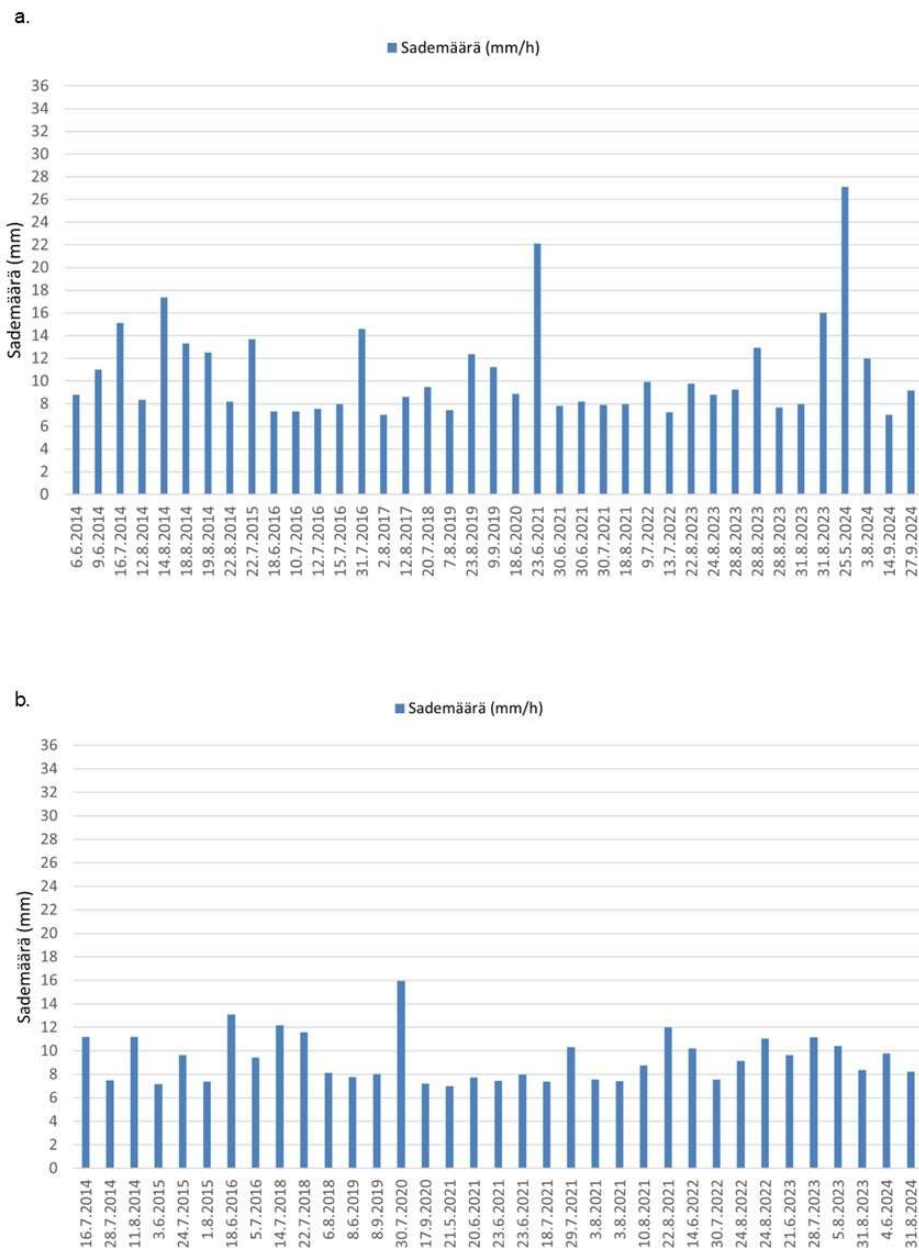
4.1 Rankkasateiden määrä ja voimakkuus

Tutkimuksen aikavälillä vuosina 2014–2024 touko-syyskuina rankkasadetapahtumien määrä vaihteli valituilla mittauspisteillä välillä 17–39 kappaletta (kuva 5). Eniten rankkasadetapahtumia mitattiin Lohjalla, Porlan havaintoasemalla, 39 kappaletta. Vähiten rankkasateita mitattiin Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla.



Kuva 5. Rankkasateiden määrä havaintoasemilla. Lähde: Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus 2025.

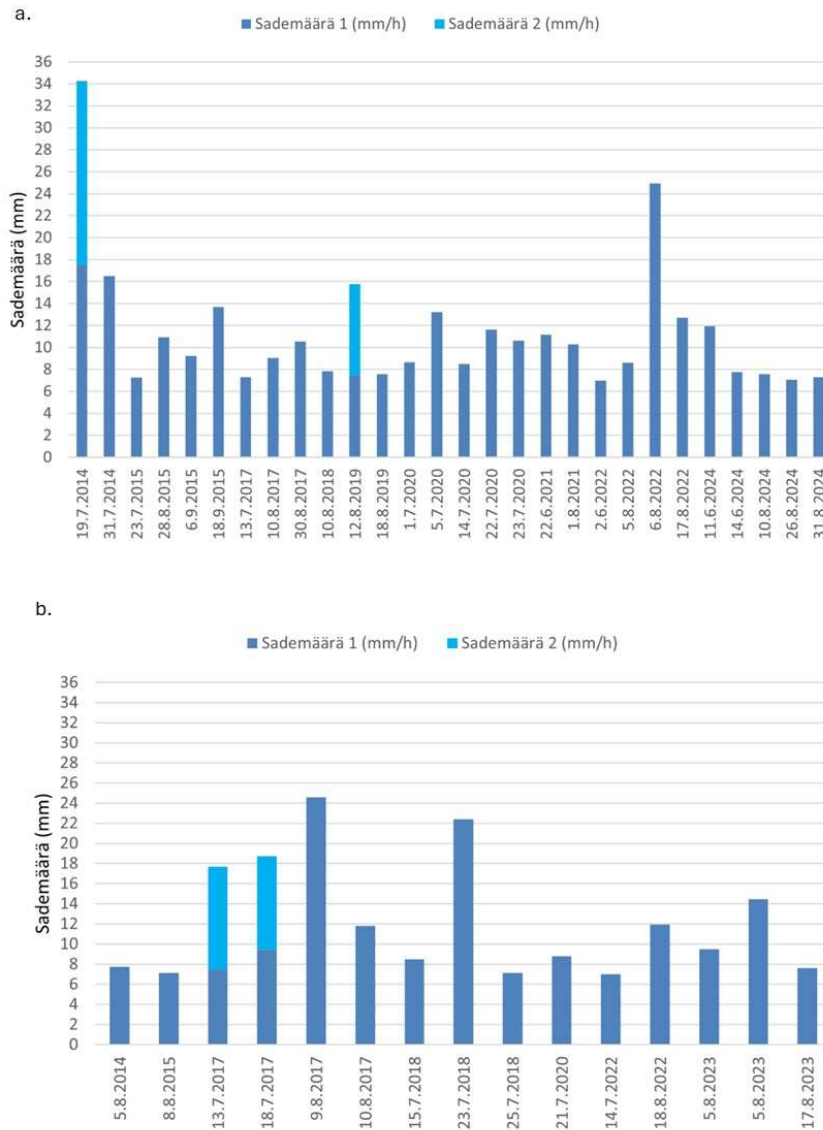
Lohjalla voimakkaimman rankkasateen aikana mitattu sademäärä on ollut lähes 28 mm tunnissa (kuva 6). Lohjan havaintoasemalla on mitattu eniten erittäin voimakkaita rankkasateita. Lohjan havaintoasemalla mitatut rankkasateet ovat myös yleisesti voimakkaita. Rankkasateiden intensiteetti on siis suhteellisen korkea Lohjan Porlan havaintoasemalla. Tämän lisäksi Lohjan havaintoasemalla on mitattu rankkasateita jokaisena tutkimuksessa tarkasteltuna vuotena. Vuosina 2015 ja 2020 Lohjan havaintoasemalla mitattiin kuitenkin vain yksi rankkasadetapahtuma vuodessa. Kuhmon Kalliojoen havaintoasemalla on mitattu tutkimuksessa tarkasteltuna aikavälinä 35 rankkasadetapahtumaa (kuva 6). Kuhmon havaintoasemalla voimakkaimman rankkasateen aikana kertynyt sademäärä on 16 mm. Tätä tapausta lukuun ottamatta rankkasateiden voimakkuus on ollut melko tasaista. Vuonna 2017 havaintoasemalla ei mitattu rankkasateita.



Kuva 6. Rankkasateet Lohjan Porlan (a.) ja Kuhmon Kalliojoen (b.) havaintoasemilla touko-syyskuussa vuosina 2014–2024. Lähde: Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus 2025.

Siikajoen Ruukin havaintoasemalla mitattiin 30 rankkasadetapahtumaa touko-syyskuussa vuosina 2014–2024 (kuva 7). Siikajoella on mitattu kaksi kertaa pitkäkestoisempi rankkasade, jolloin sadanta on ylittänyt rankkasateen määritelmän rajan kahtena tuntina peräkkäin. Voimakkain rankkasade on mitattu vuonna 2022, jolloin tunnin mitattu sademäärä oli 25 mm. Siikajoen havaintoasemalla ei mitattu rankkasateita vuosina 2016 ja 2023. Utsjoella Nuorgamin havaintoasemalla on mitattu selvästi

vähiten rankkasateita touko-syyskuussa vuosina 2014–2024, vain 17 kappaletta (kuva 7). Utsjoella on mitattu kaksi kertaa yli tunnin mittainen rankkasade vuoden 2017 heinäkuussa. Voimakkain rankkasade mitattiin myös vuonna 2017, jolloin tunnin aikana kertynyt sademäärä oli lähes 25 mm. Vuosina 2016, 2019, 2021 ja 2024 Utsjoen havaintoasemalla ei ole mitattu yhtäkään rankkasadetta. Utsjoella on siis melko paljon vuosia, jolloin ei ole mitattu rankkasateita.



Kuva 7. Rankkasateet Siikajoen Ruukin (a.) ja Utsjoen Nuorgamin (b.) havaintoasemilla touko-syyskuussa vuosina 2014–2024. Lähde: Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus 2025.

Lohjan Porlan havaintoasemalla mitattiin eniten rankkasateita vuonna 2014, 8 kappaletta. Rankkasateiden sadesumma oli kyseisenä vuotena 94,7 mm. Koko touko-syyskuun sadesumma oli 335,5 mm

(Liite 1). Touko-syyskuun sadesummasta noin 28 % kertyi siis näiden kahdeksan rankkasadetapahtuman aikana vuonna 2014. Vuonna 2023 rankkasateiden sadesumma oli puolestaan 72,38 mm, ja touko-syyskuun sadesumma 317,7 mm. Seitsemän rankkasadetapahtuman aikana kertyneen sadesumman osuus koko touko-syyskuun sadesummasta oli noin 23 %. Vuoden 2020 touko-syyskuun sadesumma oli kuitenkin 340,1 mm, mutta rankkasateita mitattiin havaintoasemalla vain yksi kappaletta. Eniten rankkasateita Kuhmon Kalliojoen havaintoasemalla mitattiin vuonna 2021, 10 kappaletta. Rankkasateiden sadesumma oli 83,56 mm. Saman vuoden touko-syyskuun sadesumma oli 387,5 mm (Liite 1). Touko-syyskuun sadesummasta hieman yli 20 % kertyi näiden rankkasateiden aikana.

Siikajoen Ruukin havaintoasemalla mitattiin eniten rankkasateita vuosina 2020 ja 2024, 5 kappaletta kumpanakin vuotena. Vuonna 2020 rankkasateiden sadesumma oli 52,6 mm ja vuonna 2024 41,57 mm. Vuoden 2020 touko-syyskuun sadesumma oli 358,2 mm (Liite 1). Rankkasateiden aikana kertyneen sadannan osuus touko-syyskuun sadannasta oli alle 15 %. Vuoden 2024 touko-syyskuun sadesumma oli 242,2 mm. Tällöin rankkasateiden osuus koko touko-syyskuun sadannasta oli noin 17 %. Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla eniten rankkasateita mitattiin vuonna 2017, 4 kappaletta. Rankkasateiden sadesumma oli kyseisenä vuonna 72,78 mm. Vuoden 2017 touko-syyskuun sadesumma oli 359,6 mm (Liite 1). Touko-syyskuun sadesummasta rankkasateiden aikana kertynyt sademäärä on 20 %.

Eniten rankkasateita touko-syyskuussa vuosina 2014–2024 mitattiin Lohjan Porlan ja Kuhmon Kalliojoen havaintoasemilla. Selkeästi vähiten rankkasateita mitattiin Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla. Voimakkaimmat rankkasateet on mitattu Lohjan Porlan havaintoasemalla. Suomen sateisimmilla alueilla on siis mitattu touko-syyskuussa vuosina 2014–2024 eniten ja voimakkaampia rankkasateita kuin Suomen vähäsateisimmilla alueilla.

4.2 Vyöhykeanalyysin tulokset

Havaintoasemien lähistöllä sijaitsevien vesialueiden osuus koko puskurin pinta-alasta vaihtelee paljon. Vaihteluväli vesistöjen pinta-alojen osuuksista koko puskurin pinta-alaan on 1,1–19 % (taulukko 2). Lohjan Porlan havaintoaseman ympärille muodostetussa puskurissa vesistöillä on isoin osuus koko puskurin pinta-alasta. Vesialueiden osuus koko puskurin pinta-alasta on lähes viidesosa. Kuhmon Kalliojoen havaintoaseman ympärille muodostetun puskurin pinta-alasta noin kymmenesosa muodostuu vesialueista. Utsjoen Nuorgamin havaintoaseman kohdalla vesialueiden osuus on vain 3,5

%. Pienin vyöhykeanalyysissä koko puskurin pinta-alan ja vesialueiden pinta-alan välinen suhdeluku on Siikajoen Ruukin havaintoaseman ympärille muodostetussa puskurissa. Vesialueiden osuus koko puskurin pinta-alasta on 1,1 %. Kyseisen havaintoaseman läheisyydessä ei sijaitse merkittäviä vesialueita.

Taulukko 2. Puskureiden sisällä olevien vesialueiden pinta-alan osuus koko puskurin pinta-alasta.

Havaintoasema	Puskurialue	Vesialueet	
	Pinta-ala (km ²)	Pinta-ala (km ²)	%-osuus
Lohja, Porla	314,2	59,6	19
Kuhmo, Kalliojoki	314,2	31	9,9
Siikajoki, Ruukki	314,2	3,6	1,1
Utsjoki, Nuorgam	314,2	11	3,5

5 Keskustelu

5.1 Rankkasateiden alueellisten erojen vertailu

Rankkasateiden määrät ovat korkeimpia Suomen sateisimmilla alueilla. Lohjan Porlan havaintoasemalla mitattiin eniten rankkasateita. Kyseinen havaintoasema sijaitsee Uudellamaalla, joka on vuotuisilta sademääriltään yksi Suomen sateisimmista alueista (Kersalo & Pirinen 2009: 13). Utsjoen Nuorgamin havaintoasema sijaitsee puolestaan yhdellä Suomen vähäsateisimmista alueista, ja siellä mitattiin tarkastellulla aikavälillä huomattavasti vähiten rankkasateita. Siikajoen Ruukin havaintoasema sijaitsee myös yhdellä Suomen vähäsateisimmista alueista vuotuisten sademäärien perusteella, mutta siellä mitattiin 30 rankkasadetta tarkasteltuna aikavälinä. Alhaiset vuotuiset sademäärät eivät tämän perusteella välttämättä tarkoita vähäistä rankkasateiden määrää. Siikajoella ei siis välttämättä sada muuhun Suomeen verrattuna paljon, mutta sade on intensiteetiltään voimakasta.

Kuhmon Kalliojoen havaintoasemalla mitattujen rankkasateiden määrä vastaa teoriaa siitä, että Suomen sateisimmilla alueilla havaitaan enemmän rankkasateita. Rankkasateet eivät kuitenkaan ole olleet yhtä voimakkaita Kuhmossa kuin esimerkiksi Lohjalla. Lohjan Porlan havaintoasemalla suurimmillaan touko-syyskuun sadesummasta on kertynyt noin 28 % kahdeksan rankkasadetapahtuman aikana. Kuhmossa vastaava luku on suurimmillaan hieman yli 20 %, kun rankkasadetapahtumia oli kymmenen kappaletta. Tämän perusteella rankkasateet eivät ole Kuhmossa yhtä voimakkaita kuin Lohjalla.

Rankkasateiden määrä ja voimakkuus eivät ole suoraan yhteydessä touko-syyskuun sadesummaan tulosten perusteella. Vuonna 2020 Lohjan Porlan havaintoaseman touko-syyskuun sadesumma oli 340,1 mm, mutta rankkasateita mitattiin vain yksi kappale samana ajanjaksona (Liite 1). Vuonna 2014 touko-syyskuun sadesumma oli 335,5 mm (Liite 1) ja rankkasateita mitattiin kahdeksan kappaletta. Suurempi sadesumma touko-syyskuun ajalta ei siis aina tarkoita suurta rankkasateiden määrää, tai toisinpäin. Sama ilmiö on havaittavissa myös Siikajoen Ruukin havaintoaseman kohdalla. Vuonna 2016 havaintoasemalla ei mitattu yhtään rankkasadetta, vaikka touko-syyskuun sadesumma oli 352,4 mm (Liite 1). Vuonna 2024 rankkasateita havaittiin viisi kappaletta, ja touko-syyskuun sadesumma oli 242,2 mm.

Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla vuonna 2017 touko-syyskuussa mitattujen rankkasateiden sadannan osuus koko touko-syyskuun sadesummasta oli noin 20 %. Tällöin rankkasateita oli havaittu

neljä kappaletta. Siikajoen Ruukin asemalla vuonna 2020 vastaava luku oli alle 15 %, ja rankkasateita oli havaittu viisi kappaletta. Myös vuonna 2024 osuus oli alle 20 % Siikajoen Ruukin havaintoasemalla, kun rankkasateita oli havaittu viisi kappaletta. Tämän perusteella voidaan sanoa, että Utsjoella rankkasateet ovat voimakkaampia kuin Siikajoella, kun niiden intensiteettiä verrataan touko-syyskuun sadesummaan.

Vesialueiden pinta-alojen osuudet korreloivat aiemmin selvitettyjen rankkasateiden määrän ja voimakkuuksien kanssa. Suomen sateisimmilla alueilla havaintoasemien välittömässä läheisyydessä sijaitsee enemmän vesialueita kuin vähäsateisimmilla alueilla. Rankkasateiden määrät ja voimakkuudet ovat myös suurempia näillä alueilla. Lohjan Porlan havaintoaseman ympärille muodostetun puskurin kokonaispinta-alasta noin viidesosa koostuu vesialueista. Vesistöjen ylläpitävä vaikutus sateille on merkittävä tällä alueella. Siikajoen Ruukin havaintoaseman läheisyydessä ei puolestaan sijaitse suuria vesialueita, ja vesialueiden osuus koko puskurin pinta-alasta on vain 1,1 %. Kyseisellä havaintoasemalla on kuitenkin mitattu 30 rankkasadetta, mikä on huomattavasti enemmän kuin Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla. Tähän eroon vaikuttavat todennäköisesti Siikajoen sijainti etelämmässä ja Itämeren läheisyys.

Konvektiivinen aktiivisuus on suurimmillaan heinä- ja elokuussa Suomessa (Kersalo & Pirinen 2009: 13, Schleiss ym. 2020: 3160). Tämä näkyy rankkasateiden jakautumisessa tarkastellulla aikavälillä. Jokaisella havaintoasemalla rankkasateita on mitattu eniten heinä- ja elokuun aikana. Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla kaikki mitatut rankkasateet olivat heinä- ja elokuulta (kuva 7). Muilla havaintoasemilla oli myös joitain kesäkuussa mitattuja rankkasateita, mutta ei yhtä paljon kuin heinä- tai elokuussa mitattuja. Toukokuussa mitattuja rankkasateita oli Lohjan Porlan ja Kuhmon Kalliojoen havaintoasemilla molemmilla yksi, Siikajoen Ruukin asemalla ei yhtään. Syyskuussa mitattuja rankkasateita oli, Utsjoen Nuorgamin havaintoasemaa lukuun ottamatta, muutamia jokaisella havaintoasemalla. Nämä tulokset tukevat teoriaa siitä, että heinä- ja elokuu ovat sateisinta aikaa Suomessa.

5.2 Epävarmuustekijät

Yksi tutkielman keskeisimmistä epävarmuustekijöistä oli rankkasade terminä. Rankkasateelle ei ole yhtä pätevää termiä ja määritelmää, minkä vuoksi tutkielman alussa piti määritellä mitä rankkasateella tarkoitetaan juuri tässä tutkielmassa. Rankkasateen lisäksi yleisesti käytössä ovat termit runsas sade ja voimakas sade. Näitä käytetään usein pidempään kestäneistä sateista. Myös rankkasateen sademäärän raja-arvolle on useita eri määritelmiä riippuen sateen kestosta ja tarkasteltavasta alueesta.

Tämän vuoksi on erittäin tärkeää määritellä tarkasti, kuinka pitkän ajan kuluessa sademäärä on kertynyt ja millaista aikaväliä tutkimusta tehdessä hyödynnetään.

Ilmatieteen laitoksen sademäärien havaintoaineistoissa täytyy ottaa huomioon mittauksiin vaikuttavat virhetekijät. Havaintoasemien sademittarit eivät havaitse kaikkia rankkasateita alueilla, vaan ne mitaavat vain niiden rankkasateiden sademäärät, jotka ovat osuneet sademittariin. Sademittarissa on suppilo, joka kerää sadevettä ja on yleensä noin 60 cm:n korkeudella maanpinnasta (Barry & Chorley 2010: 91). Virheitä mitatuissa sademäärissä voi aiheuttaa myös tuuli. Tuulen vaikutuksesta kaikki sade ei päädy mittariin, jolloin mitatut sademäärät ovat todellista pienempiä. Joissain sademittareissa voi olla tuulta estäviä osia, joilla pyritään vähentämään mittausten epätarkkuutta. Rankkasateiden aikana mitatuissa sademäärissä voi olla jopa 30 % virhe (Schleiss ym. 2020: 3159). Sveitsissä tehdyssä tutkimuksessa kesäisin mitatut sademäärät olivat 7 % todellisuutta pienempiä alle 2000 metrin korkeudella merenpinnasta (Barry & Chorley 2010: 91).

Sademittareiden epätarkkuuden aiheuttamia virhetekijöitä voi kuitenkin välttää tarkastelemalla sadetutkien havaintoja. Sadetutkien kohdalla ongelmana on usein kuitenkin se, että ne arvioivat sademääriä pienemmiksi mitä ne todellisuudessa ovat (Schleiss ym. 2020: 3157–3159). Heinäkuussa 2011 Tanskassa satoi kolmen viiden minuutin pituisen jakson aikana yhteensä 41 mm vettä, mutta sadetutkat arvioivat sademääräksi vain 12,1 mm (Schleiss ym. 2020: 3166). Pelkillä sadetutkilla ei saa tarkkaa tietoa sademääristä, mutta niiden avulla voi arvioida sademäärän suuruutta. Sadetutkien avulla saadaan paremmin tietoa laajoilta alueilta ja ne kuvaavat hyvin suuremman mittakaavan sääolosuhteita (Schleiss ym. 2020: 3164). Sadetutkat antavat myös sademittareita paremman kuvan ylemmän ilmakehän olosuhteista. Havaintoasemilla käytettävät sademittarit kuvaavat siis hyvin alailmakehän sääolosuhteita, minkä vuoksi ne sopivat paikallisten sateiden tarkasteluun. Virheiden minimoimiseksi ja mahdollisimman luotettavien tulosten saamiseksi rankkasateita tutkiessa tulisi hyödyntää sekä havaintoasemilta mitattuja arvoja että sadetutkia.

Vyöhykeanalyysissä käytetyissä Kuhmon ja Utsjoen havaintoasemissa tuloksissa aiheuttaa virhettä niiden sijainti lähellä Suomen rajoja. Puskurit ulottuvat Suomen rajojen ulkopuolelle eli niistä ei ole aineistoa, joka kattaisi vesistöt. Tuloksissa esitetyissä vesialueiden pinta-alojen osuuksissa koko puskurin pinta-alasta on virhettä tämän vuoksi.

5.3 Rankkasateet tulevaisuudessa

Sademäärien muutosten mallinnukseen käytetään erilaisia ilmasto- ja päästöskenaarioita (Aaltonen ym. 2008: 79–80). Näiden skenaarioiden avulla pyritään mallintamaan tulevaisuuden ilmasto-olosuhteita ja ennustamaan alueellisia muutoksia. Rankkasateissa tapahtuvia muutoksia ennustettaessa nämä mallit eivät ole kuitenkaan täysin luotettavia, koska kyseessä on epävarma sään ääri-ilmiö. Ilmasto-mallit antavat samoja tuloksia muutoksen suunnasta, mutta muutoksen suuruus vaihtelee eri malleissa. Rankkasateissa tapahtuvien muutosten ennustaminen on siis hyvin vaikeaa ja epävarmaa.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta lämpenevä ilmakedä pystyy sitomaan suuremman määrän kosteutta (Aaltonen ym. 2008: 79). Ilmakehän kosteussisällön kasvaminen mahdollistaa yhä voimakkaampien sateiden syntymisen. Sateiden määrässä ja voimakkuudessa tapahtuviin alueellisiin muutoksiin tulevat vaikuttamaan myös sadetta tuottavien säähäiriöiden kulkureittien siirtymiset ilmakehässä. Ruosteenojan ym. (2016) tutkimuksen mukaan sademäärät tulevat kasvamaan ilmastonmuutoksen vaikutusten myötä Suomessa. Vuotuiset sademäärät voivat kasvaa jopa useilla kymmenillä millimetreillä voimakkaimpien skenaarioiden mukaan. Tutkimuksen mukaan erityisesti kesäsateiden määrässä ja voimakkuudessa tapahtuvia muutoksia on vaikea ennustaa, koska niihin vaikuttavat lisääntynyt auringon säteily ja lämpö. Luomarannan ym. (2025) raportin mukaan sadepäivien määrä ei välttämättä kasva kesäisin, mikä tarkoittaa sitä, että sateiden intensiteetti tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Näiden tutkimusten tulosten perusteella rankkasateiden voimakkuuden voidaan ennustaa kasvavan tulevaisuudessa.

Sateiden voimakkuuden lisäksi vuosittaiset sademäärät tulevat todennäköisesti muuttumaan (Jylhä ym. 2009). Muutos sademäärissä on ennusteiden mukaan suurempi Suomen pohjoisosissa kuin eteläosissa. Tämä voi tarkoittaa sitä, että Suomen vähäsateisimmat alueet eivät enää sadan vuoden päästä ole vähäsateisimpia, etenkin talvisin. Ennusteiden mukaan erityisesti talvisateet tulevat lisääntymään Suomessa (Aaltonen ym. 2008: 81). Suomen lisäksi koko Pohjois-Eurooppa on altis sateisuudessa tapahtuville muutoksille. Rankkasateiden lisääntyminen ja voimistuminen tulee myös vaikuttamaan esimerkiksi tieinfrastruktuurin suunnitteluun (Jylhä ym. 2009: 72). Tulevaisuudessa sään ääri-ilmiöt ja niiden aiheuttamat häiriöt nykyiseen infrastruktuuriin tulee ottaa entistä paremmin huomioon.

Infrastruktuurin suunnittelu ja rakentaminen perustuu usein tietoihin vallitsevista ilmasto-olosuhteista (Myhre ym. 2019: 7–8). Suunnittelussa ei siis huomioida vallitsevista olosuhteista poikkeavia tapahtumia, kuten rankkasateita. Tämän vuoksi esimerkiksi kaupunkialueille syntyy tulvia rankkasateiden

aikana. Nykyiset hulevesijärjestelmät eivät tämän vuoksi ole monissa paikoissa enää tarpeeksi tehokkaita poistamaan sadevesiä kaduilta (Aaltonen ym. 2008: 93). Nykyisten hulevesijärjestelmien korvaaminen uusilla ei välttämättä ole kannattavin vaihtoehto, vaan nykyisten järjestelmien toimintaa voisi tehostaa yhdistämällä uudempaa infrastruktuuria niihin. Rankkasateiden vaikutus kaupunkisuunnitteluun tai hulevesijärjestelmiin voisi olla myös yksi jatkotutkimusaihe.

6 Johtopäätökset

Rankkasateita on mitattu eniten Suomen sateisimmilla alueilla touko-syyskuussa vuosina 2014–2024. Neljästä tutkitusta havaintoasemasta eniten rankkasateita on mitattu Lohjan Porlan havaintoasemalla, 39 kappaletta, ja vähiten Utsjoen Nuorgamin havaintoasemalla, 17 kappaletta. Vaikka Siikajoki kuuluu Suomen vähäsateisimpiin alueisiin, Siikajoen Ruukin havaintoasemalla oli mitattu 30 rankkasateita tarkasteltuna aikavälinä. Voimakkaimmat rankkasateet oli mitattu Lohjan Porlan havaintoasemalla. Muilla havaintoasemilla rankkasateiden voimakkuudet olivat samaa suuruusluokkaa keskenään. Kuhmon Kalliojoen havaintoasemalla rankkasateet olivat voimakkuudeltaan tasaisimpia. Jokaisella havaintoasemalla esiintyi kuitenkin muutama keskimääräistä voimakkaampi rankkasate tarkasteltuna aikavälinä.

Vyöhykeanalyysin tulosten perusteella vesistöillä on vaikutusta sateisuuteen. Lohjan Porlan ja Kuhmon Kalliojoen havaintoasemien ympärille muodostetuissa puskureissa vesialueiden osuus koko puskurin pinta-alasta oli huomattavasti suurempi kuin Siikajoen Ruukin ja Utsjoen Nuorgamin havaintoasemien kohdalla. Siikajoen Ruukin havaintoaseman ympärille muodostetussa puskurissa vesialueiden osuus koko pinta-alasta oli vain 1,1 %. Havaintoasemalla oli havaittu kuitenkin enemmän rankkasateita kuin Utsjoen Nuorgamin asemalla, missä vesialueiden osuus puskurin pinta-alasta oli 3,5 %. Tulokset noudattavat teoriaa sateisuudesta ja rankkasateista lukuun ottamatta Siikajoen havaintoasemaa.

Tutkielman tulokset osoittavat, että rankkasateet ovat vaikea ilmiö tutkittavaksi ja ennustettavaksi sen epävarmuuden takia. Luotettavien tulosten saamiseksi aiheesta täytyy tehdä lisää tutkimusta pidemmältä aikaväliltä ja käyttää monipuolisempia tutkimusmenetelmiä.

Lähteet

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., ... & Vajda, A. (2008) Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristö 31. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/38381>

Ilmatieteen laitos (2025a) Ilmatieteen laitoksen havaintoasemat. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintoasemat>> 26.02.2025.

Ilmatieteen laitos (2025b) Havaintojen lataus. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>> 29.01.2025.

Irannezhad, M., Marttila, H. & Kløve, B. (2014) Long-term variations and trends in precipitation in Finland. *International Journal of Climatology*. Vol 34 3139–3153. <https://doi.org/10.1002/joc.3902>

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., ... & Seitola, T. (2009) Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009:4. Ilmatieteen laitos, Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/15711>

Kersalo, J. & Pirinen, P. (2009) Suomen maakuntien ilmasto. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2009:8. <http://hdl.handle.net/10138/15734>

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. & Rubel F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. Vol 15(3) 259–263.

Lockwood, J. G. (2018) Atmospheric processes. Teoksessa Holden, J. (toim.): *An Introduction to Physical Geography and the Environment*, 4. p. Harlow: Pearson Education, Limited. 137–174. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

Luomaranta, A., Virman, M., Rantanen, M., Hautala, J., Ruosteenoja, K. & Mäkelä, A. (2025) Sateisuuden havaittuja ja ennakoituja muutoksia Suomen maakunnissa. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2025:2. <https://doi.org/10.35614/isbn.9789523362055>

McClatchey, J. (2018) Global climate and weather & Regional and local climates. Teoksessa Holden, J. (toim.): *An Introduction to Physical Geography and the Environment*, 4. p. Harlow: Pearson Education, Limited. 195–249. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. ym. (2019) Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports, Nature Research* Vol 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>

- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. (2016) Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica*, Vol 51(1) 17-50.
- Schleiss, M., Olsson, J., Berg, P., Niemi, T., Kokkonen, T., Thorndahl, S., ... & Pulkkinen, S. (2020) The accuracy of weather radar in heavy rain: a comparative study for Denmark, the Netherlands, Finland and Sweden. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol 24 3157-3188. <https://doi.org/10.5194/hess-24-3157-2020>
- Tawde, S. A. & Singh, C. (2014) Investigation of orographic features influencing spatial distribution of rainfall over the Western Ghats of India using satellite data. *International Journal of Climatology*. Vol 35 2280-2293. <https://doi.org/10.1002/joc.4146>
- Wójcik, O. P., Holt, J., Kjerulf, A., Müller, L., Ethelberg, S. & Molbak, K. (2013) Personal protective equipment, hygiene behaviours and occupational risk of illness after July 2011 flood in Copenhagen, Denmark. *Epidemiology and Infection*. Vol 141(8) 1756-1763. <https://doi.org/10.1017/S0950268812002038>

Liitteet

Liite 1. Touko-syyskuiden sadesummat vuosilta 2014–2024

Taulukko 3. Touko-syyskuiden sadesummat (mm) vuosilta 2014–2024 tutkimuksessa käytetyiltä havaintoasemilta.

Havaintoasemat	Lohja Porla	Kuhmo Kalliojoki	Siikajoki Ruukki	Utsjoki Nuorgam
2014	335,5	335,3	253,6	245,3
2015	303	381,3	395,5	242,9
2016	303,3	320,8	352,4	238,7
2017	254,1	398,3	314,6	359,6
2018	212,4	322,3	237,4	326
2019	293	276,5	263,6	186,6
2020	340,1	371,1	358,2	256,2
2021	394,8	387,5	305,6	182,5
2022	215,2	322,8	277,5	276,6
2023	317,7	443	251,4	286,9
2024	306,2	232,7	242,2	224,9