



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Turun Ylioppilaskylän lämpötilavaihtelut talvikau- della 2020–2021

Annastiina Leinonen

Maantiede
LuK-tutkielma
Laajuus: 6 op

6.5.2024

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

LuK-tutkielma

Pääaine: Maantiede

Tekijä(t): Annastiina Leinonen

Otsikko: Ylioppilaskylän lämpötilavaihtelut talvikaudella 2020–2021

Ohjaaja(t): Risto Kalliola

Sivumäärä: 37 sivua

Päivämäärä: 6.5.2024

Yli puolet maailman väestöstä asuu kaupungeissa. Mitä suurempia kaupungit ovat, sitä enemmän ilmaston ääri-ilmiöt vaikuttavat niihin. Jatkuvan kaupungistumisen vuoksi urbaanien alueiden ilmastotutkimuksesta tulee entistäkin tärkeämpää. Tässä tutkielmassa tarkastellaan Ylioppilaskylän lämpötilaeroja ja niiden suhdetta Turun keskusta- ja maaseutualueiden lämpötiloihin. Lisäksi selvitetään, kuinka paljon rakennukset vaikuttavat lämpötilaeroihin, ja ilmeneekö Ylioppilaskylässä lämpösaarekettä.

Tämä tutkielma perustuu talvikauden 2020–2021 lämpötiladataan. Aineisto koostuu 16:sta Turussa sijaitsevasta havaintopisteestä, joista 9 asennettiin Ylioppilaskylään tätä tutkielmaa varten. Pisteistä 10 on Ylioppilaskylässä, kolme keskustassa ja kolme maaseudulla. Lämpötila-aineistoa tarkasteltiin päivittäisten ja pistekohtaisten keskiarvojen tilastollisella analyysillä. Havaintopisteille määriteltiin vyöhykkeet, joiden pinta-alasta laskettiin rakennusten osuus päällekkäisanalyysillä, ja näiden arvojen vaikutuksia lämpötiloihin tarkasteltiin lineaarisella regressioanalyysillä.

Ylioppilaskylässä ilmenee lämpötilaeroja, joiden suuruus on korkeimmillaan 0,4 °C. Suhteessa muuhun tutkimusalueeseen Ylioppilaskylän lämpötilat ovat matalampia kuin keskustassa ja korkeampia kuin maaseudulla. Rakennusten osuus ympäristöstä vaikuttaa kaikkien alueiden lämpötiloihin vahvasti, ja aiheuttaa suuren osan alueiden välisistä lämpötilaeroista. Tutkimusalueella ilmenee lämpösaarekeilmiötä Ylioppilaskylän ja keskustan välillä sekä Ylioppilaskylän ja maaseudun välillä.

Tutkielman tulokset vastaavat hyvin muiden tutkimusten tuloksia, vaikka eivät ole yhtä tarkkoja. Mitä tiheämpään rakennettu alue on, sitä korkeampia lämpötiloja siellä on keskimäärin. Turussa on aiemminkin havaittu saman kokoista lämpösaarekettä, ja Pohjois-Suomessa hieman vahvempaa. Verrattuna muihin keskileveysasteiden kaupunkeihin Turun ja Ylioppilaskylän lämpösaareke on vahva.

Avainsanat: paikallisilmasto, lämpötilaero, rakennusten vaikutus, lämpösaareke

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys	7
2.1	Energia ja ilmasto	7
2.1.1	Energian kiertokulku	7
2.1.2	Ilmasto ja paikallisilmasto	8
2.2	Lämpösaarekeilmiö	9
2.3	Turun ilmasto	10
3	Aineisto ja menetelmät	12
3.1	Tutkimusalue	12
3.2	Aineistot	13
3.2.1	Aineiston tuottaminen ja rajaus	13
3.2.2	Aineiston kuvailu	14
3.3	Analyysimenetelmät	17
4	Tulokset	20
4.1	Ylioppilaskylän lämpötilat ja suhde keskustan ja maaseudun lämpötiloihin	20
4.2	Rakennusten vaikutus Ylioppilaskylän, keskustan ja maaseudun lämpötiloihin	23
5	Keskustelu	28
5.1	Ylioppilaskylän lämpötilavaihtelut	28
5.2	Ylioppilaskylä suhteessa keskustan ja maaseudun lämpötiloihin	29
5.3	Rakennusten vaikutus lämpötiloihin	30
5.4	Lämpösaarekeilmiö talvikaudella 2020–2021	31
5.5	Ylioppilaskylä ja kaupunki-ilmasto	32
6	Johtopäätökset	34
	Lähteet	35

1 Johdanto

Maailman väestöstä noin 56 %, eli 4,4 miljardia, asui kaupungeissa vuonna 2023, ja suomalaisista yli 70 % vuonna 2020 (World Bank 2023; Väestöliitto 2020). Maailman mittakaavalla luvun odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä, jos kehitys jatkuu samankaltaisena (World Bank 2023). Vaikka nykyään puhumme paljon kestävästä kehityksestä, kaupunkien nopea kasvaminen voi johtaa kestävämpään kehitykseen, mikä tarkoittaa tässä kontekstissa esimerkiksi kaupunkien rakennustyylin ja maankäytön haitallisuutta kestävyiden kannalta. Viime vuosikymmenen aikana urbaanit alueet ovat tulleet haavoittuvaisemmiksi ilmaston lämpenemiselle (Eldeskoy ym. 2020: 1). Tähän vaikuttaa erityisesti kaupungin koko; mitä suurempi kaupunki on, sitä alttiimpi se on haitallisille vaikutuksille (World Bank 2023).

Lämpösaarekkeitä (engl. *urban heat island, UHI*) esiintyy kaiken kokoisilla urbaaneilla alueilla, mutta yleisesti se on voimakkaimmillaan suurissa kaupungeissa (McClatchey 2017: 243; Suomi & Käyhkö 2012: 451). Termi tarkoittaa kaupunkialueiden korkeampia lämpötiloja verrattuna niitä ympäröivään maaseutuun (Eldeskoy ym. 2020: 1). Tämä johtuu kaupunkien lämpöä varastoivista rakennusmateriaaleista, ihmisperäisestä lämmön vapautumisesta sekä haihtumisen eroista kaupunki- ja maaseutualueiden välillä (Suomi & Käyhkö 2012: 451). Myös kaupunkien toiminnot, morfologia ja maanpinnan käyttö vaikuttavat lämpösaarekkeen voimakkuuteen (Eldeskoy ym. 2020: 1). Kaupunkien kasvavat lämpötilat vaikuttavat moniin asioihin, kuten esimerkiksi asukkaiden terveydentilaan ja kuolleisuuteen. Tämän vuoksi on tärkeä selvittää, miten eri maankäyttöluokat ja ympäristön muuttuminen vaikuttavat kaupunki-ilmastoihin.

Tämä tutkielma on osa Euroopan Unionin rahoittamaa RESPONSE-hanketta, jonka tavoitteena on luoda visio kaupunkien energiankäytön siirtymästä hiilineutraalisuuteen vuoteen 2050 mennessä (RESPONSE – Integroiduilla... 2020). Hankkeessa ovat mukana esimerkiksi Turun kaupunki, Turku Energia, Turku City Data, Turun ammattikorkeakoulu ja Turun Ylioppilaskylästä, joka pyrkii tekemään myös Turun Ylioppilaskylästä hiilineutraalin. Rakennusten hiilineutraaliutta tutkittaessa on tärkeä kartoittaa alueen lämpötiloja, jolloin selviää, kuinka paljon lämpöä vuotaa ympäristöön.

Tämän tutkielman tavoitteena on tuottaa tarkkaa tietoa Turun Ylioppilaskylän lämpötiloista ja niiden alueellisista eroista. Lämpötiloihin vaikuttavista tekijöistä erityisesti rakennusten vaikutuksia tarkastellaan lähemmin. Tarkoituksena on lisäksi selvittää, poikkeavatko Ylioppilasky-

län lämpötilat Turun keskustan ja maaseudun lämpötiloista, ja esiintyykö alueiden välillä lämpösaarekettä. Mitattua lämpötila-aineistoa tarkastellaan paikkatieto- ja tilastollisin menetelmin. Tutkielman tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Ilmeneekö Ylioppilaskylän alueella lämpötilavaihteluita talvikaudella 2020–2021?
2. Poikkeavatko lämpötilat keskustan ja maaseudun lämpötiloista?
3. Selittävätkö rakennukset lämpötilavaihteluita?
4. Ilmeneekö lämpösaarekeilmiötä keskusta-Ylioppilaskylä-akselilla? Entä Ylioppilaskylä-maaseutu-akselilla?

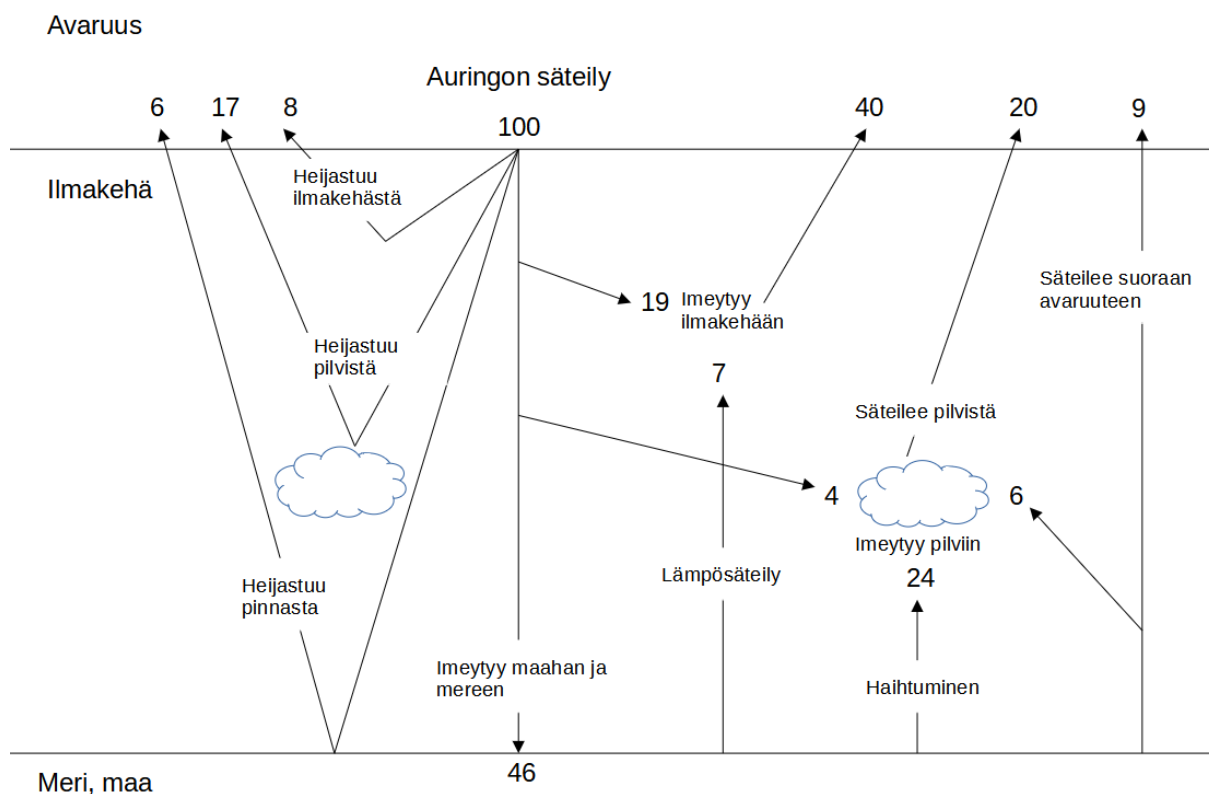
Tämä tutkielma on jaettu viiteen osaan: viitekehys, aineisto ja menetelmät, tulokset, keskustelu sekä johtopäätökset. Luvussa 2 kerrotaan tutkielman teoriataustaa ilmaston ja paikallisilmaston käsitteistä sekä niiden tekijöistä ja vaikutuksista lämpötiloihin. Esille on nostettuna yksi kaupunki-ilmaston tyypillisimmistä ilmiöistä, lämpösaarekeilmiö, ja luvun lopussa kuvataan Turkuä sekä sen ilmastoa. Luvussa 3 esitellään tutkimusalue sekä tutkielman aineisto ja analyysimenetelmät. Luvussa 4 tarkastellaan lähemmin analysoituja tuloksia. Luvussa 5 käydään keskustelua aiempien tutkimusten ja tämän tutkielman tulosten välillä sekä pohditaan eri tekijöiden vaikutuksia lämpötilaeroihin. Viimeisessä luvussa 6 esitellään tulosten ja keskustelun pohjalta tehdyt johtopäätökset ja tulevaisuuden tutkimusideoita.

2 Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys

2.1 Energia ja ilmasto

2.1.1 Energian kiertokulku

Kaikki energia, joka saapuu Maan energiajärjestelmään, tulee Auringosta (Trenberth & Stepaniak 2004: 2677–2678). Noin 31 % tästä energiasta siroaa tai heijastuu takaisin avaruuteen ilmakehässä olevista molekyyleistä, ilmassa olevista partikkeleista eli aerosoleista ja pilvistä tai maanpinnasta (Kuva 1). Loppu energia lämmittää Maata ja sen ilmakehää. Jotta energiakierto pysyy tasapainossa, Maasta kuuluu säteillä saman verran energiaa takaisin avaruuteen. Maahan tuleva energia muuntuu erilaisiin energiamuotoihin, liikkuu pääasiassa ilmakehässä ja merissä, varastoituu maahan, meriin ja jäähän, ja lopulta säteilee takaisin avaruuteen infrapunasäteilynä.



Kuva 1. Maan energiajärjestelmän kiertokulku

Energia kuvattu prosentuaalisina osuuksina Maahan tulevasta energiasta. Perustuu Pitmanin ym. kuvaan 2004.

Ilmastojärjestelmä (engl. *climate system*) koostuu viidestä tekijästä: ilmakehästä, hydrosfääristä, kryosfääristä, maan pinnasta ja biosfääristä (Lockwood 2017: 137–139). Järjestelmää

pyörittävistä ulkoisista tekijöistä tärkein on Aurinko, sillä Maan ilmakehään imeytynyt energia mahdollistaa veden, ilman ja hiilen kiertokulun (Ilmatieteen laitos 2024). Vuosittain matalille leveysasteille eli tropiikkiin jää energian ylijäämää, ja keski- ja korkeille leveysasteille energiavaje (Trenberth & Stepaniak 2004: 2680). Tästä syntyy lämpötilojen lasku päiväntasaajalta napa-alueille siirryttäessä. Epätasaisesti jakautunut energia pyrkii tasoitumaan, jolloin syntyy kierto, joka kuljettaa lämpöä kohti napa-alueita. Yhdessä tämän ilmiön kanssa vaikuttaa maapallon pyörimisliike, joka luo länsituulet pallonpuoliskoille. Nämä virtaukset ilmakehässä ja merissä vaikuttavat suuresti globaalien ilmastovyöhykkeiden jakautumiseen yhdessä valtamerien, mannerten ja vuoristojen sijoittumisen kanssa (Ilmatieteen laitos 2024). Tämän vuoksi sijainnin leveysasteella on suuri merkitys ilmaston määrittelyssä (McClatchey 2017: 195–196).

2.1.2 Ilmasto ja paikallisilmasto

Ilmasto vaikuttaa merkittävästi kasvillisuuteen, maisemaan ja ihmistoimintaan (McClatchey 2017: 195–199). Luonnossa ilmastolla on kolme suurta tekijää: sadanta, lämpötila ja tuulet. Ilmasto voidaankin määritellä missä tahansa sijainnissa vuosien aikana koettujen sääolojen perusteella hyödyntämällä sääelementtien toistumistiheyksiä sekä keski- ja ääriarvoja. Terminen ilmasto taas riippuu leveysasteesta eli Auringon korkeudesta, pääasiallisista tuulen suunnista ja pilvisyydestä. Ilmastotyytit voidaan jakaa leveysasteiden mukaan karkeasti viiteen luokkaan: trooppiseen, subtrooppiseen, keskileveysasteeseen, korkeaan leveysasteeseen ja polaariseen. Samalla leveysasteella voidaan kokea erilaisia ilmastoja, joten rajat niiden välillä eivät ole tarkkoja. Useita eri ilmastoluokituksia on luotu ja ehdotettu, mutta todennäköisesti suosituin on 1900-luvun alussa luotu Köppenin (nyk. Köppen-Geiger) luokittelu. Sen mukaan ilmastovyöhykkeet on jaoteltu viiteen pääluokkaan ja 30 alaluokkaan ilmaston lämpimyyden, kuivuuden ja tyypillisten kausien, kuten monsuunin mukaan (Beck ym. 2018: 2–5).

Paikallisilmastolla (engl. *local climate*) tarkoitetaan vain maan pinnalla ja alle 100 km² kokoisella alueella ilmenevää ilmastomuotoa (McClatchey 2017: 229–230; Barry & Blaken 2016: 3). Tietyssä ilmastossa voi ilmentyä suuriakin paikallisia muutoksia, jotka johtuvat korkeudesta, topografiasta ja meren tai muun suuren vesistön läheisyydestä sekä rakennetusta ympäristöstä. Tämän vuoksi paikallisilmastoja ei esiinny merialueilla (McClatchey 2017: 230–241). Korkeuserot ovat tärkeitä paikallisilmaston muodostumisessa. Mitä korkeammalla ollaan, sitä suurempia tuulennopeudet ja sademäärät ovat. Lämpötila taas laskee noin 6,5 °C:tta jokaista noustua 1000 metriä kohden. Vuoristojen ja mäkien vaikutukset saattavat joskus olla kuitenkin

täysin päinvastaiset, sillä ne toimivat eräänlaisena muurina sääjärjestelmiä vastaan suojaten tyyntenpuoleisia alueita. Vesistöjen lämpötilat säilyvät käytännössä vakiona, kun taas maanpinnan lämpö vaihtelee voimakkaasti päivän ja yön välillä. Erityisesti kesäisin rannikkoalueilla vesistön ja maanpinnan lämpötilaerot luovat paikallisia tuulia. Päivisin tuulee mereltä viileämmästä ilmamassasta lämpimään päin, ja öisin viilentyneeltä maalta lämpimämpää merta kohti. Stewart ja Oke (2012: 1884–1885) ovat jakaneet paikallisilmastot erilaisiin tyyppeihin eli paikallisilmastovyöhykkeisiin (engl. *local climate zone, LCZ*). Näistä vyöhykkeistä 10 kuvaa urbaania ympäristöä, ja 7 muita maankäyttömuotoja.

2.2 Lämpösaarekeilmiö

Lämpösaarekeilmiö (engl. *urban heat island effect, UHI*) on normaali kaupunkiympäristössä ilmenevä paikallisilmaston ominaisuus (McClatchey 2017: 243–244). Ilmiössä niin sanottu lämpimän ilman saareke muodostuu kaupungin alueelle, ja sitä ympäröi maaseudun viileämpi ilmamassa. Lämpösaarekkeita ilmenee yleisimmin selkeinä ja tuulettomina öinä, sillä lämpöä varaava kaupunkialue viilenee hitaammin kuin vähemmän rakennuskantaa omaava ympäristö (Parker 2009: 1; McClatchey 2017: 243–244). Ilmiön esiintyminen ei kuitenkaan tarkoita, että koko kaupunkialue on lämpimämpi kuin ympäröivät alueet, sillä esimerkiksi puistoissa ja vähemmän rakennetuilla alueilla voi ilmetä myös kylmiä ilmamassoja (Parker 2009: 1).

Ilmiön muodostumisen kannalta kolme tärkeintä vaikuttavaa tekijää ovat aurinkolämmön varastoitumisen erot, ihmistoiminnasta johtuva lämpö, ja kaupunki- ja maaseutuympäristöjen välinen haihtuminen (Suomi & Käyhkö 2012: 451). Auringon säteily lämmittää kaupunkien infrastruktuuria, kuten teiden pintoja ja rakennuksia. Materiaalit varastoivat päivisin kertyneen lämmön niiden korkean lämpökapasiteetin ja lämmönjohtokyvyn vuoksi, ja vapauttavat sen ilmaan öisin. Ihmislähtöistä lämpöä vapautuu pääosin liikenteestä, teollisuudesta sekä rakennusten lämmityksestä. Vähäinen veden haihtuminen kaupunkiympäristöissä johtuu vettä läpäisemättömistä materiaaleista, tehokkaasta ylimääräisen veden poistosta viemäröinneillä sekä niukasta kasvillisuudesta (Suomi & Käyhkö 2012: 451; Kirker & Toran 2023). Tällöin lämpö jää havaittavissa olevaan muotoon lämmittämään ympäristöä. Myös kaupunkien toiminnot, fyysiset muodot, koko, maanpinnan käyttö, topografia sekä läheiset vesistöt vaikuttavat lämpösaarekkeen voimakkuuteen (Eldeskoy ym. 2020: 2; Suomi & Käyhkö 2012: 451). Hukkaan menevä lämpö sekä kaupungin materiaalien ja energian kiertokulku voivat voimistaa lämpösaarekeilmiötä, tai olla ensisijaisena syynä sen muodostumiselle talvisin polaarilla alueilla (Miles & Esau 2019: 2).

Lämpösaarekeilmiöstä ja sen vaikutuksista tiedetään paljon (Miles & Esau 2020: 1). Se esimerkiksi nostaa kaupunkien lämpötiloja, vaikuttaa ilmastonmuutokseen, lisää kaupunkien energiantarvetta sekä myrskyjä ja sateita, ja vaikuttaa kuumuden aiheuttamaan kuolleisuuteen (Deilami et al. 2017: 30–31). Lisäksi lämpösaarekeilmiö voi heikentää maaperän kantokykyä, nostaa tulvariskiä ja houkutella vieraslajeja (Miles & Esau 2020: 2). Sillä voi kuitenkin olla myös positiivisia vaikutuksia, sillä esimerkiksi asukkaiden ulkoiluaktiivisuus lisääntyy leudomman kaupunki-ilmaston seurauksena, jään aiheuttamat vauriot kaupungin infrastruktuuriin vähenevät, ja viheralueiden rakentaminen helpottuu.

Ensimmäisen kerran lämpösaarekeilmiö tuotiin esille 1800-luvun alussa, kun tutkija Lake Howard tutki Lontoon kaupunki-ilmastoa (Yang ym. 2016: 11). Tämän jälkeen ilmiöstä ja sen piirteistä on tuotettu paljon kattavaa tutkimusta ympäri maailman. Milesin ja Esaun (2020) mukaan tietämys lämpösaarekkeista korkeilla leveysasteilla on kuitenkin vielä hajanaista, vaikka matalilla ja keskileveysasteilla siitä tiedetäänkin paljon. Suomi ja Käyhkö ovat tehneet muutamia tutkimuksia voimakkaasta lämpösaarekkeesta Turussa ja Lahdessa (Suomi 2018 ja 2014; Suomi & Käyhkö 2012). Suomessa lämpösaarekettä on lisäksi tutkittu Oulussa ja Rovaniemellä, ja muualla Pohjois-Euroopassa ja sen läheisyydessä esimerkiksi Tromssassa ja Murmanskissa (Miles & Esau 2020).

2.3 Turun ilmasto

Turku on kiinnostava tutkimuskohde kaupunki-ilmaston kannalta, sillä sen ympäristö on haastava vaihtelevan topografian ja rannikkosijainnin vuoksi (Turku urban climate... 2024). Turku (keskusta 60°27'N, 22°16'E) on noin 200 000 asukkaan rannikkokaupunki Lounais-Suomessa (Tilastokeskus 2023). Kaupunki sijaitsee sen läpi virtaavan Aurajoen suulla Itämeren rannikolla (Suomi ym. 2012: 106). Rantaviiva on kuitenkin hyvin rikkonainen suuren saariston vuoksi. Pinta-alaltaan Turun kunta on noin 306 km², josta 3,4 km² on makean veden alueita ja 57,3 km² merialueita (Maanmittauslaitos 2022).

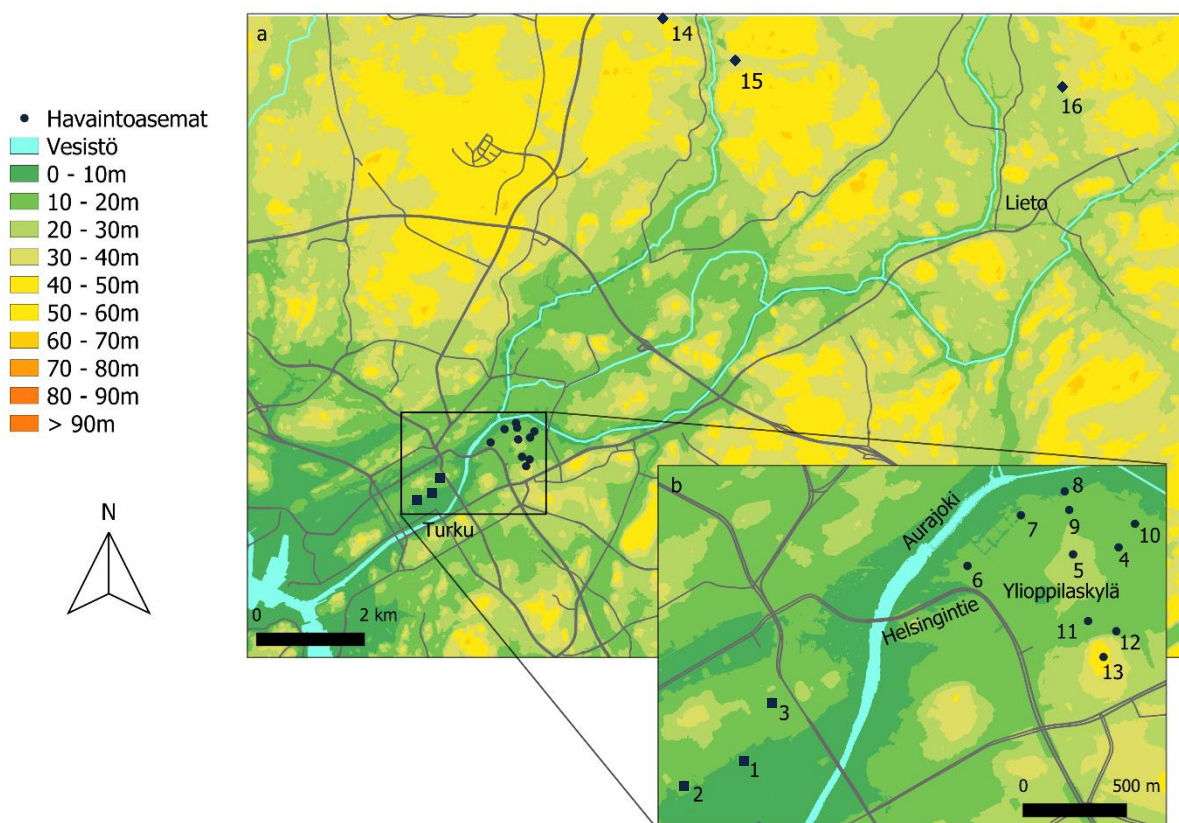
Köppenin ilmastoluokituksen mukaan Turku kuuluu kostean mannerilmaston vyöhykkeeseen (Dfb) (Beck ym. 2018: 3). Turun lounaispuolella sijaitseva rannikko koostuu suuresta saaristosta, jonka vuoksi kaupungin ilmastossa on sekä mantereisen että merellisen ilmaston piirteitä (Suomi ym. 2012: 106). Molemmat ovat vuoroin hallitsevia riippuen senhetkisistä lämpimien ja viileiden ilmamassojen liikkeistä. Paikallisesti Turun ilmasto on kausittain vaihtelevaa, sillä siihen vaikuttavat yhdessä Itämeri, vaihteleva topografia sekä urbaanit tekijät (Suomi &

Käyhkö 2012: 452). Turun keskilämpötila oli 5.5°C vuosina 1981–2010 (mitattu Turun lentokentällä, 7 km keskustasta pohjoiseen) ja keskimääräinen sadanta 723 mm (Suomi ym. 2012: 106). Sateista 30 % satoi lumena, ja pysyvää lunta on keskimääräisesti noin 90 päivänä vuodesta. Yleensä heinäkuu on lämpimin kuukausi, noin 17.5°C:een keskilämpötilalla, ja helmikuu on kylmin, noin -5.2°C:een keskimääräisellä lämpötilalla. Eniten vuodesta sataa elokuussa, jolloin keskimääräinen sadanta on 80 mm. Kuivin kuukausi taas on huhtikuu 32 mm:n sadannalla.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Tutkimusalue

Tämän tutkielman tutkimusalue koostuu kolmesta alueesta: Ylioppilaskylä, keskusta ja maaseutu (Kuva 2). Keskusta tarkoittaa Turun ruutukaava-alueita, mistä Ylioppilaskylä sijaitsee noin kaksi kilometriä koilliseen. Maaseutu taas tarkoittaa tässä tutkimuksessa kaupunkialueen ulkopuolista aluetta noin 10 kilometriä koilliseen keskustasta.



Keskusta

- 1 Kauppatori
- 2 Betel
- 3 Puutori

Ylioppilaskylä

- 4 Yo-kylä
- 5 Kirkko (Katriina)
- 6 Nummenranta
- 7 Yo-kylä länsi
- 8 Jokivarsi
- 9 Puisto (hautausmaan viereinen)
- 10 Yo-kylä itä
- 11 Kenttä (Kuuvuori)
- 12 Portaat (Kuuvuori, alapuoli)
- 13 Kuuvuori (huippu)

Maaseutu

- 14 Ylijoki
- 15 Niuskala
- 16 Lieto

Kuva 2. Tutkimusalue ja havaintopisteet.

(a) Koko tutkimusalue ja maaseudun havaintopisteet 14–16. (b) Ylioppilaskylä ja keskusta, sekä alueiden pisteet 1–3 ja 4–13. Korkeuserot metriä meren pinnasta. Perustuu Maanmittauslaitoksen Kartta-paikka-palvelusta 10.4.2024 ladattuun korkeusmalliin 2009–2023 sekä 13.4.2024 ladattuun yleiskarttaan ja maastotietokantaan.

Ylioppilaskylä on osa Nummen kaupunginosaa itäisessä Turussa. Se sijaitsee Aurajoen eteläpuolella Helsingintiestä itään (Kuva 2). Suuri osa alueesta on opiskelija-asunnoiksi tarkoitettuja 4-kerroksisia kerrostaloja. Läntisin osa Ylioppilaskylästä on vuonna 2004–2011 rakennettu Nummenrannan alue (Turun Ylioppilaskyläsäätiö 2024). Toinen osa läntistä Ylioppilaskylää on koko alueen vanhin, rakennettu vuosina 1969–1972, ja itäinen puoli taas on rakennettu vuosina 1973–1979. Ylioppilaskylän eteläpuolella sijaitsee omakotitaloaluetta ja Kuuvuori sekä urheilukenttä. Keskellä Ylioppilaskylää olevan mäen pohjoisrinteessä on Katariinan hautausmaa, ja joen varrella on puistoa sekä peltoa ja niittyä.

Vertailun vuoksi tutkimusalueeseen kuuluu myös Turun keskustan ruutukaava-alue sekä kaupunkialueen ulkopuolinen maaseutumainen alue Liedon kunnan rajalla (Kuva 2). Ruutukaava-alueeseen viitataan tässä tutkielmassa keskustana, ja kaupungin ulkopuoliseen alueeseen maaseutuna. Turun keskusta sijaitsee Aurajoen varrella lounas-koillinen-suunnassa ja koostuu ruutukaavaan rakennetuista 6–8-kerroksisista kivikerrostaloista (Suomi ym. 2012: 107). Turun kauppatori on joen pohjoispuolella, ja määritellään tässä tutkielmassa keskustan keskipisteeksi. Maaseudun pisteet sijaitsevat Turun ja Liedon rajalla, koilliseen Turun keskustasta.

Topografialtaan Turun alue on hyvin vaihteleva (Kuva 2). Keskusta sijaitsee osin alle 10 metrin korkeudella Aurajoen laaksossa, ja alueella on usea 30–50 metriä korkea mäki. Myös Ylioppilaskylän korkeus vaihtelee 0 ja 50 metrin välillä. Alueen keskellä on alle 30 metriä korkea mäki, ja eteläpuolella Kuuvuori, jonka korkeus on yli 40 metriä. Kokonaisuudessaan Ylioppilaskylä on tasaisempi kuin keskusta, ja sen matalimmat alueet ovat joen varrella. Maaseutu taas on maastoltaan pääasiallisesti yli 20 metriä meren pinnasta, eli korkeampaa kuin keskusta ja Ylioppilaskylä. Alle 10 metrin alueita ei ole, ja korkeimmat alueet ovat yli 60 metriä.

3.2 Aineistot

3.2.1 Aineiston tuottaminen ja rajaus

Tämä tutkielma perustuu valmiiseen TURCLIM-lämpötila-aineistoon (engl. *Turku Urban Climate Research Project*) sekä itse tuotettuun lämpötila-aineistoon joulukuun 2020 ja tammi-helmikuun 2021 välillä. TURCLIM-projektin tarkoituksena on tutkia kaupunki-ilmastoa kiinteän säädätaverkoston avulla, joka perustettiin vuonna 2001 (Turku urban climate... 2024). Vuonna 2022 havaintopisteitä oli yhteensä 83, joista 9 käytiin asentamassa Ylioppilaskylään joulukuussa 2020 tätä tutkielmaa varten. Molempien aineistojen mittarit ovat 50 Hobo H8 Pro lämpötilamittareita, jotka ovat sijoitettuna säteilysuojien sisälle 3 metrin korkeuteen maan pinnasta

niin, etteivät varjot vaikuta mittaustuloksiin. Ne mittaavat lämpötilan 30 minuutin välein vuorokauden ympäri $\pm 0,2$ asteen tarkkuudella, kun lämpötila on 0–50 °C. Alle 0 asteen lämpötiloissa tarkkuus on heikompi, esimerkiksi -20 asteen lämpötilassa $\pm 0,38$ °C.

Tässä tutkielmassa käytän 16:sta TURCLIM-havaintopistettä, joista 10 on Ylioppilaskylässä, kolme Turun keskustassa ja kolme maaseudulla. Kymmenestä Ylioppilaskylän pisteestä yksi oli valmiina TURCLIM-lämpötilaverkostossa (piste 4). Tämän lisäksi asensimme sinne 9 mittaria, jotta alueen sisäisistä lämpötilaeroista saadaan tietoa. Havaintopisteet on sijoiteltu niin, että Ylioppilaskylästä saataisiin kattavaa lämpötila-aineistoa erilaisissa lähiympäristöissä. Sijaintien suunnittelussa otimme huomioon Aurajoen läheisyyden sekä eri ikäiset rakennukset ja niiden tiheyden. Kiinnitimme huomiota myös maankäyttöluokkiin ja korkeuseroihin. Asensimme mittarit 18.12.2020 klo 15–20, ja luimme ne 22.2.2021 klo 10.30–12.30. Asensimme mittarit katuvalopylväisiin 3 metrin korkeuteen säteilysuojan sisään liinoilla. Katuvalo ei kuitenkaan lämmitä mittaria niin, että se vaikuttaisi lämpötiladataan. Kunkin mittarin asentamisen jälkeen kirjasimme ylös asennusajankohdan, sijainnin sekä mittarille annetun numeron. Otimme myös kuvat jokaisesta mittauspisteestä.

Lämpötiladatan tarkasteluajaväli on 20.12.2020 klo 00:00:00 – 20.2.2021 klo 23:30:00, ja viitataan siihen talvikautena 2020–2021. Käytän edellä mainittua rajausta, sillä tältä ajalta Ylioppilaskylän jokaisesta mittarista on aukotonta aineistoa. Rajasin mittareiden asennus- ja lukupäivät pois, sillä niiltä päiviltä ei ole dataa koko päivältä. Alkuperäisten TURCLIM-pisteiden rajaus on tämän vuoksi sama. En tarkastele TURCLIM-pisteitä pidemmältä ajanjaksolta, sillä tavoitteena on tarkastella niiden suhdetta Ylioppilaskylän pisteisiin.

Valitsin Ylioppilaskylään asennettujen havaintopisteiden lisäksi seitsemän vanhempaa TURCLIM-pistettä, joista yksi on Ylioppilaskylässä (piste 4). Koska tutkielman yhtenä tavoitteena on tuoda esiin keskusta-Ylioppilaskylä-maaseutu-akselille muodostuvaa lämpösaarekeilmiötä, valitsin keskustasta ja kaupunkialueen ulkopuolelta yhteensä kuusi pistettä. Molemmilta alueilta valikoitui kolme pistettä, jotta saataisiin luotettavampaa informaatiota kuin esimerkiksi yhdestä havaintopisteestä. Näin minimoin alueellisen vertailun virheen mahdollisuuden.

3.2.2 Aineiston kuvailu

Tutkielmassa käyttämäni aineisto koostuu 16:ta havaintopisteestä, joista 15 sijaitsee Turussa, ja yksi Liedossa (Kuva 2). Valtaosa pisteistä (pisteet 1–13) sijaitsevat lähellä Aurajoen suuta,

kun taas pisteet 14–16 sijaitsevat sisämaassa, kauempana merestä. Havaintopisteet on numeroitu numeroin 1–16. Pisteet 1–3 sijaitsevat Turun keskustassa, 4–13 Ylioppilaskylässä ja 14–16 kaupunkialueen ulkopuolella maaseudulla. Kaikki pisteet ovat Turun kunnan alueella, paitsi piste 16, joka on Liedon kunnassa. Pisteet on nimetty niiden sijainnin mukaan, ja nimen jäljessä suluissa on tarkentavaa tietoa sijainnista. Kuvaan keskustan pisteitä neliöillä, Ylioppilaskylän pisteitä ympyröillä ja maaseudun pisteitä timanteilla.

Ylioppilaskylän pisteiden lähiympäristöissä on paljon eroavaisuuksia. Osa sijaitsee omakotitaloalueella, osa kerrostalojen lähellä, ja osan ympäristössä on julkisia rakennuksia tai puistoja (Taulukko 1). Vain Jokivarren pisteen läheisyydessä on vesistöä, eli tässä tapauksessa joki. Kaikkien Ylioppilaskylän pisteiden ympäristön rakennusten osuus jää alle 20 %:iin pisteen vyöhykkeen pinta-alasta, ja näistä kolme on alle 10 %. Niiden etäisyys keskustasta taas vaihtelee 1,5 km:n ja 2,2 km:n välillä ja etäisyys merestä 4 km:n ja 5 km:n välillä. Ylioppilaskylässä sijaitsee kaikista tutkielman pisteistä matalin ja korkein piste. Jokivarren piste on vain 3,8 metriä merenpinnan yläpuolella, kun taas Kuuvuoren pisteen korkeus on 42,6 metriä. Muiden Ylioppilaskylän pisteiden korkeus vaihtelee 9,9 ja 23,0 metrin välillä.

Taulukko 1. Tutkielman mittarit ja niiden ominaistiedot.

Mittauspisteiden vyöhykkeet ovat halkaisijaltaan 200 m, mistä rakennusten osuus on laskettu. Korkeus merenpinnasta on Maanmittauslaitoksen Karttapaikka-palvelun korkeusmallista 2009–2023. Etäisyys keskustasta on mitattu Kauppatorin keskeltä. Etäisyys merestä on mitattu lähimmästä meren kohdasta.

Mittarin nro	Rakennusten osuus vyöhykkeestä (%)	Korkeus merenpinnasta (m)	Etäisyys keskustasta (km)	Etäisyys merestä (km)	Läheisen ympäristön maapeite
1	28,9	7,8	0,1	2,8	Asfalttia, kerrostaloja
2	45,3	16,8	0,3	2,5	Asfalttia, kerrostaloja
3	32,0	18,2	0,4	3,0	Asfalttia, kerrostaloja
4	13,5	15,11	2,1	4,9	Omakotitaloja, teitä
5	14,4	23,0	1,9	4,6	Teitä, hautausmaa
6	17,2	10,9	1,5	4,1	Kerrostaloja, teitä
7	15,6	9,9	1,8	4,5	Kerrostaloja
8	0,2	3,8	2,1	4,7	Joki, puisto
9	4,6	11,3	2,0	4,7	Puisto, parkkipaikka
10	16,7	10,7	2,2	5,0	Kerrostaloja
11	8,2	15,8	1,8	4,6	Omakotitaloja, urheilukenttä
12	11,0	17,1	1,9	4,7	Koulurakennus, urheilukenttä, puistikko
13	13,3	42,6	1,8	4,6	Omakotitaloja, sora-tie
14	0,0	33,7	9,8	11,8	Metsä, pelto
15	0,0	32,6	9,9	12,1	Metsä, pelto
16	2,1	30,7	13,9	16,6	Metsä, pelto, omakotitaloja

Keskustan kolme pistettä ovat keskenään ympäristöltään hyvin samankaltaisia, kuten myös maaseudun pisteet. Keskustan pisteiden lähiympäristö koostuu asfaltista ja kerrostaloista, ne ovat alle puolen kilometrin päässä kauppatorista, ja kolmen tai alle kolmen kilometrin päässä merestä (Taulukko 1). Korkeudeltaan ne kuitenkin vaihtelevat 7,8 ja 18,2 metrin välillä, ja rakennusten osuus ympäristöstä vaihtelee jopa 20 prosenttiyksikköä. Betelin pisteessä rakennusten osuus pisteen vyöhykkeen pinta-alasta on yli 43 %, kun taas Kauppatorin pisteessä hieman alle 30 %.

Maaseudun kolme pistettä, Ylijoki, Niuskala ja Lieto, sijaitsevat metsien ja peltojen läheisyydessä, joskin Liedon pisteen lähellä on jonkin verran omakotitaloja (Taulukko 1). Rakennusten osuus Ylijoen ja Niuskalan ympäristöstä on 0 %, ja Liedon ympäristöstä 2,1 %. Verrattuna muihin pisteisiin maaseudun pisteet sijaitsevat kauimpana keskustasta (9,8–13,9 km) ja merestä (11,8–16,6 km). Ne sijaitsevat myös korkeammalla kuin suurin osa muista pisteistä, hieman yli 30 metriä merenpinnasta. Ylijoen mittauspiste sijaitsee maaseudun pisteistä korkeimmalla, 33,7 metriä meren pinnan yläpuolella, mutta lähimpänä keskustaa ja merta. Liedon piste taas on matalin, 30,7 m, mutta kauimpana keskustasta ja merestä.

3.3 Analyysimenetelmät

Tässä tutkielmassa analysoin lämpötiladataa paikkatietomenetelmillä sekä tilastollisesti. Hyödynnän paikkatietoa datan yhdistämisessä sijaintiin sekä sijainnin tuomiin vaikutuksiin, kuten topografiaan, maankäyttömuotoihin, korkeuteen, veden läheisyyteen ja rakennettuun ympäristöön. Tilastollisia menetelmiä taas hyödynnän datan käsittelyssä, keskilämpötilojen laskemisessa, visualisoinnissa ja riippuvuuksien osoittamisessa.

Käytin paikkatietoanalyysin tekemisessä QGIS:n 3.24.0-versiota. Lisäsin maailmankartan karttanäkymään kirjoittamalla sanan ”world” koordinaatteihin. Vaihdoin projektioksi WGS 84 / UTM zone 34N, jotta pohjakartta kohdistui Suomeen. Loin valitsemani havaintopisteet QGIS:iin itse piirtämällä hyödyntäen olemassa olevia karttoja ja ylös kirjattuja pisteiden tietoja. Määrittelin jokaiselle pisteelle halkaisijaltaan 200 metrin vyöhykkeen vektorigeometriatyökälulla ”Vyöhyke” (Kuva 3). Latasin Maanmittauslaitoksen kartta- ja paikkatietoaineistoja tarjoavasta Karttapaikka-palvelusta Rakennukset-paikkatietoaineiston geopackage-muodossa Turun alueelta ja yhdistin kaikki rakennukset samaan tasoon. Käytin päällekkäisanalyysia, jolla laskin vyöhykkeiden sisällä olevien rakennusten pinta-alat. Laskin vyöhykkeen pinta-alan ja määrittelin siitä rakennusten prosentuaalisen osuuden.



Kuva 3. Päällekkäisanalyysi.

Ylioppilaskylän pisteet vasemmalta Yo-kylä, ja Yo-kylä itä. Pisteiden ympärillä on halkaisijaltaan 200 metrin vyöhyke, jonka sisältä laskin rakennusten pinta-alan. Perustuu Maanmittauslaitoksen Kartta-paikka-palvelusta 13.4.2024 ladattuun yleiskarttaan ja maastotietokantaan.

Tilastollisessa analyysissä käytin Exceliä. Keräsin kaikkien 16 tarkastelupisteen datan samaan tiedostoon, jossa suodatin tarvittavan datan päiviltä 20.12.2020 – 20.2.2021 Filter-toimintoa käyttäen. Laskin valitusta datasta jokaiselta pisteeltä päivä- ja kausikohtaisia keskilämpötiloja AVERAGE-laskukaavaa hyödyntäen. Koska jaottelin pisteet myös alueellisesti keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun mukaan, laskin päivittäiset ja kausittaiset keskilämpötilat myös aluekohtaisesti. Kopioin saadut tulokset erilliseen Excel-tiedostoon kootumpaa analyysiä varten, ja muodostin pylväsdiagrammit Ylioppilaskylän sekä kaikkien pisteiden koko talvikauden keskilämpötiloista. Merkitsin Ylioppilaskylän tulokset tummemmalla sinisellä pylväsdiagrammeihin, jotta ne erottuvat muusta aineistosta. Loin alueellisten erojen kuvaamiseksi viivadiagrammin kaikkien kolmen alueen, keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun, päivittäisistä keskilämpötiloista koko talvikaudelta 2020–2021. Merkitsin jokaisen alueen arvojoukon otsikkoon myös alueen pisteiden lukumäärän. Tein lisäksi yhden vastaavan viivadiagrammin lyhyemmältä aikaväliltä 30.1.–13.2., jotta saisin tarkemman kuvan lämpötilaeroista suhteellisen tasaiselta ja kylmältä ajanjaksolta.

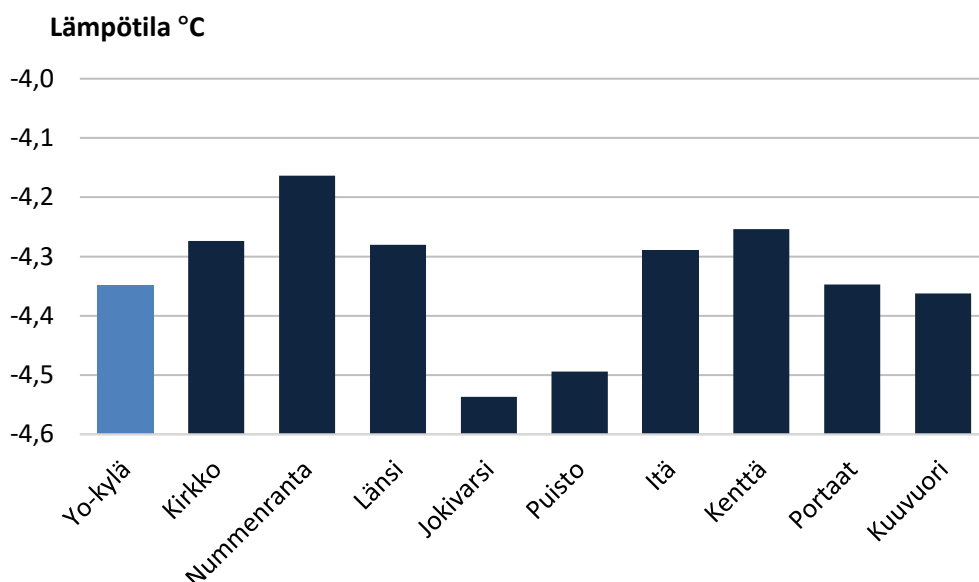
Loin hajontakaaviot talvikauden keskilämpötiloista suhteessa rakennusten prosentuaaliseen osuuteen pisteiden vyöhykkeistä. Yksi kuvaaja on Ylioppilaskylästä ja toinen kaikista pisteistä

niin, että jokainen piste on omalla värillään. Merkitsin keskustan pisteet neliöinä, Ylioppilaskylän pisteet ympyröillä, ja maaseudun pisteet timantin muotoisina, jotta alueellinen jako näkyy myös kuvaajassa. Lisäksi tein lineaarisen regressioanalyysin rakennusten vaikutuksesta Ylioppilaskylän keskilämpötiloihin ja koko tutkimusalueen lämpötiloihin. Tässä käytin myös hajontakaaviota, mutta yhdellä arvojoukolla, jolloin pystyin lisäämään trendiviivan sekä sen kaavan ja R^2 -luvun.

4 Tulokset

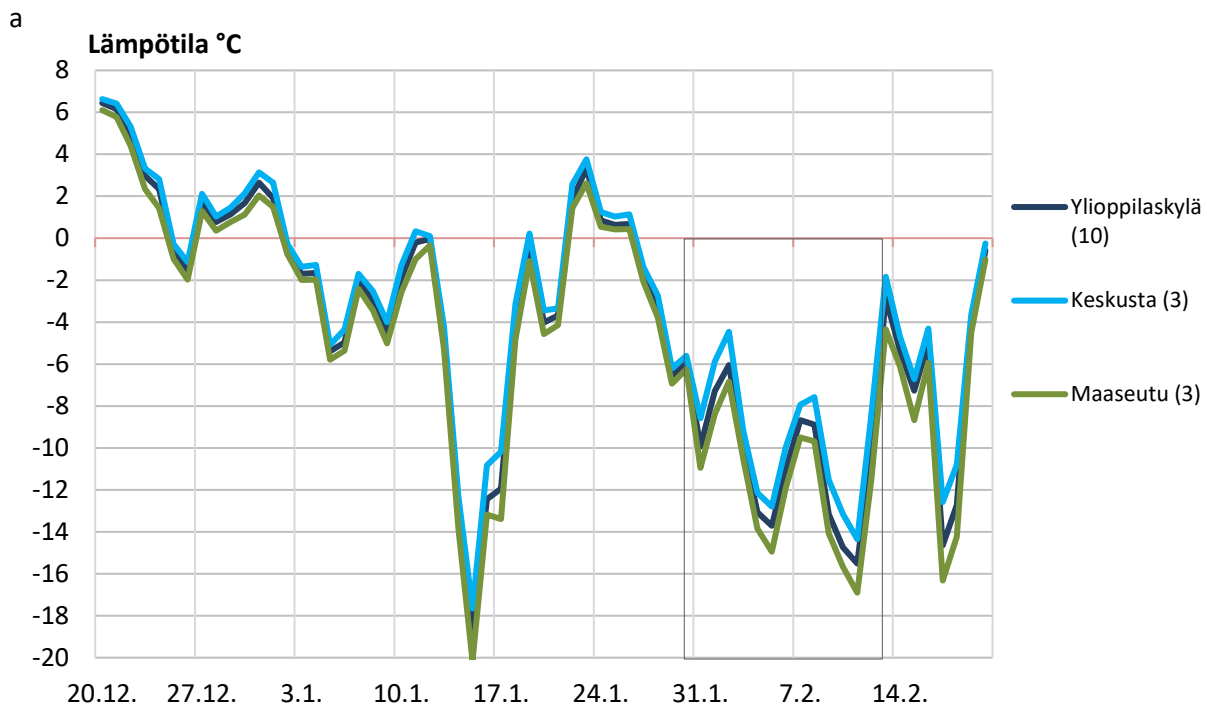
4.1 Ylioppilaskylän lämpötilat ja suhde keskustan ja maaseudun lämpötiloihin

Turun Ylioppilaskylän havaintopisteiden keskilämpötiloissa ilmenee noin 0.4 asteen verran vaihtelua (Kuva 4). Diagrammissa on Ylioppilaskylän kymmenen pistettä, joista yksi on osa alkuperäistä TURCLIM-havaintoasemaverkkoa. Tämä piste on kuvattu vaaleansinisellä, kun taas muut tätä tutkielmaa varten asennetut mittarit ovat tummansinisellä. Talvikaudella 2020–2021 Ylioppilaskylän keskilämpötiloista korkein arvo oli Nummenrannan havaintoasemalla -4,16 °C. Matalin, -4,54 °C, oli Jokivarren pisteessä, ja lähes yhtä matala keskilämpötila, -4,49 °C, oli Puiston pisteessä. Muut keskilämpötilat vaihtelivat välillä -4,36 °C ja -4,25 °C.



Kuva 4. Ylioppilaskylän havaintopisteiden keskilämpötilat talvikaudella 2020–2021. Vaaleansinisellä alkuperäinen TURCLIM-aineisto, ja tummansinisellä oma aineisto.

Alla olevat diagrammit kuvaavat Ylioppilaskylän, keskustan ja maaseudun päivittäisiä keskilämpötiloja ja niiden eroja (Kuvat 5a ja b). Kuvan 5a lämpötilat ovat kahden kuukauden ajalta talvikaudelta 2020–2021, ja kuvan 5b ajalta 30.1.–13.2. Kuvaaja b on suurennettu osa kahden viikon ajalta kuvaajasta a, jotta lämpötilojen erot ovat paremmin erotettavissa. Kuvaajan b ajanjakso on merkittävä kuvaajaan a harmaalla suorakulmiolla (Kuva 5a).



Kuvat 5a ja b. Keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun pisteiden päivittäiset keskiarvot.

(a) Talvikausi 2020–2021, (b) lyhyempi ajanjakso 30.1.–13.2. Alueen pisteiden lukumäärä lukee arvojoukkojen nimissä.

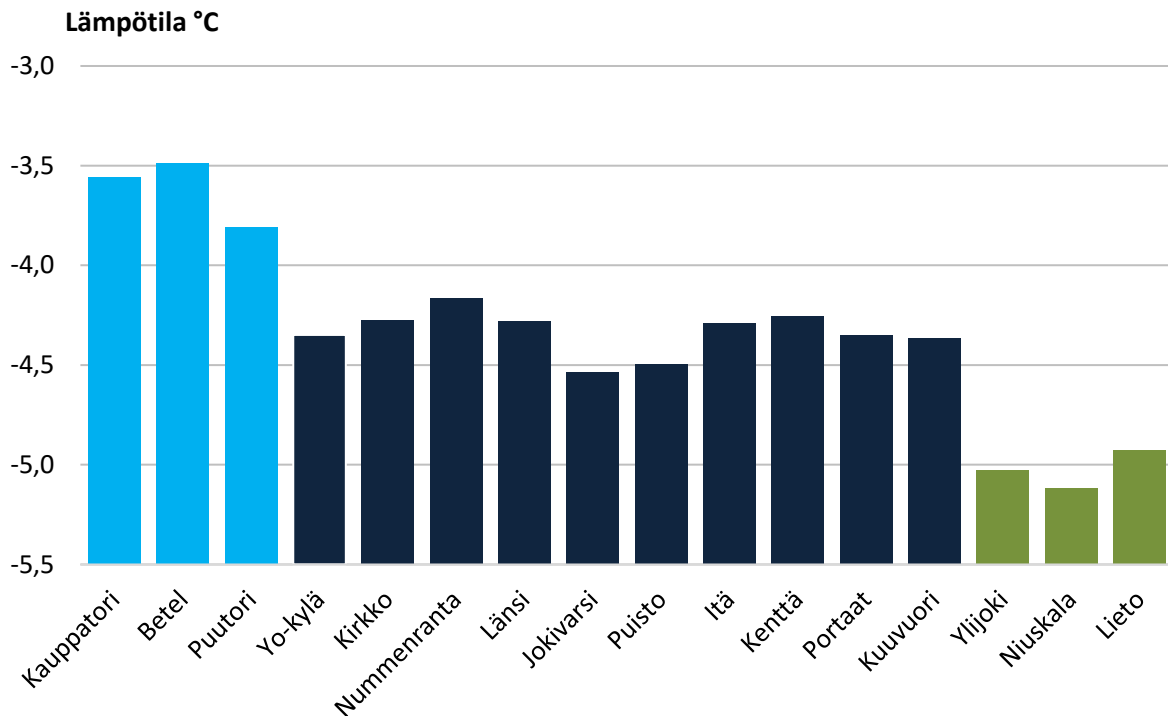
Talvikautena 2020–2021 lämpötilat ovat vaihdelleet paljon koko Turun alueella (Kuva 5a). Lämpötilavaihtelut ovat olleet epäsäännöllisiä, ja paikoin voimakkaita. Erityisesti 11.1.–19.1.

lämpötilaerot ovat olleet suuria, sillä yhdeksän päivän aikana lämpötila on pudonnut ja taas noussut jopa 20 asteen verran. Kokonaisuudessaan keskustan lämpötilat ovat olleet korkeampia kuin Ylioppilaskylän tai maaseudun, ja Ylioppilaskylän lämpötilat ovat olleet korkeampia kuin maaseudun. Päiväkohtaisesti tarkasteltuna kylmin päivä on ollut 15. tammikuuta, jolloin kaikkien alueiden keskilämpötilat ovat olleet -18 ja -20 asteen välillä. Lämpimintä taas on ollut tutkimusajanjakson alussa 20. joulukuuta, jolloin keskilämpötilat ovat vaihdelleet 6 ja 6,5 asteen välillä. Tasaisinta lämpötilavaihtelua on ollut 31.1.–11.2., jolloin lämpötila on niin sanottuasti saanut säännöllisesti noin 5–8 asteen verran kahden viikon ajan. Alueellisesti tarkasteltuna selkeimmät lämpötilaerot esiintyivät helmikuussa. Hetkellisiä suuria eroja ilmeni kuitenkin esimerkiksi 17.1. ja 17.2., jolloin ero keskustan ja maaseudun välillä on ollut yli 2,5 astetta.

Rajasin kuvasta 5a lyhyemmän ajanjakson, jotta erot keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun välillä näkyisivät selkeämmin (Kuva 5b). Valitsin ajanjakson 30.1.–13.2., koska sen aikana keskilämpötilat ovat olleet alle 0 astetta, eikä suurta vaihtelua ole tapahtunut. Kokonaisuudessaan erot Ylioppilaskylän ja keskustan, ja Ylioppilaskylän ja maaseudun keskilämpötilojen välillä ovat olleet noin yhden asteen verran joka päivä. Keskustan ja maaseudun välinen lämpötilaero on ollut noin kaksi astetta. Suurimmat Ylioppilaskylän ja keskustan väliset erot ovat olleet 2.2. ja 9.2., kun alueiden välinen lämpötilaero on ollut yli 1,5 astetta. Ylioppilaskylän ja maaseudun välillä suurimmat erot ovat taas olleet 5.2. ja 11.2., kun alueiden välinen lämpötilaero on ollut yli yhden asteen verran.

Kuva 6 havainnollistaa kaikkien tutkielman havaintopisteiden keskilämpötiloja koko tutkimuskaudelta. Kuten aiemmin esitellyissä kuvaajissa (Kuvat 5a ja b), keskustan pisteet on kuvattu vaalean sinisellä, Ylioppilaskylän tummansinisellä ja maaseudun pisteet vihreällä (Kuva 6). Kokonaisuudessaan keskustan pisteiden keskilämpötilat ovat korkeimmat ja maaseudun matalimmat.

Pistekohtaisesti tarkasteltuna talvikauden 2020–2021 korkein lämpötila on Betelin pisteellä -3,5 °C ja matalin Niuskalassa -5,1 °C (Kuva 6). Näiden pisteiden keskilämpötilojen välinen ero on siis 1,6 °C. Keskustan pisteistä viilein on Puutorin piste, jonka keskilämpötila oli -3,8 °C. Maaseudun lämpimin piste taas on ollut Lieto, jonka keskilämpötila oli -4,9 °C. Keskustan sisäiset lämpötilaerot ovat siis olleet 0,3 astetta, ja maaseudun 0,2 astetta.



Kuva 6. Havaintopisteiden keskilämpötilat talvikaudella 2020–2021.

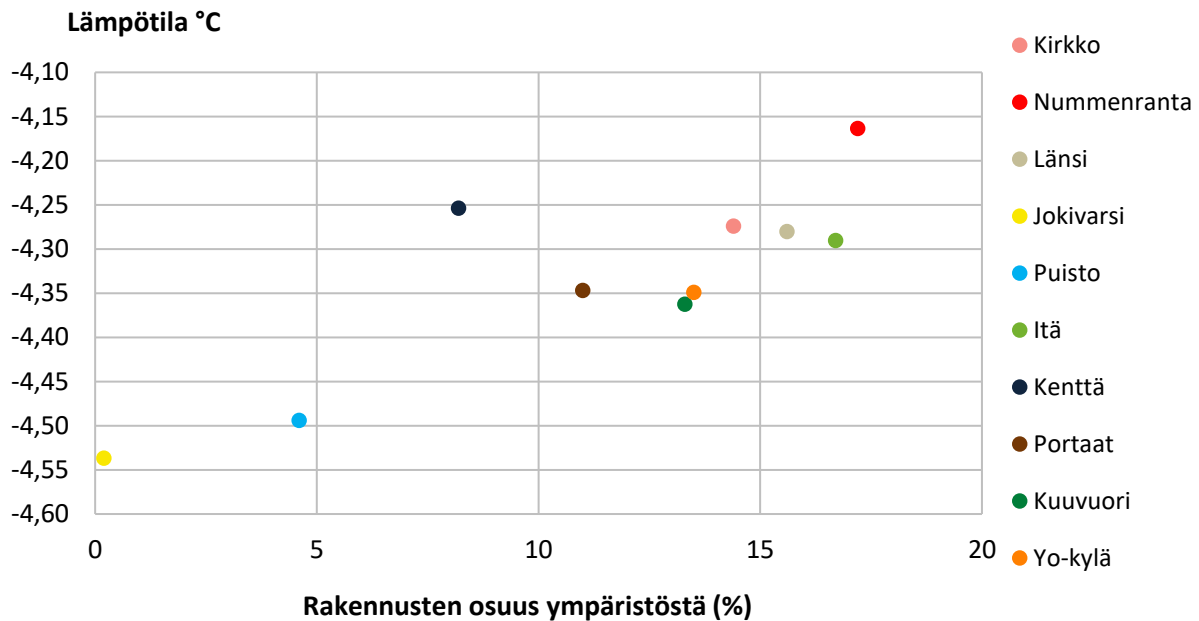
Keskustan lämpötilat vaaleansinisellä, Ylioppilaskylän tummansinisellä ja maaseudun vihreällä.

Suhteessa Ylioppilaskylään keskustan lämpötilat ovat korkeampia, ja maaseudun lämpötilat matalampia (Kuva 6). Keskustan ja Ylioppilaskylän korkeimpien keskilämpötilojen (Betel $-3,5$ °C ja Nummenranta $-4,2$ °C) ero on noin $0,7$ astetta, ja matalimpien (Puutori $-3,8$ °C ja Jokivarsi $-4,5$ °C) myös $0,7$ astetta. Ylioppilaskylän ja maaseudun korkeimpien keskilämpötilojen (Nummenranta $-4,2$ °C ja Lieto $-4,9$ °C) ero on myös noin $0,7$ astetta, ja matalimpien (Jokivarsi $-4,5$ °C ja Niuskala $-5,1$ °C) taas $0,6$ astetta. Keskustan ja maaseudun korkeimpien lämpötilojen ero on siis noin $1,4$ astetta, ja matalimpien noin $1,3$ astetta, kun tarkastellaan pistekohtaisia keskilämpötiloja koko ajanjaksolta.

4.2 Rakennusten vaikutus Ylioppilaskylän, keskustan ja maaseudun lämpötiloihin

Seuraavat pistekuvaajat kuvaavat pisteiden ympäristössä olevien rakennusten vaikutusta mitattuihin lämpötiloihin (Kuvat 7 ja 8). Lämpötilat ovat koko talvikauden 2020–2021 pistekohtaisia keskilämpötiloja, ja rakennusten osuus on laskettu suhteessa pisteiden vyöhykkeiden pinta-alaan. Ensimmäisessä kuvaajassa tarkastellaan Ylioppilaskylän lämpötilojen suhdetta rakennuskantaan (Kuva 7), ja toisessa kaikkia kolmea määriteltyä aluetta, ja rakennusten vaikutusta

niiden pistekohtaisiin lämpötiloihin (Kuva 8). Olen merkinnyt keskustan pisteet neliöinä, Ylioppilaskylän pisteet ympyröinä ja maaseudun pisteet timanttikuviaina.



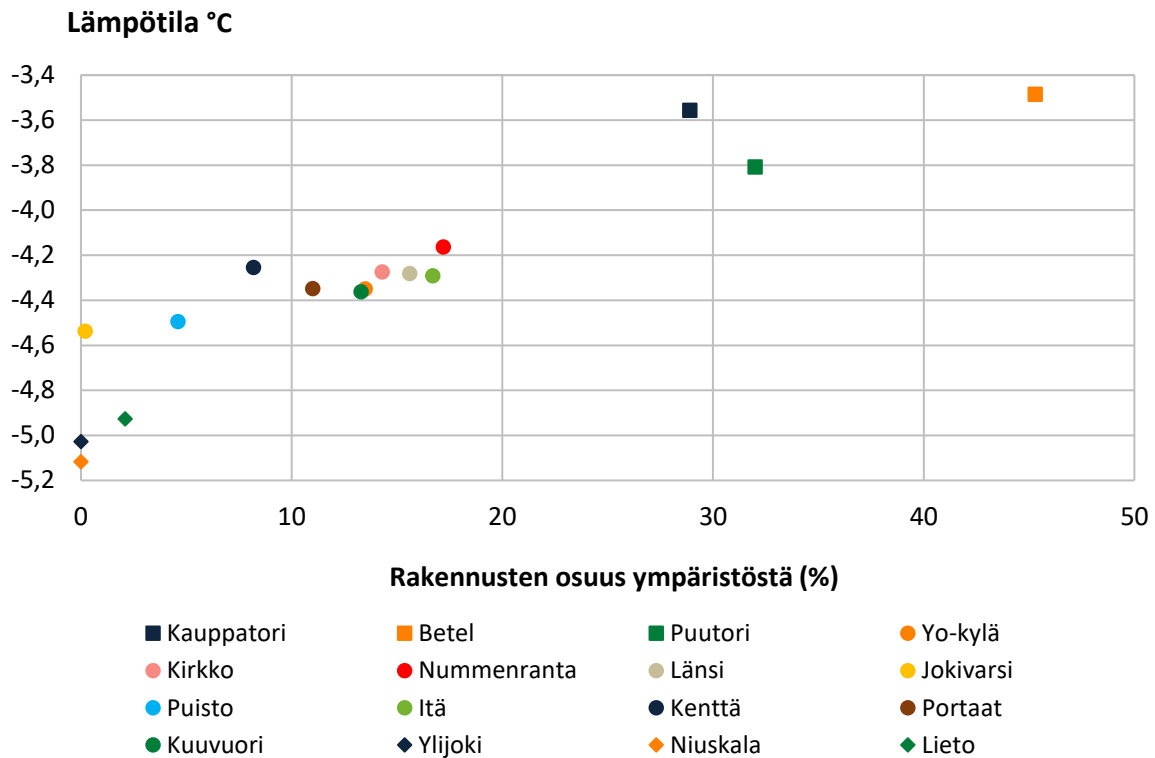
Kuva 7. Ylioppilaskylän keskiarvolämpötilat suhteessa rakennettuun ympäristöön.

Havaintopisteiden keskilämpötilat on laskettu aikaväliltä 20.12.2020 – 20.2.2021. Rakennusten osuus ympäristöstä on laskettu jokaisen pisteen 200 m vyöhykkeestä.

Kuvaajan ääripäissä ovat jokivarren ja Nummenrannan pisteet (Kuva 7). Jokivarsi on muita pisteitä viileämpi, ja sen ympäristössä on myös pienin määrä rakennuksia (0,2 %). Nummenrannassa lämpötila on korkein, ja siellä on Ylioppilaskylän pisteistä eniten rakennuksia (17,2 %). Kuten aiemmin mainitsin, Jokivarren ja Nummenrannan pisteiden lämpötilaero on 0,4 °C, ja pisteiden välinen rakennusten osuuden ero taas on 17 %. Myös Puiston havaintopisteiden arvot ovat lähellä Jokivarren arvoja; sen ympäristöstä rakennuksia on 4,6 %, ja sen keskilämpötila on -4,5 °C. Kentän havaintopiste taas poikkeaa selkeästi muista pisteistä, sillä sen lämpötila on korkea (-4,25 °C) rakennusten määrään verrattuna (8,2 %). Muut pisteet vaihtelevat lämpötilaltaan -4,27 °C:n ja -4,36 °C:n välillä, ja rakennuskannaltaan 11 %:n ja 16,7 %:n välillä.

Keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun pisteet erottuvat hyvin toisistaan, kun niitä vertaillaan lämpötilojen ja rakennusten näkökulmasta (Kuva 8). Ylioppilaskylän pisteet sijoittuvat diagrammilla keskustan ja maaseudun pisteiden välille Jokivarren pistettä lukuun ottamatta. Keskustan pisteiden ympäristöstä 29–45 % on rakennuksia, ja maaseudun ympäristöstä 0–2 %. Betelin piste on lämpimin (-3,5 °C) ja sen ympäristössä on eniten rakennuksia (45 %). Kaikista

pienin rakennusten osuus on Jokivarren, Ylijoen ja Niuskalan pisteissä (0–0,2 %), mutta Jokivarren piste (-4,5 °C) on huomattavasti lämpimämpi kuin Ylijoki (-5,0 °C) ja Niuskala (-5,1 °C).



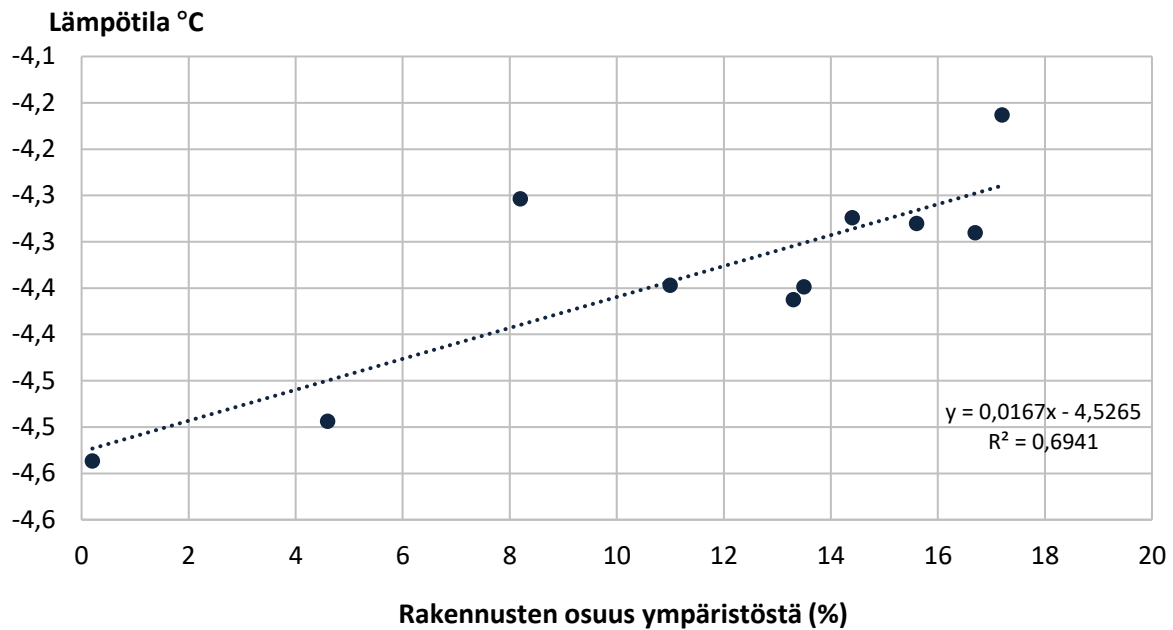
Kuva 8. Havaintopisteiden keskilämpötilat suhteessa ympäristön rakennuskantaan.

Keskustan pisteet on merkitty neliöillä, Ylioppilaskylän ympyröillä ja maaseudun timanttikuvioilla.

Seuraavat kaksi kuvaajaa kuvaavat lämpötilojen suhdetta ympäristön rakennuksiin regressioanalyysin avulla (Kuva 9 ja 10). Ensimmäisessä kuvaajassa on Ylioppilaskylän keskilämpötilat talvikaudelta 2020–2021 suhteessa vyöhykkeen rakennetun ympäristön prosentuaaliseen osuuteen (Kuva 9). Toisen kuvaajan lämpötiladatassa on mukana myös keskustan ja maaseudun havaintopisteet (Kuva 10). Pääasiallisesti molempien kuvaajien pisteet jakautuvat tasaisesti trendin mukaisesti, mutta osaan rakennuskanta ei kuitenkaan vaikuta lineaarisesti.

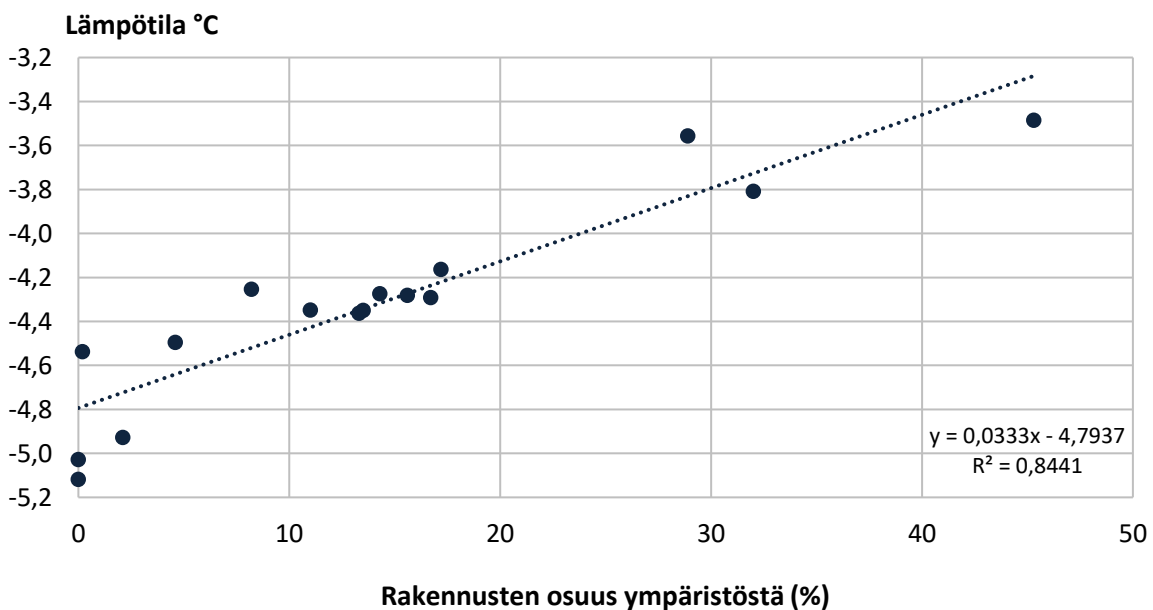
Koska Ylioppilaskylän lämpötiloja kuvaava regressiosuora on nouseva, Ylioppilaskylän lämpötiloilla ja rakennusten osuudella on positiivinen yhteys (Kuva 9). Tämä siis tarkoittaa, että rakennusten osuuden noustessa myös lämpötilat nousevat. Regressiosuoraa kuvaava kaava kuvaa selitettävän muuttujan arvoa, eli tässä tapauksessa lämpötilaa. Suoran regressiokerroin on 0,0167, mikä tarkoittaa, että lämpötila nousee 0,0167 °C, kun rakennusten osuus nousee yhden prosenttiyksikön. Vakiotekijä taas on -4,5265, mikä tarkoittaa, että lämpötila on noin -4,5 °C,

kun rakennusten osuus pisteen ympäristöstä on 0 %. Koska R^2 -luku on 0,69, rakennusten osuus selittää noin 69 % lämpötilavaihteluista, joita ilmenee lämpötiladatassa.



Kuva 9. Lineaarinen regressioanalyysi Ylioppilaskylän havaintopisteiden lämpötiloista suhteessa rakennusten osuuteen ympäristöstä.

Koko lämpötila-aineistoa kuvaavassa regressiokuvaajassa pisteet jakautuvat lähelle regressiosuoraa (Kuva 10). Tämä tarkoittaa, että regressiomallilla on hyvä selitysvoima, ja rakennukset selittävät vahvasti tutkimusalueen lämpötilavaihteluita.



Kuva 10. Lineaarinen regressiojakauma koko tutkimusalueen keskilämpötiloista suhteessa rakennusten osuuteen ympäristön pinta-alasta.

Kaavan mukaan regressiosuoran kerroin on positiivinen, joten myös tämän kuvaajan suora on nouseva ja muuttujien välinen yhteys on positiivinen (Kuva 10). Koska regressiokerroin on 0,0333, lämpötila nousee 0,0333 °C, kun rakennusten osuus ympäristöstä nousee yhden prosenttiyksikön. Vakiotekijä taas on -4,7937, mikä tarkoittaa, että kaavion mukaan pisteen lämpötila on noin -4,8 °C, kun rakennusten osuus on 0 %. R^2 -luvun mukaan rakennusten osuus vaikuttaa 84 %:iin lämpötilaeroista, joita kuvaajassa ilmenee.

5 Keskustelu

5.1 Ylioppilaskylän lämpötilavaihtelut

Ylioppilaskylässä lämpötilat vaihtelevat sijainnin mukaan. Erot eivät ole suuria, mutta hieman alle puolen asteen vaihtelua esiintyy keskiarvoisesti viileimmän ja lämpimimmän pisteen välillä. Alueellisiin lämpötilavaihteluihin voi vaikuttaa vesistöjen läheisyys, alueen topografia, korkeuserot ja maankäyttö (McClatchey 2017: 230).

Ylioppilaskylän havaintopisteistä viileimpinä erottuvat Jokivarren ja Puiston pisteet. Yang ym. (2016: 17) mukaan joki liikuttaa raikasta ilmaa kaupunkialueella, ja näin vaikuttaa viilentävästi lämpötiloihin. Erityisesti Jokivarren piste on lähellä Aurajokea, mikä selittää ainakin osittain sijainnin matalan lämpötilan. Siihen voi myös vaikuttaa topografia, sillä piste sijaitsee jokilaaksoissa muita pisteitä matalammalla, jolloin ympäristön raskaampi viileä ilma kasaantuu mahdollisimman matalalle (McClatchey 2017: 233). Myös kasvillisuutta on paljon verrattuna muihin alueen pisteisiin, mikä viilentää ympäristöä entisestään (Suomi & Käyhkö 2012: 451). Myös Puiston pisteen läheisyydessä on paljon kasvillisuutta, minkä vuoksi se on todennäköisesti viileämpi kuin muut pisteet.

Ylioppilaskylässä koko mittausjakson korkein keskilämpötila oli Nummenrannassa, mihin todennäköisimmin vaikuttaa ympäristön maankäyttö. Pisteiden läheisyydessä on paljon rakennettua ympäristöä, kuten asuinrakennuksia ja päällystettyjä teitä. Piste sijaitsee tasaisella paikalla, mutta lounaispuolella maa viettää jonkin verran alaspäin, minkä seurauksena on siis mahdollista, että viileä ilma laskeutuu pois päin Nummenrannan pisteeltä, ja jättää lämpimämmän ilmamassan pisteen läheisyyteen.

Topografialtaan erityisen kiinnostavia pisteitä ovat Kuuvuori, Portaat ja Kenttä. Nämä kaikki sijaistevät lähellä toisiaan, mutta Kuuvuoren piste on yli 20 metriä korkeammalla, jyrkän mäen huipulla, kun taas Kentän piste sijaitsee tasaisella alueella mäen läheisyydessä, ja Portaiden piste aivan mäen juurella hieman viettävällä alueella. Portaiden piste on noin kaksi metriä korkeammalla kuin Kentän piste. Lämpötilojen kannalta tilanne on mielenkiintoinen, sillä Kuuvuoren ja Portaiden välillä ei esiinny juuri ollenkaan eroa korkeuseroista ja topografiasta huolimatta. Kenttä taas on noin 0,1 °C aiempaa kahta pistettä lämpimämpi. Normaalisti matalalla olevien alueiden lämpötila on viileämpi kuin mäen päällä, mutta tässä tilanteessa se on toisin päin. Kuuvuoren huipulla olevan pisteen matalaan lämpötilaan voi kuitenkin vaikuttaa esimerkiksi se, ettei ympäristössä ole ollenkaan päällystettyjä teitä.

Alueellisesti tarkasteltuna Ylioppilaskylän lämpötiloissa ei ilmene vaihtelua esimerkiksi matalalla ja korkealla sijaitsevien pisteiden välillä. Myöskään lähellä jokea tai kaukana joesta olevissa pisteissä ei esiinny havaittavia alueellisia eroja. Tähän vaikuttaa se, että pisteiden ympäristöt ovat maankäyttömuodoiltaan hyvin vaihtelevia, ja näin lämpötilat eivät reagoi pelkästään korkeuseroihin tai joen läheisyyteen. Kokonaisuudessaan lämpötilavaihtelut olivat korkeimman ja viileimmän alueen välillä noin 0,4 °C, mikä ei ole suuri ero verrattuna Toulousen kaupunginosatasolla 2019 havaittuihin lähes kolmen asteen lämpötilaeroihin tai naapuruston tasolla (400 m x 400 m) havaittuihin kahden asteen eroihin (Masson ym. 2020: 418–419). Toisaalta lähes puoleen asteen lämpötilaero vastaa joidenkin keskileveysasteilla havaittujen lämpösaarekkeiden voimakkuutta.

5.2 Ylioppilaskylä suhteessa keskustan ja maaseudun lämpötiloihin

Kokonaisuudessaan Ylioppilaskylä on alueena viileämpi kuin keskusta, ja lämpimämpi kuin maaseutu. Edes yksittäisten pisteiden tasolla keskilämpötiloissa ei tapahtunut alueittaisia päällekkäisyyksiä. Eli kylmin keskustan piste oli lämpimämpi kuin Ylioppilaskylän lämpimin piste, ja Ylioppilaskylän viilein piste oli lämpimämpi kuin yksikään maaseudun pisteistä. Alueiden sisäisiä eroja verratessa Ylioppilaskylän pisteiden välillä oli suurinta lämpötilavaihtelua. Tämä voi johtua siitä, että havaintopisteitä on yli kolme kertaa enemmän kuin keskustan tai maaseudun alueilla.

Ylioppilaskylän päivittäiset keskilämpötilat olivat keskimäärin noin yhden asteen matalampia kuin keskustassa, ja yhden asteen korkeampia kuin maaseudulla. Erot voimistuvat kylmempinä ajanjaksoina, kuten 30.1.–13.2. Lämpiminä päivinä keskustan, Ylioppilaskylän ja maaseudun lämpötilat vaihtelivat alle yhden asteen haarukalla, mutta kylminä päivinä taas lämpötilat vaihtelivat paikoin yli kahden asteen välillä. Erot alueiden välillä johtuvat todennäköisesti maankäyttömuotojen eroista. Keskusta on ruutukaavaan rakennettua aluetta, jonka lomassa sijaitsee joitain puistoja sekä joki, ja Ylioppilaskylässä on monia erilaisia maankäyttömuotoja, kuten puistoja, asuinalueita, joki sekä pieniä nurmi- ja peltoalueita. Maaseudun pisteiden läheisyydessä taas on lähinnä pelkästään metsää ja peltoja, ja vain vähän infrastruktuuria.

Kylminä kausina lämpötilaerojen voimistuminen johtuu korkeapaineesta, joka luo talvikuukausina erityisen kylmiä lämpötiloja ja selkeät olosuhteet. Tällaisissa sääolosuhteissa erot voimistuvat, koska kaupunkialue ei viilene niin nopeasti kuin ympäröivä maaseutu ja muut vähemmän rakennuksia omaavat alueet (Parker 2009: 1; McClatchey 2017: 243–244). Jos kylmä ajanjakso kestää pitkään, lämpötilaerot kaupungin ja maaseudun välillä kasvavat entisestään.

5.3 Rakennusten vaikutus lämpötiloihin

Tutkimusalueen kolmen määritellyn alueen rakennuskannat eroavat paljon toisistaan. Keskusta on ruutukaavaan rakennettua, ja alueen pisteiden ympäristöstä noin 30–45 % on rakennuksia (Kuva 8). Ylioppilaskylän rakennuskanta on monipuolista, vaikkakin kohtuullisen väljää; noin 10–20 % pisteiden ympäristöstä on rakennuksia. Maaseudulla rakennuksia taas on vähän, noin 0–5 %, ja ne ovat lähinnä omakotitaloja.

Ylioppilaskylän havaintopisteet sijaitsevat rakennuskannaltaan hyvin erilaisissa ympäristöissä, ja tämä vaikuttaa alueen lämpötiloihin monin eri tavoin. Nummenrannassa rakennuksia on eniten suhteessa muihin Ylioppilaskylän pisteisiin. Rakennukset ovat 2000-luvun alussa rakennettuja opiskelija-asuntoja, mutta pisteen keskilämpötila on silti muita Ylioppilaskylän lämpötiloja korkeampi (Turun Ylioppilaskyläsäätiö 2024). Myös Yo-kylä idän ja lännen läheisyydessä on opiskelija-asuntoja, mutta ne ovat vanhempia. Pisteiden lämpötilat ovat kuitenkin hieman viileämpiä kuin Nummenrannassa, vaikka rakennuksia on lähes saman verran ympäristöstä. Vain Kuvuuren ja Kentän pisteiden läheisyydessä on ainoastaan omakotitaloja, mutta niiden lämpötiloissa on kuitenkin suuri ero. Yo-kylän, Portaiden ja Kirkon pisteiden ympäristössä on omakotitalojen lisäksi julkisia rakennuksia, kuten kirkko, kouluja ja päiväkotia. Yo-kylän ja Portaiden keskilämpötilat ovat samat, mutta Kirkon lämpötila taas on jonkin verran korkeampi. Ylioppilaskylän havaintopisteistä viileimmät ovat Jokivarren ja Puiston pisteet, joiden ympäristöstä pienin osa on rakennuksia.

Omakotitaloalueilla on enemmän kasvillisuutta ja ne ovat harvempaan rakennettuja kuin kerrostaloalueet. Tämän vuoksi omakotitaloalueiden pitäisi olla kerrostaloalueita viileämpiä. Paikoin tämä pitää paikkansa havainnoissani, mutta ei kaikissa tapauksissa. Esimerkiksi Idän pisteen ympäristössä on kerrostaloja, mutta se on viileämpi kuin Kentän piste, joka on omakotitaloalueella. Tähän voi kuitenkin vaikuttaa myös rakennusten ikä. Monet Ylioppilaskylän omakotitalot ovat vanhoja puutaloja, minkä vuoksi ne saattavat vuotaa lämpöä ympäristöönsä enemmän kuin kerrostalot.

Analyyseistä käy ilmi, että eri tavalla rakennetut alueet vaikuttavat eri tavoin alueen lämpötiloihin. Koska keskusta on ruutukaavaan rakennettua, alueen lämpötilat ovat selkeästi korkeammat kuin muualla tutkimusalueella. Esimerkiksi Ylioppilaskylän ja keskustan rakennusten osuuksia vertailtaessa keskustassa on selkeästi enemmän rakennuskantaa kuin Ylioppilaskylässä. Tämä taas vaikuttaa keskustan ja Ylioppilaskylän lämpötilojen väliseen eroon (Kuva 8).

Vastaavasti, jos alueella ei ole lähes ollenkaan rakennuksia, lämpötilat ovat huomattavasti matalammat. Tämä ilmenee Ylioppilaskylän ja maaseudun välisistä lämpötilaeroista. Lämpötilojen kannalta on siis merkitystä, kuinka paljon ympäristöstä on rakennuksia.

Tekemistäni lineaarisista regressioanalyyseistä ilmenee, että rakennusten läheisyys vaikuttaa alueen keskilämpötiloihin (Kuva 9 ja 10). Vaikka molemmissa analyyseissä rakennusten vaikutus on suuri, Ylioppilaskylässä rakennusten vaikutus on noin 15 % pienempi kuin koko tutkimusalueella. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että ääriarvojen, eli keskustan ja maaseudun havaintojen lisääminen analyysiin nostaa rakennusten vaikutusta. Rakennusten vaikutus on siis lämpötilojen kannalta sitä korkeampi, mitä suurempia eroja tutkimusalueella on rakennusten määrässä.

5.4 Lämpösaarekeliö talvikaudella 2020–2021

Lämpösaarekeliötä ilmeni suhteellisen tasaisesti koko tarkasteluvälillä talvikautena 2020–2021. Keskustan ja ylioppilaskylän välillä keskimääräinen lämpötilojen ero oli noin yhden asteen verran. Koko talvikauden ajalta mitattujen pistekohtaisten keskilämpötilojen, kuten esimerkiksi Kauppatorin ja Nummenrannan, lämpötilaero oli noin 0,7 °C. Päivittäin tarkasteltuna taas keskustan ja Ylioppilaskylän välinen lämpösaareke oli kuitenkin korkeimmillaan hieman yli 1,5 °C.

Ylioppilaskylän ja maaseudun pisteiden välillä ilmeni myös lämpösaarekettä, joka oli voimakkuudeltaan keskimäärin noin yhden asteen. Koko tarkasteluvälin ajalta mitattujen pistekohtaisten keskilämpötilojen erot olivat myös noin 0,7 °C, kuten Ylioppilaskylän ja keskustankin välillä. Korkeimmillaan Ylioppilaskylän ja maaseudun välinen lämpösaareke on ollut hieman yli yhden asteen.

Kokonaisuudessaan keskustan ja maaseudun pisteiden välillä oleva lämpötilaero on siis ollut keskimäärin noin 2 °C, ja joinain päivinä jopa 2,5 °C. Aiemmin, vuosina 2002–2007 Turussa on mitattu keskimääräisesti noin 1,9 asteen lämpösaareke, jolloin hetkellisesti lämpötilaerot olivat nousseet jopa 10 asteeseen (Suomi 2014: 43). Näihin tuloksiin kuitenkin sisältyy myös muiden vuodenaikojen lämpötiladataa, mitä on tarkasteltu tarkemmin. Suomen tutkimukseen verrattuna havaitsemani Turun lämpösaareke on siis ollut keskimäärin saman vahvuinen. Muualla Suomessa mitattuja lämpösaarekkeita on tutkittu esimerkiksi Oulussa, Rovaniemellä ja Lahdessa (Miles & Esau 2020; Suomi 2018). Havaitsemani Turun lämpösaarekettä on kuitenkin vaikea verrata Lahden saarekkeeseen, sillä Suomi (2018: 24) tarkasteli sitä tutkimuksessaan

lämpötilojen ääriarvoilla, eikä keskiarvoilla. Oulussa ja Rovaniemellä mitatut arvot taas ovat keskimääräisiä lämpötilaeroja, mikä vastaa minun näkökulmaani, ja näin ovat hyvin verrattavissa havaitsemaani lämpösaarekkeeseen (Miles & Esau 2020: 5). Vuosien 2001 ja 2017 välillä mitatun lämpötiladatan mukaan Oulun lämpösaareke on ollut vahvuudeltaan talvisin noin 1–2 astetta, ja Rovaniemellä 1–3 astetta.

Massonin ym. (2020: 418–419) mukaan polaarisisilla alueilla talvisin ilmenevät lämpösaarekkeet ovat noin 1–2 astetta, jossain jopa 5–12 astetta, ja keskileveysasteilla hieman heikompia, noin 0,5–1 astetta. Vaikka Turku ei kuulukaan polaariseen ilmastovyöhykkeeseen, se sijaitsee keskileveysasteiden pohjoisosassa, ja näin muistuttaa lämpösaarekkeen ominaisuuksiltaan myös polaaristen kaupunkien saarekkeita. Monissa polaarisisissa kaupungeissa on kuitenkin ollut Milesin ja Esaun (2020: 5) mukaan keskimääräisesti paljon vahvempiakin talvisia lämpösaarekkeita, kuten Tromssan 3–5,5 °C ja Murmanskin 4–5,5 °C. Eteläisemmästä Euroopasta tarkasteltuna Toulousessa ilmeni vuonna 2019 lämpösaareke, jonka vahvuus oli 4 °C, ja New Yorkissa 8 °C vuonna 2006 (Masson ym. 2020: 418–419; Yang ym. 2016: 12). Nämä saarekkeet ovat kuitenkin paljon voimakkaampia kuin Turussa mitatut keskimääräiset lämpötilaerot.

Kokonaisuudessaan Turussa on ilmentynyt talvena 2020–2021 tyypillisen vahvuinen lämpösaareke verrattuna aiempiin mittaustuloksiin ja muihin samankaltaisiin tutkimuksiin. Ylioppilaskylän ja keskustan, ja Ylioppilaskylän ja maaseudunkin välinen saareke on selkeä, sillä se vastaa voimakkuudeltaan keskileveysasteiden tyypillisiä 0,5–1 asteen saarekkeita. Koko keskusta-maaseutu-tarkasteluakselilla lämpösaareke on siis suhteellisen vahva.

5.5 Ylioppilaskylä ja kaupunki-ilmasto

Urbaanit paikallisilmastovyöhykkeet määrittyvät sen mukaan, kuinka tiheään rakennettuja ja korkeita rakennuksia alueella on (Stewart & Oke 2012: 1884–1885). Vyöhykkeet ovat halkaisijaltaan satojen metrien tai useiden kilometrien kokoisia alueita, jotka ovat yhtenäisiä maankäytön, materiaalien, rakenteen ja ihmistoiminnan kannalta. Rakennetun ympäristön luokkia on yhteensä 10, ja muita maankäyttömuotoja kuvaavat luokat A – G. Muuttuvia maanpinnan ominaisuuksia kuvataan kirjaimilla b (paljaita puita), s (lunta), d (kuiva maa) ja w (märkä maa). Näiden vyöhykkeiden ja niiden ominaisuuksien perusteella luokittelin Ylioppilaskylän paikallisilmastovyöhykkeeseen 5_{bs} , jonka mukaan alueen rakennuskanta on avoimesti rakennettua ja keskikorkeaa, alueella on paljon puita ja maanpinta on lumessa.

Vyöhyke 5 tarkoittaa urbaanissa ympäristössä avointa ja keskikorkeaa eli 3–9-kerroksista rakennuskantaa (Stewart & Oke 2012: 1885–1892). Maanpinta on pääosin päällystettyä, kasvilisuus matalaa ja puita harvassa, ja rakennukset koostuvat betonista, teräksestä, kivistä ja lasista. Ylioppilaskylän rakennetut alueet vastaavat hyvin tätä kuvausta, sillä suurin osa rakennuksista on nelikerroksisia betonikerrostaloja, joiden lomassa on jonkin verran puita ja pensaita. Myös maanpinta on päällystettyä puistoja ja hautausmaata lukuun ottamatta. Kuuvuoren alue taas vastaa parhaiten urbaania ilmastovyöhykettä 6, sillä sen rakennuskanta on avointa ja matalaa. Ympäristöltään ja maankäytöltään vyöhyke 6 on muuten samankaltainen kuin vyöhyke 5, mutta rakennusmateriaalit ovat kevyempiä, kuten puuta ja tiiltä. Tutkielman ajankohdan (talvikausi 2020–2021) näkökulmasta Ylioppilaskylän ympäristö on talvinen, eli puut ovat paljaita ja lunta on voinut välillä olla maassa.

Eldeskoyn ym. (2020: 15–17) mukaan kylmissä ilmastoissa, kuten Turussa, keskimääräiset lämpötilat ovat avoimesti rakennetuilla alueilla matalampia kuin tiheillä alueilla. Tämä vastaa hyvin saamiani tuloksia keskustan ja Ylioppilaskylän lämpötilaeroista. Rakennusten korkeudella taas ei ole vaikutusta, koska ne sijaitsevat väljästi. Avoimien keskikorkeaksi ja matalaksi rakennettujen alueiden lämpösaarekkeetkin ovat saman vahvuisia kuin minun havaitsemani lämpösaarekkeet Ylioppilaskylässä. Rakennukset tekevät kaupunkien maanpinnasta karhean, mikä hidastaa ja kääntää tuulia (Masson ym. 2020: 413–418). Koska Ylioppilaskylä on rakennettu avoimesti, tuulet pääsevät kulkemaan paremmin kuin tiheästi rakennetuilla alueilla, kuten Turun keskustassa. Talvisin lumi vaikuttaa paljon urbaanien alueiden lämpötiloihin, sillä se heijastaa paljon Auringon säteilyä ja vähentää lämmön varastoitumista. Ylioppilaskylässä lumipeite vaikuttaa todennäköisesti enemmän kuin keskustassa, sillä päällystämättömiä ja näin ollen auraamattomia alueita on enemmän.

Ylioppilaskylä ei ole urbaanina alueena erityisen haavoittuvainen lämpötilojen nousua ajatellen, sillä sen pinta-ala tai rakennusten tiheys eivät ole suurien kaupunkien tasolla. Vaikka teitä ja parkkipaikkoja onkin aika tiheästi, kaikki maanpinnat eivät kuitenkaan ole päällystettyjä. Myös puistoja ja rakentamattomia alueita on vielä jonkin verran, mikä on hyvä asia veden ja lämmön haihtumisen kannalta. Kestävä rakentaminen on tärkeää kaupunki-ilmaston kannalta (World Bank 2023), ja mielestäni Ylioppilaskylässä tämä on otettu hyvin huomioon erityisesti uusissa rakennuksissa. Turun Ylioppilaskyläsäätiön mukaan myös vanhoja rakennuksia on remontoitu, jotta Ylioppilaskylästä muodostuu energiatehokas ja kestävä kokonaisuus vuoteen 2029 mennessä (RESPONSE-hanke... 2023).

6 Johtopäätökset

Tämän tutkielman tarkoituksena on kartoittaa Ylioppilaskylän keskilämpötiloja ja niiden alueellisia eroja talvikaudella 2020–2021. Vertailen niitä keskustan ja maaseudun havaintoihin, ja selvitan, vaikuttaako rakennusten läheisyys mittauspisteiden lämpötiloihin. Lisäksi selvitan, ilmeneekö Ylioppilaskylässä lämpösaarekettä suhteessa keskustaan ja maaseutuun.

Tein tuloksista neljä johtopäätöstä, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiini. 1. Ylioppilaskylän 10:n havaintopisteen keskilämpötilojen vertailu osoittaa, että ne eroavat toisistaan, ja alueen sisällä ilmenee lämpötilojen vaihtelua jopa 0,4 asteen verran. 2. Kun vertailin Ylioppilaskylän lämpötiloja keskustan ja maaseudun pisteisiin, havaitsin, että alueiden välillä on selkeä lämpötilaero. Ylioppilaskylä on keskimäärin viileämpi kuin keskusta, ja lämpimämpi kuin maaseutu. 3. Analyysistä lämpötilojen ja rakennusten välisestä suhteesta selvisi, että rakennukset vaikuttavat lämpötilaeroihin Ylioppilaskylän sisällä, ja koko tutkimusalueella voimakkaasti. Pisteiden ympärillä olevat rakennukset eivät kuitenkaan selitä kaikkia lämpötilaeroja. 4. Ylioppilaskylän, keskustan ja maaseudun välisten lämpötilaerojen voimakkuus on niin suuri, että Turun kaupungin alueella on selkeä lämpösaareke. Sekä keskusta-Ylioppilaskylä- että Ylioppilaskylä-maaseutu-akselilla ilmeni lämpösaarekeilmiötä.

Tutkielman lämpötila-aineistossa voi olla epätarkkuuksia, sillä datan keräämiseen tarkoitetuilla mittareilla on virhemarginaali, joka suurenee, kun lämpötilat ovat alle 0 °C. Lisäksi tulokseni eivät vastanneet muiden tutkimusten tuloksia, koska tarkastelin keskilämpötiloja, enkä tarkempaa dataa. Tämän vuoksi tulevaisuudessa Ylioppilaskylän lämpötiloja voisi tutkia kattavammin, esimerkiksi maksimi- ja minimiarvoja tai öiden ja päivien lämpötiloja hyödyntäen. Lisäksi niitä voisi vertailla muihin Ylioppilaskylän ympärillä oleviin pisteisiin, eikä vain keskusta-maaseutu-akselilla. Näin saataisiin tarkempaa tietoa paikallisesta lämpösaarekkeesta ja Ylioppilaskylän ääriämpötiloista. Lämpötilojen muutoksia voisi tutkia myös suhteessa korkeuteen ja veden läheisyyteen rakennusten lisäksi, jolloin saataisiin tarkempaa tietoa tekijöistä, jotka vaikuttavat Ylioppilaskylän lämpötiloihin.

Lähteet

- Barry, R. G. & Blunden, P. D. (2016) *MICROCLIMATE AND LOCAL CLIMATE*. Cambridge University Press, New York.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A. & Wood, E. F. (2018) Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *SCIENTIFIC DATA* Vol. 5:180214.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Deilami, K., Kamruzzaman, Md. & Liu, Y. (2017) Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 67: 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>
- Eldeskoy, A. H. M., Gil, J. & Pont, M. B. (2020) The suitability of the urban local climate zone classification scheme for surface temperature studies in district macroclimate regions. *Urban Climate* 37. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100823>
- Ilmatieteen laitos (2024) Mitä ilmastonmuutos on? Ilmasto-opas.fi. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmasto-ja-ilmastojarjestelma> 10.3.2024
- Kirker, A. N. & Toran, L. (2023) When impervious cover doesn't predict urban runoff: lessons from distributed overland flow modeling. *Journal of Hydrology* 621.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129539>
- Lockwood, J. G. (2017) Atmospheric processes. Teoksessa Holden, J. (toim.): *An Introduction to Physical Geography and the Environment*, 137–139. Pearson, Harlow.
- Maanmittauslaitos (2024) Pinta-alat kunnittain. Maanmittauslaitos 1.1.2024
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/organisaatio/tilastot>
 18.4.2024
- Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J. & Voogt, J. (2020) Urban Climates and Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources* 45: 411–444.
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>
- McClatchey, J. (2017) Regional and local climates. Teoksessa Holden, J. (toim.): *An Introduction to Physical Geography and the Environment*, 243–244. Pearson, Harlow.
- Miles, V. & Esau, I. (2019) Surface urban heat islands in 57 cities across different climates in northern Fennoscandia. *Urban Climate* 31. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100575>
- Parker, D. E. (2009) Urban heat island effects on estimates of observed climate change. *WIRES Climate Change* 1(1) 123–133. <https://doi.org/10.1002/wcc.21>

- RESPONSE (2020) RESPONSE – Integroiduilla ratkaisuilla kohti energiapositiivisia asuin-
alueita ja kestäviä kaupunkeja. Turku.fi 26.10.2020 [https://www.turku.fi/uuti-
nen/2020-10-26_response-integroiduilla-ratkaisuilla-kohti-energiapositiivisia-asuin-
alueita-ja](https://www.turku.fi/uutinen/2020-10-26_response-integroiduilla-ratkaisuilla-kohti-energiapositiivisia-asuin-
alueita-ja) 15.4.2024
- Stewart, I. D. & Oke, T. R. (2012) LOCAL CLIMATE ZONES FOR URBAN
TEMPERATURE STUDIES. American Meteorological Society, May 2012: 1879–
1900.
- Suomi, J. (2014) CHARACTERISTICS OF URBAN HEAT ISLAND (UHI) IN A HIGH-
LATITUDE COASTAL CITY – A CASE STUDY OF TURKU, SW FINLAND. Tu-
run Yliopiston julkaisuja A II.
- Suomi, J. (2018) Extreme temperature differences in the city of Lahti, southern Finland: In-
tensity, seasonality and environmental drivers. *Weather and Climate Extremes* 19: 20–
28. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.001>
- Suomi, J. & Käyhkö, J. (2012) The impact of environmental factors on urban temperature va-
riability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*
32. <https://doi.org/10.1002/joc.2277>
- Suomi, J., Hjort, J. & Käyhkö, J. (2012) Effects of scale on modelling the urban heat island in
Turku, SW Finland. *Climate Research* Vol. 55: 105–118. [https://doi.org/
10.3354/cr01123](https://doi.org/10.3354/cr01123)
- Trenberth, K. E. & Stepaniak, D. P. (2004) The flow of energy through the earth’s climate
system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 130: 2677–2701.
<https://doi.org/10.1256/qj.04.83>
- TURCLIM (2022) Turku Urban Climate Research Group (TURCLIM). Turun yliopisto 2022
<https://sites.utu.fi/turclim/> 20.4.2024
- Turun Ylioppilaskyläsäätiö (2023) RESPONSE-hanke – Remontilla energiatehokkaampia
asuntoja. TYS 1.3.2023. [https://tys.fi/response-hanke-remontilla-energiatehokkaam-
pia-asuntoja](https://tys.fi/response-hanke-remontilla-energiatehokkaam-
pia-asuntoja) 6.5.2024
- Turun Ylioppilaskyläsäätiö (2024) Turun Ylioppilaskylän kohteet. TYS 2024. [https://tys-
markkinointihaku.etampuuuri.fi/](https://tys-
markkinointihaku.etampuuuri.fi/) 13.4.2024
- Väestöliitto (2020) Kestävän väestönkehityksen Suomi. [https://www.vaestoliitto.fi/verkkojul-
kaisut/kestavan-vaestonkehityksen-suomi/#publication-content](https://www.vaestoliitto.fi/verkkojul-
kaisut/kestavan-vaestonkehityksen-suomi/#publication-content) 5.4.2024
- World Bank (2023) Urban Development. The World Bank 3.4.2023 [https://www.world-
bank.org/en/topic/urbandevelopment/overview](https://www.world-
bank.org/en/topic/urbandevelopment/overview) 5.4.2024

Yang, L., Qian, F., Song, D.-X. & Zheng, K.-J. (2016) Research on urban Heat-island Effect. *Procedia Engineering* 169: 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.002>