



Euroopan unionin
osarahoittama



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Kanta-Hämeen rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutokseen (ILMARA)

Rakennetun ympäristön kaupunkimittakaavan kuvantaminen (TP5)

Katja Virtanen

Vesa Vuorinen

HAMK Rakennettu ympäristö



Sisältö

1. Työpaketti 5:n tavoite

2. Lämpökamerakuvaus

2.1. Lennätykset

2.2. Lämpösaarekeilmiö

2.3. Vaikutukset mikroilmastoon

2.4. Tulosten yhteenveto

3. Laserkeilaus

3.1. Aineiston tarkastelu

3.2. Tulosten yhteenveto

Liitteet:

Liite 1. Lämpökamerakuvausten tulosten perusteella syntynyt tarkistuslista

Liite 2. Pistepilvimallin tarkasteluun käytettyjen ohjelmien ominaisuudet



1. Työpaketti 5:n tavoite

ILMARA-hankkeen työpaketissa 5 (TP5) haluttiin lämpökamerakuvauksella selvittää, miten lämpökameran tuottamasta kuvamateriaalista voi havaita kaupunkiympäristön ilmastovaikutuksia, ja voidaanko droonikuvauksella todentaa lämpösaarekeilmiötä Riihimäen kokoisessa kaupungissa. Jo ennen lentoja todettiin, että tulokset tulevat olemaan ainoastaan suuntaa antavia, sillä ilmiön kokonaisvaltainen havainnointi edellyttäisi myös ympäröivän maaseudun mittauksia. Tehokkaampaa ja pitkäaikaisempaa seurantaa voisi saada kiinteillä lämpömittareilla, jotka mahdollistaisivat tiedonkeruun eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Droonit soveltuvat kuitenkin hyvin mikroilmaston tarkasteluun ja voivat täydentää muuta mittausdataa.

Lämpökuvien analysointi tarjoaa arvokasta tietoa alueiden lämpötiloista. Vertailemalla erityyppisiä alueita voidaan arvioida, miten kasvillisuus, läpäisevät pinnat ja läpäisemättömät pinnat vaikuttavat lämpötilaan. Lisäksi yksittäisellä alueella voidaan tunnistaa mikroilmastollisia eroja ja arvioida niiden taustalla olevia tekijöitä.

Työpaketissa 5 selvitettiin myös, miten DJI L2 -laserkeilaimella tuotettua pistepilviaineistoa voi hyödyntää maaston kaltevuuden, veden luonnollisten kulkureittien ja mahdollisten tulvavaara-alueiden kartoitukseen.



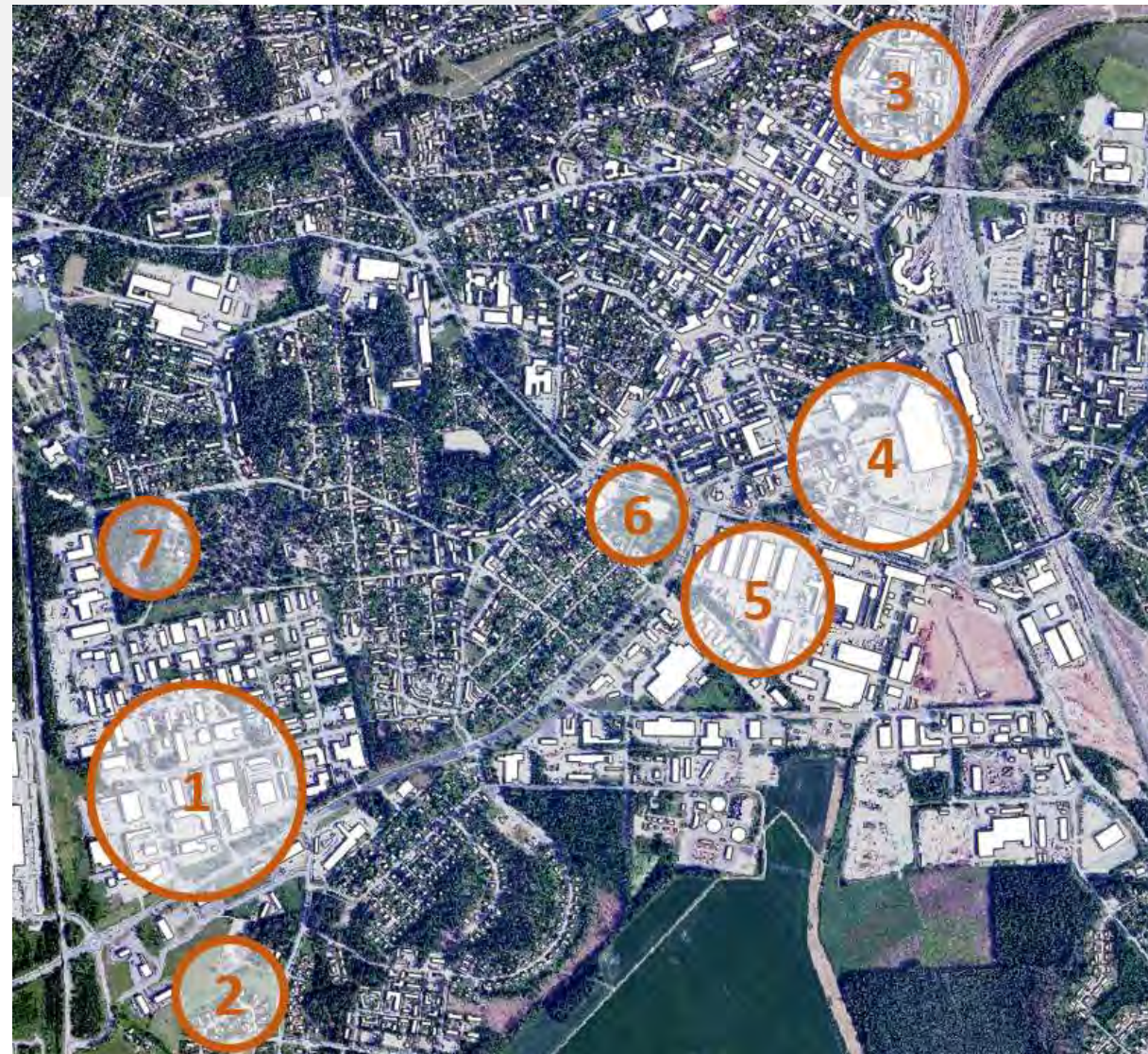
2. Lämpökamerakuvaus

Riihimäen alueelta pyrittiin tunnistamaan erityyppisiä alueita, joita vertailemalla saataisiin tuotua esille mikroilmastoon vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi alueiden valintaan ja kuvaussuuntiin vaikutti droonin lennättämiseen liittyvät rajoitukset.

Ennakkoon pyrittiin alueilta lisäksi poimimaan asioita, mitkä oletettavasti vaikuttaisivat mikroilmastoon: kasvillisuuden läheisyys ja kasvillisuuden varjostavaa vaikutus, rakennusten muodon ja suunnan vaihtelu, värin ja materiaalin vaikutus rakenteissa ja pinnoitteissa, kasvillisuuden koko ja määrä sekä läpäisemättömän pinnan määrä.

Tarkasteluun valitut kuvauskohteet:

1. Teollisuusalue (Mattila)
2. Pientalokortteli (Myllykatu)
3. Kerrostalopiha (Oikokatu)
4. Kaupan alue (Prisma ja Power)
5. Varastoalue (Versowood Oy)
6. Puistoalue (Palomiehenpuisto)
7. Puustoinen alue (Riihimäen hautausmaa)





2.1. Lennätykset

TP5 käyttöön saatiin HAMKin rakennustekniikan koulutuksen omistama DJI Mavic 3T-drooni. Mavic 3 on DJI:n Enterprise-sarjan drooni, joka on tarkoitettu ammattikäyttöön mm. pelastustoimen, maastonmittauksen ja tutkimuksen tarpeisiin. 3T on laitteen Thermal-versio, joka on varustettu lämpökameralla.

Lennätykset suoritettiin kahtena eri päivänä kolmena vuorokaudenaikana: aamupäivällä, keskipäivällä ja iltapäivällä. Lennätyspäivistä ensimmäinen (30.8.2024) oli selkeä ja helteinen. Toinen lennätyspäivä (3.9.2024) oli pilvinen, aamulla utuinen. Taulukkoon 1 on koottu kuvauspäivien säätietoja Ilmatieteen laitoksen avoimesta aineistosta. Kumpanakaan päivänä ei ollut merkittävää tuulta. Aineisto on suuntaa antava, sillä Riihimäellä ei sijaitse omaa sääasemaa.

Selkeän päivän lennätysten ajankohdat olivat aamupäivällä noin klo 8:30-9:30, keskipäivällä klo 12-13 ja iltapäivällä klo 16-17. Pilvisen päivän lennätys aloitettiin hieman myöhemmin aamupäivän osalta, koska aamu oli sumuinen. Vastaavat ajankohdat lennätyksille olivat klo 9-10, klo 12-13 ja klo 16-17. Taulukossa 2 on esitetty ilman lämpötilan keskiarvo kuvaushetkinä. Kyseessä on Ilmatieteen laitoksen Hyvinkään mittausaseman aineistoista lasketut keskiarvot ja tulos on esitetty asteen tarkkuudella.

Taulukko 1. Hyvinkään mittausaseman tilastoja mittauspäivien ja niitä edeltävien päivien vuorokauden keskilämpötiloista ja säätiedoista. Hyvinkäällä on lähin Ilmatieteenlaitoksen mittausasema. Mittauspäivien tiedot on korostettu. *Riihimäellä sää oli pilvinen. (Ilmatieteen laitos)

Päivä	Ilman lämpötila keskiarvo [°C]	Pilvisyys	Vallitseva sää	Tuulen suunta	Keskituulen nopeus
27.8.2024	16,3	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
28.8.2024	16,5	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
29.8.2024	16,1	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
30.8.2024	18,9	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
31.8.2024	15,8	Melko selkeää (3/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
1.9.2024	12,8	Melko pilvistä (7/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
2.9.2024	14,5	Melko pilvistä (7/8)	Heikkoja vesikuuroja	-	-
3.9.2024	16,3	Melko selkeää (2/8)*	Utua	-	-

Taulukko 2. Mittauspäivien ilman keskilämpötilat mittauslentojen aikana. (Ilmatieteen laitos)

Mittausajankohta	Ilman lämpötila keskiarvo [°C] 30.08.2024	Ilman lämpötila keskiarvo [°C] 03.09.2024
Aamupäivä	18	16
Keskipäivä	24	18
Iltapäivä	26	19

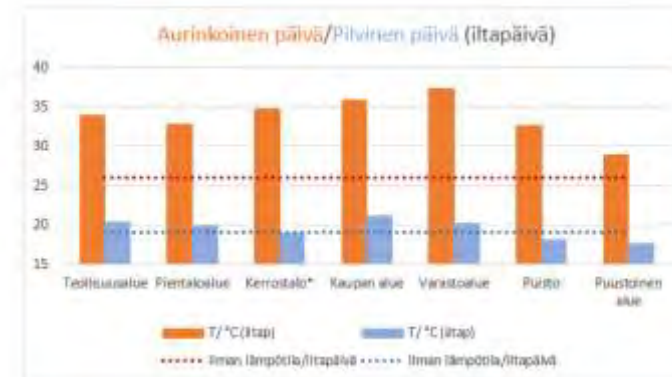
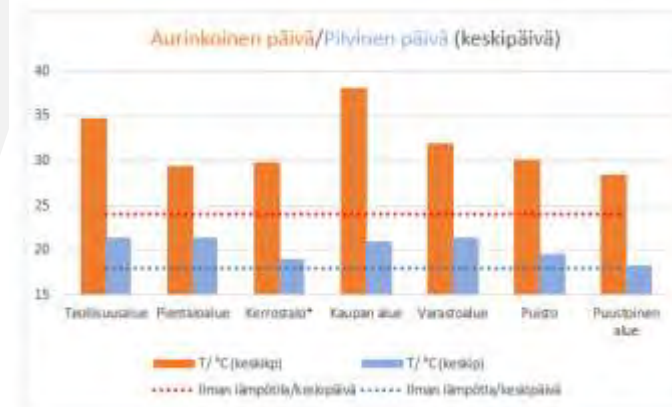
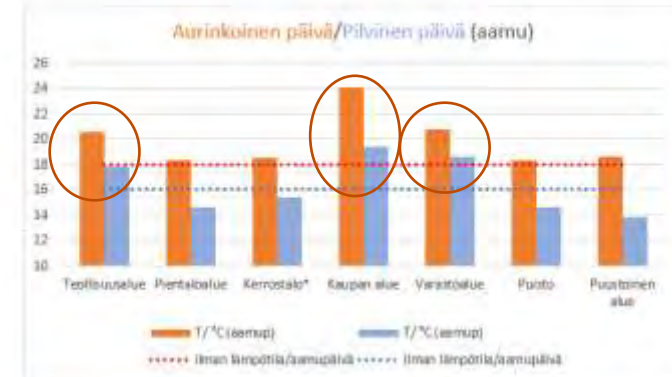


2.2. Lämpösaarekeilmiö

Thermal Analysis -työkalulla pyrittiin ottamaan jokaisesta osa-alueesta mahdollisimman hyvin aluetta edustava kuvakaappaus, jotta alueiden lämpötilakeskiarvo voitiin määrittää aamupäivän, keskipäivän ja iltapäivän tilanteissa. Ilman keskilämpötilana käytettiin Hyvinkään mittausaseman lämpötilatietoja. Kerrostalo-kohteen kuvat on otettu yhdestä pihasta, mikä saattaa osin vääristää tuloksia, koska muissa aluetypeissa lämpötilakeskiarvo on määritetty laajemmalla alueella. Mikäli kuvakaappauksen sisälle osui selkeästi poikkeava lämpötila, keskiarvo otettiin useammasta kuvakaappauksesta. Yksittäinen eliminoitu lämpötila saattoi esimerkiksi johtua ajoneuvosta valinta-alueella, mikä vääristäisi tulosta.

Viereisissä kaavioissa on esitetty osa-alueiden keskilämpötilat eri mittausaikoina. Aamun kuvaajasta on mahdollisesti parhaiten havaittavissa lämpösaarekeilmiö. Teollisuusalueella, kauppa-alueella ja varastoalueella on paljon kovia pintoja ja lämpöä varaavia materiaaleja, mikä nostaa näiden alueiden keskilämpötilaa huomattavasti ilman keskilämpötilan yläpuolelle myös pilvisenä päivänä.

Keskipäivän ja iltapäivän kuvaajissa näkyy selkeästi suoran auringonpaisteen vaikutus lämpötiloihin. Alueilla, joilla kovien pintojen osuus on suhteellisesti suurempi, on myös korkeampi keskilämpötila.





Euroopan unionin
osarahoittama



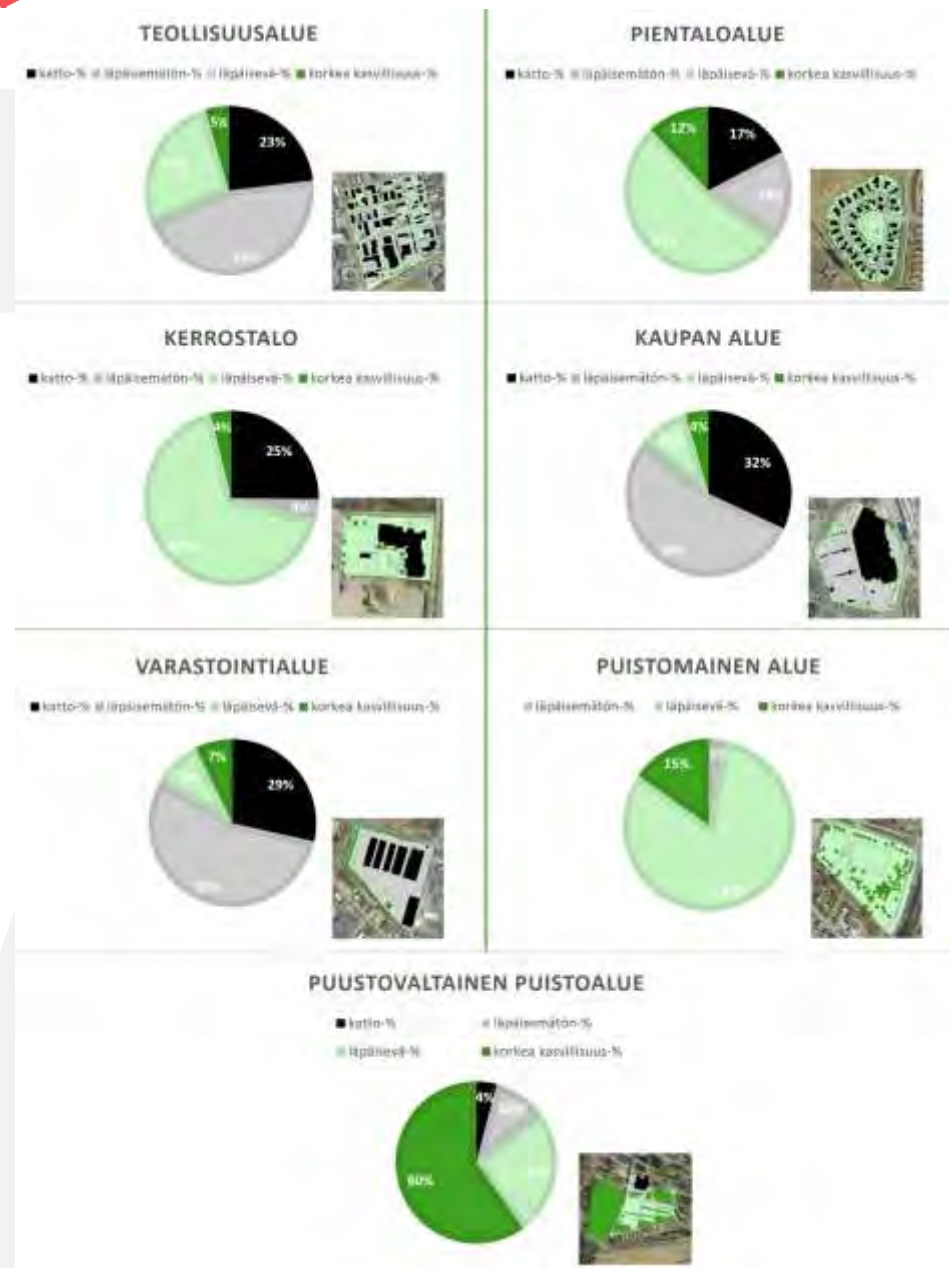
HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Alueista tarkasteltiin ilmakuvan perusteella neljää erilaista maanpeitettä:

- Katto
- läpäisemätön pinnoite (asfalttialueet ja kiveys)
- läpäisevä pinnoite (nurmialueet, sorapeitteiset alueet, matala kasvillisuus)
- korkea kasvillisuus (puut ja pensaat).

Alueet piirrettiin eri väripinnoilla Qgis-ohjelmassa. Tämän jälkeen kustakin maanpeitteestä laskettiin pinta-alat aluekohtaisesti ja niitä verrattiin rajatun alueen kokonaispinta-alaan.

Alueiden suhteellisia pinta-aloja verrattiin lämpökameratarkastelussa saatuihin alueiden lämpötilakeskiarvoihin sekä aurinkoisena että pilvisenä päivänä.

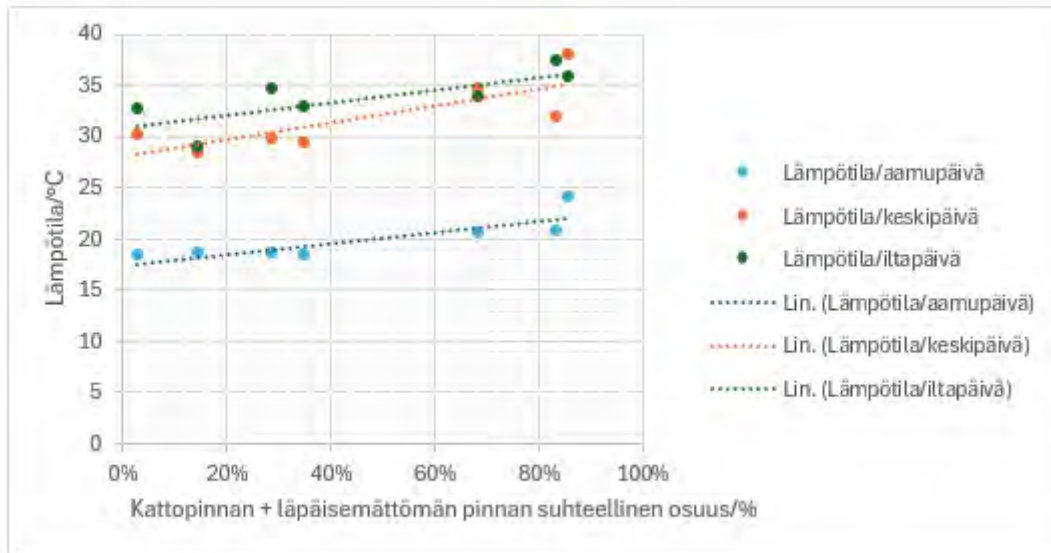




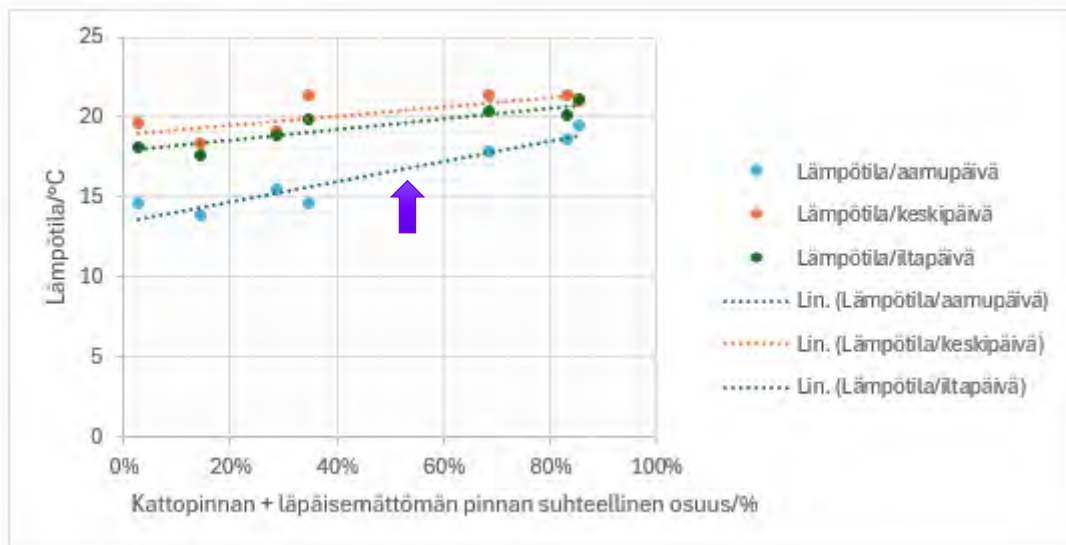
Aamupäivän lämpötilat ovat selkeästi alhaisempia aurinkoisena aamuna kuin keskipäivän ja iltapäivän lämpötilat (Kaavio 1). Lämpöisemmän pinnan (katto+lämpöisemmän pintoite) ja lämpötilan välillä on positiivinen korrelaatio eli mitä suurempi suhteellinen pinta-ala lämpöisemmältä pintaa sitä lämpimämpää alueella myös on.

Sama korrelaatio on näkyvissä pilvisen päivän mittauksissa (Kaavio 2.), mutta mielenkiintoinen ero on aamupäivän lämpötilan kuvaajassa: kuvaaja on jyrkempi kuin keskipäivän ja iltapäivän kuvaajat. Tämä johtune pinnoite- ja rakennusmateriaaleihin varastoituneesta lämmöstä, joka ei yön aikana ole ehtinyt tasaantua. Keskipäivän ja iltapäivän osalta lämpötilat ovat ehtineet tasaantua, jolloin käyrät ovat lähes yhdensuuntaiset.

Lämpösaarekeilmiö on erityisesti havaittavissa yöllä, koska pintoihin päivän mittaan varautunut lämpö vapautuu. Aurinkoisina päivinä kuvatut lämpötilat ja niistä saadut käyrät ovat keskenään lähes yhdensuuntaisia aamu-, keski- ja iltapäivän osalta. Tämä selittyy sillä, että aurinko lämmittää voimakkaasti pintoja jo aamulla, jolloin varastoituneella lämmöllä ei ole vaikutusta.



Kaavio 1. Kattopinnan ja lämpöisemmän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.



Kaavio 2. Kattopinnan ja lämpöisemmän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.

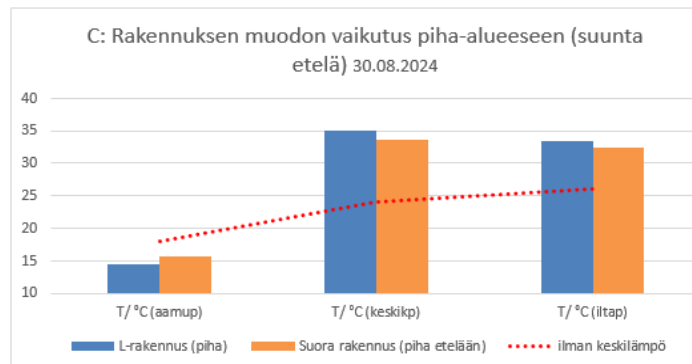
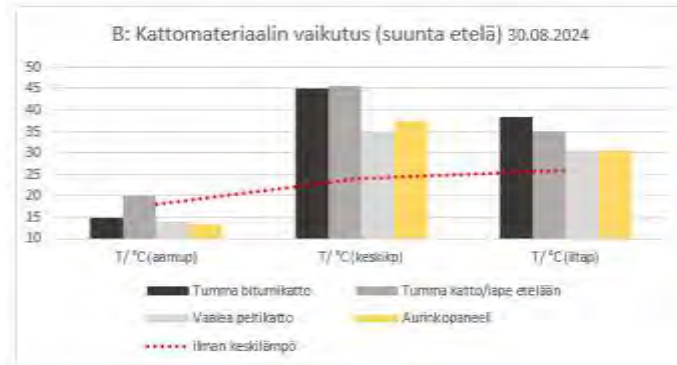
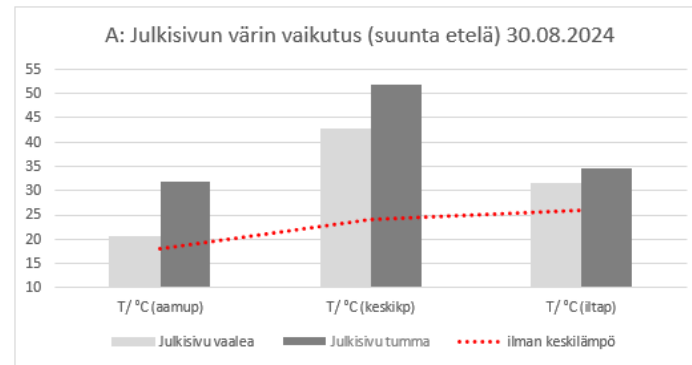


2.3. Mikroilmasto

Seitsemää ennalta määriteltyä aluetta tarkasteltiin myös aluekohtaisesti, jolloin voitiin selvittää, miten esimerkiksi rakennusten muoto, värit, materiaalit ja erilaiset kasvillisuusalueet vaikuttavat lämpötilaan.

Teollisuusalue

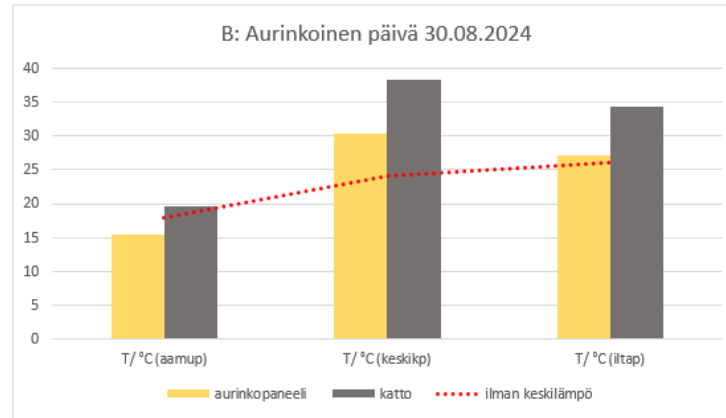
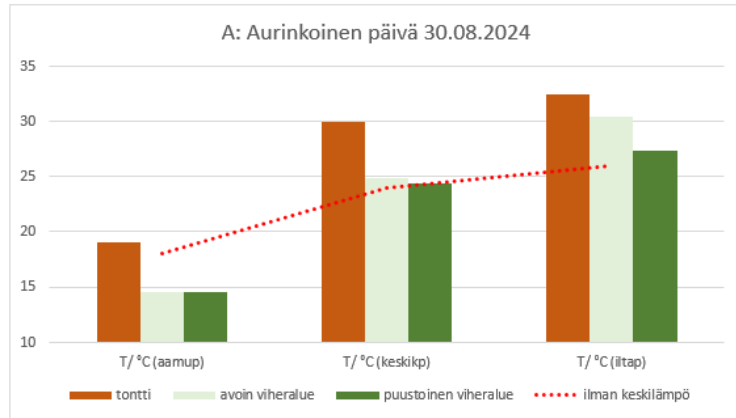
Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)





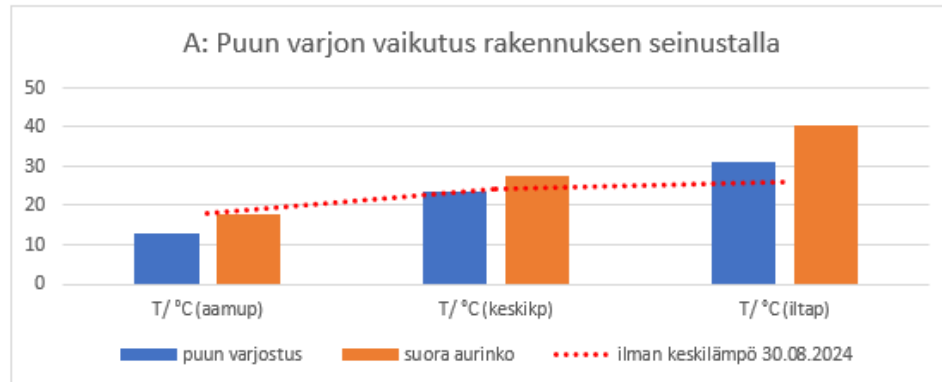
Pientaloalue

Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)



Kerrostalo

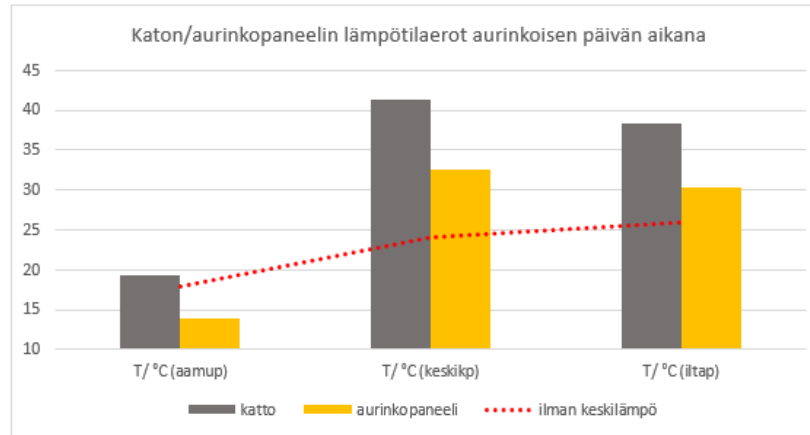
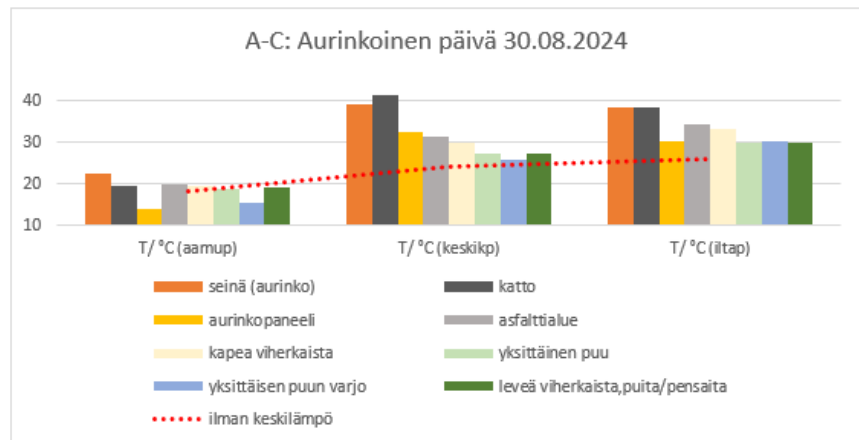
Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)





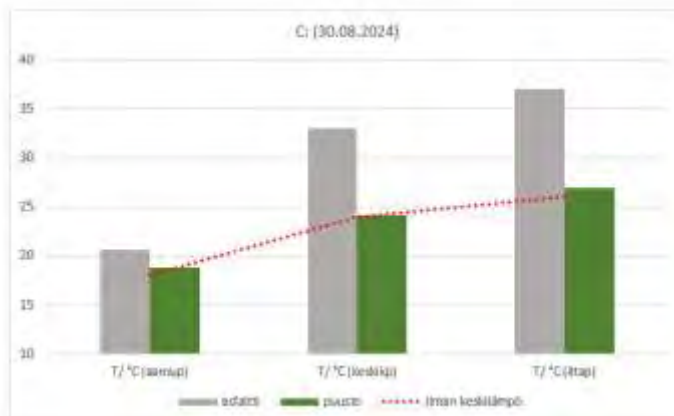
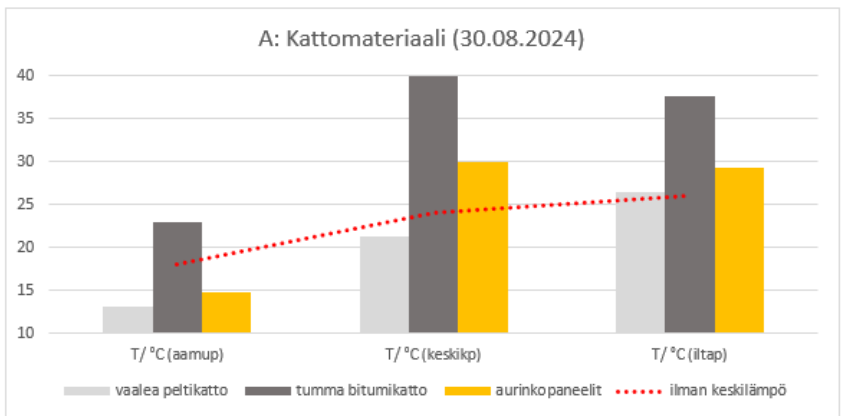
Kaupan alue

Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)



Varastoalue

Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)





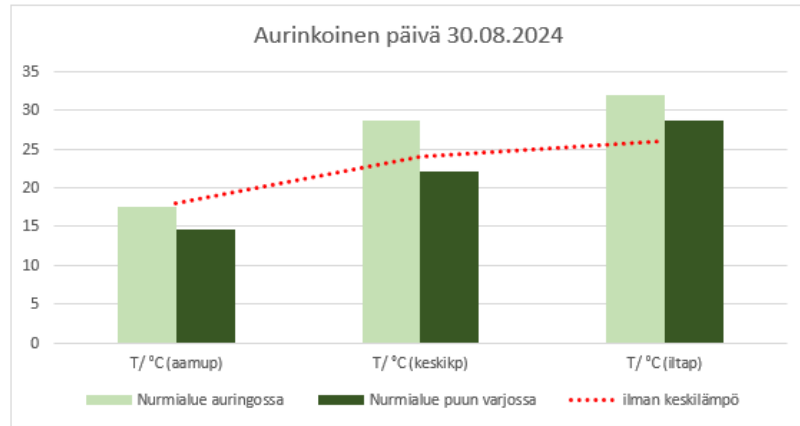
**Euroopan unionin
osarahoittama**



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

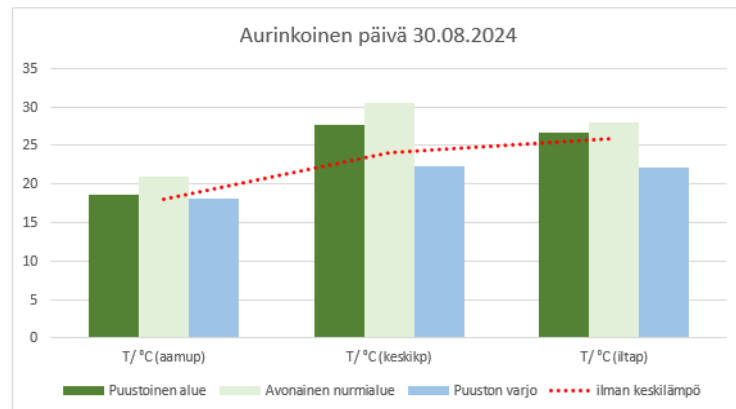
Puistomainen alue

Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)



Puustovaltainen puistoalue

Esimerkkikuvaajia (lisää kuvaajia löytyy laajemmasta TP5 -lämpökamerakuvausraportista)





2.4. Tulosten yhteenveto

Aluetyypien 1-7 keskinäisessä vertailussa lämpökameratarkastelussa saatiin seuraavia tuloksia:

- Lämpisemättömillä pinnoitteilla (asfaltti, kiveys, katto) on aluetta lämmittävä vaikutus
- Kasvillisuudella on aluetta viilentävä vaikutus
- Lämpisevillä pinnoitteilla (nurmialueet, sora) on aluetta viilentävä vaikutus

Lämpisemättömien pintojen hallitsevat alueet (teollisuusalue, kaupan alue, varastoalue) olivat selvästi lämpimämpiä kuin muut alueet. Tämä ilmiö korostui erityisesti aamupäivän mittauksissa, sillä kyseiset alueet olivat jo varhain päivän aikana ympäröivää ilmaa lämpimämpiä.

Lisäksi eri aluetyypeiltä määritettiin numeerista pinta-alatietoa, jota verrattiin saatuihin lämpötilamittauksiin. Kustakin alueesta laskettiin pinta-alat erikseen lämpisemättömille pinnoille (asfaltti, betonikiveys), katoille, lämpiseville pinnoille (nurmialueet, matala kasvillisuus) sekä korkealle kasvillisuudelle (puut, pensaat). Näin saatiin määritettyä aluekohtaiset suhteelliset pinta-alajakaumat eri maanpeitteistä, joita vertailtiin alueiden keskilämpötiloihin aamupäivällä, keskipäivällä ja iltapäivällä. Erityisesti aamupäivän mittaukset osoittivat, että lämpö varastoituu materiaaleihin, kuten lämpisemättömiin pintoihin ja rakennuksiin. Alueilla, joilla lämpisemättömän pinnan osuus on suuri, lämpötilat ovat jo aamupäivällä selvästi ilman keskilämpötilaa korkeampia.

Aluekohtaisissa tarkasteluissa saatiin seuraavia tuloksia:

- Varjostava kasvillisuus rakennuksen lähellä viilentää
- Puut ja pensaat viilentävät tehokkaammin kuin nurmipintaiset kasvillisuusalueet
- Nurmialueet/kasvipeitteiset alueet viileämpiä kuin asfaltti-/kiveyspinnat
- Isompi/leveämpi viherkaista viilentää paremmin kuin vastaava kapea viherkaista
- Rakennuksen suuntaus ja muoto vaikuttaa lämpötilaan
- Materiaali
 - vaaleat pinnat viileämpiä
 - aurinkopaneeli (tummaan) kattomateriaaliin verrattuna huomattavasti viileämpi

Kaikilla tutkituilla alueilla havaittiin, että puusto ja pensaskasvillisuus ovat viileämpiä kuin nurmialueet, sora-alueet tai lämpisemättömät pinnat. Puut ja korkea kasvillisuus viilentävät ensisijaisesti varjostamalla ja toissijaisesti haihduttamalla. Nurmialueet puolestaan ovat viileämpiä kuin asfaltti, betonikiveys ja kivituhka. Mitä laajempi ja yhtenäisempi kasvillisuusalue on, sitä tehokkaammin se viilentää ympäristöään.

Rakennuksen suuntauksella ja muodolla havaittiin pieni ero lämpötilaan. L-muotoinen rakennuksen edusta, jonka piha avautui etelään ja länteen oli hieman lämpimämpi kuin vastaava suora rakennus. Tarkempia arvoja kannattaisi mitata lähempänä rakennusta, jolloin saataisiin yksityiskohtaisempaa tietoa.

Myös värillä oli merkittävä vaikutus: tummat pinnat ovat selvästi lämpimämpiä kuin vaaleat. Tämä näkyi sekä rakennusten katoilla ja seinissä että pinnoitteissa – esimerkiksi tumma kivituhkapinta oli lämpimämpi kuin vaalea betonikiveys. Yllättävä havainto oli, että tummat aurinkopaneelit olivat huomattavasti viileämpiä kuin tummat kattomateriaalit. Tämä ilmiö ei selity pelkästään teollisuusalueiden tummilla bitumikatoilla, sillä samanlainen tulos havaittiin myös pientaloalueella. Ilmakuvien perusteella pientaloalueen katot olivat pääasiassa pelti- tai tiilikattoja.



3. Laserkeilaus

ILMARA-hankkeessa HAMK Oy hankki käyttöönsä DJI Matrice 350 RTK -droonin sekä DJI L2-laserkeilaimen. Näiden avulla voidaan toteuttaa tarkkaa ja tehokasta kaukokartoitusta. Laserkeilaimen tuottamat pistepilvet sisältävät kolmiulotteisten XYZ-koordinaattien lisäksi tietoa esimerkiksi väristä ja luokittelusta, kuten maanpinnan, kasvillisuuden tai rakennusten tunnistamisesta.

DJI L2 -laserkeilaimella tuotettu pistepilviaineisto mahdollistaa erittäin tarkan, muutaman senttimetrin tarkkuudella toteutettavan maastomallinnuksen. Tällaisen aineiston perusteella voidaan muodostaa digitaalisia korkeusmalleja (DEM), joiden avulla voidaan analysoida esimerkiksi maaston kaltevuutta, veden luonnollisia kulkureittejä ja mahdollisia tulvavaara-alueita.

Tässä raportissa käsitellään DJI Terra-, Vectorworks Landmark- ja Twinmotion-ohjelmistojen käyttöä pistepilviaineiston käsittelyssä, analysoinnissa ja visualisoinnissa. ILMARA-hankkeen yhteydessä pistepilviaineistoa hyödynnettiin taloyhtiön piha-alueen ja puistoalueen hulevesien liikkeiden tarkastelussa.

ILMARA-hankkeessa HAMK haki Traficomilta toimintalupaa erityinen kategoriaan. Toimintatavan luomiseen ja asiakirjojen valmisteluun hakemuksineen kului aikaa yli kaksi sataa tuntia, joka jakautui usealle kuukaudelle. Käsittelyaika Traficomissa oli viisi kuukautta. Toimintalupa saatiin 28.10.2024 määräajaksi, joka päättyy 2027. EASA on päivittämässä riskinarvioinnin tapaa SORA 2:sta SORA 2.5:een, jolloin toimintalupaa uudistettaessa riskinarviointi tulee olemaan vielä yksityiskohtaisempaa.





3.1. Aineiston tarkastelu

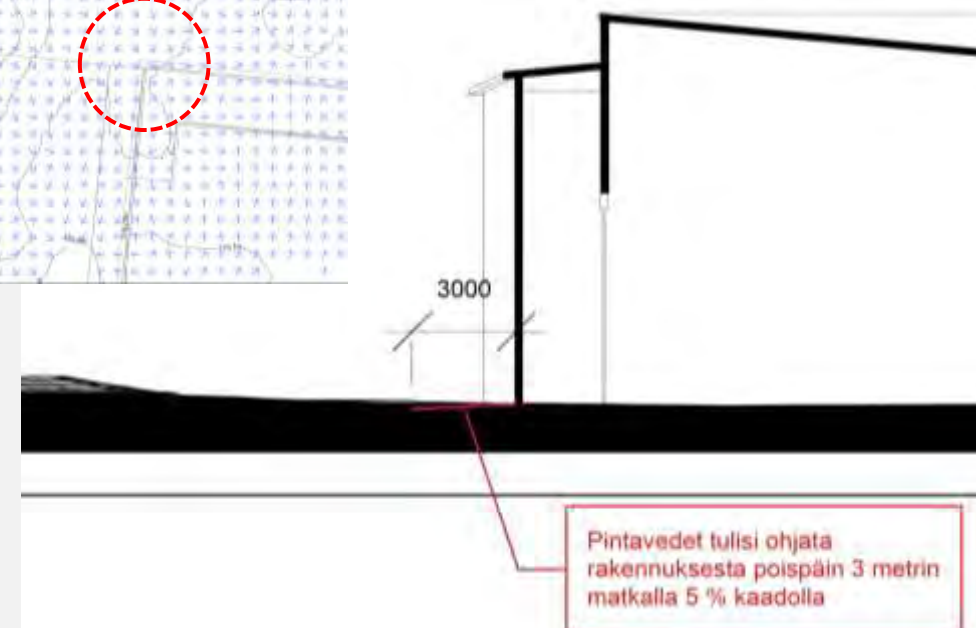
Riihimäellä laserkeilattiin kaksi kohdetta 15.11.2024: Taloyhtiön piha-alue (Oikokatu 21) ja Palomiehenpuisto.

Ensimmäinen kuvauskohde oli taloyhtiön piha-alue Riihimäellä. Pistepilven tarkkuus antaa hyvän pohja-aineiston tonttitasoiseen hulevesitarkasteluun. Pistepilviaineisto ja korkeuskäyrät tuotiin Vectorworks Landmark -ohjelmistoon, jossa aineistosta tehtiin maastomalli ja mallinnettiin piha-alue rakennuksineen ja kasvillisuusalueineen.

Koska maastomallissa on mahdollista havainnollistaa pintavesien valumissuuntia, ongelma-kohdat löytyivät nopeasti. Nuolet osoittivat kohti rakennuksen länsiseinää. Kun nuolien etäisyys asetettiin 1 metrin ruutuihin, saatiin yksityiskohtaisempaa tietoa ja ongelma-kohdaksi hulevesien kannalta osoittautui erityisesti rakennuksen luoteisnurkka. ILMARA -hankkeessa on tutkittu TP1:n yhteydessä saman taloyhtiön seinälämpötiloja ja länsi-päädyn seinässä on ollut lämpötilamittausten perusteella viitteitä kosteusongelmasta. Pintavesien ohjautuminen luoteisnurkkaan saattaa olla yksi kosteutta aiheuttava tekijä.

Ongelmakohdasta otettiin myös leikkauskuva, josta nähtiin luoteiskulman maanpinnan kallistus tarkemmin. Tulosten perusteella voidaan ohjeistaa kiinnittämään huomiota maanpinnan kallistuksiin lähellä rakennusta ja huolehtimaan muutenkin kuivatuksesta esimerkiksi riittävällä salaojituksella.

Lisää kuvamateriaalia löytyy laajemmasta TP5 -laserkeilausraportista.





Euroopan unionin
osarahoittama



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Toinen kuvauskohde oli Palomiehenpuisto Riihimäen keskustassa. Pistepilviaineisto ja korkeuskäyrät tuotiin Vectorworks Landmark-ohjelmistoon, jossa aineistosta tehtiin maastomalli. Tässä kohteessa kokeiltiin, miten maastomallilla ja pistepilvellä voitaisiin havainnollistaa tulvatilannetta ja tulvareittejä.

Myös Twinmotionilla voidaan tehdä tulvatarkastelua, mutta koska malli ei mene koordinaateille, niin tarkastelu on ainoastaan visuaalista.



Kuvasarja tulvatilannemallinnuksesta Palomiehenpuiston läpi menevän ojan täyttyessä. Tarkastelua tehtiin vedenpinnan vaihtelulla +107.10 - +109.10.

Lisää kuvamateriaalia löytyy laajemmasta TP5 -laserkeilausraportista.



Palomiehenpuiston kenttäalueen puoleinen tulvatarkastelu (Vectorworks)



Tulvatarkastelu Twinmotion-ohjelmassa. Vedenpinnan todellinen korkeus ei ole saatavissa, koska malli ei ole korkeustason suhteen koordinaatistossa.



Mallinnuksia verrattiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Tulvakeskuksen yleiseen hulevesitulvakarttaan ja tulokset olivat hyvin samankaltaisia. Pelkästään maaston pinnanmuotoihin perustuvassa tarkastelussa ei pysty kuitenkaan huomioimaan maaperän veden läpäisevyyttä eikä sadevesikaivojen vastaanottokykyä, joten tarkastelu ei ole kattava. Pistepilviaineisto soveltuu kuitenkin hyvin vesien liikkeiden tarkasteluun ja voi olla apuna tulvareittien ja viivytyspainanteiden suunnittelussa.



Myös Tulvakeskuksen yleisen hulevesitulvakartan mukaan Oikokadun kiinteistön länsipäätyyn ja lounaiskulmaan kohdistuu tulvimisriski. (Syke)



Palomiehenpuiston kenttäalueen puoleinen tulvatarkastelu Tulvakeskuksen yleiseen hulevesitulvakartan mukaan. (Syke)



3.2. Tulosten yhteenveto

Laserkeilaus on tehokas tapa kerätä ja analysoida tarkkaa ja luotettavaa tietoa alueen korkeuseroista, maastonmuodoista, kasvillisuudesta ja rakenteista. Vaikka laserkeilaimen ja droonin yhteishankinta on suuri alkuinvestointi ja lennättäminen vaatii erityistaitoja ja -lupia, menetelmä parantaa kustannustehokkuutta pitkällä aikavälillä nopeamman aineistonkeruun ansiosta.

Laserkeilaus vähentää maastokäyntien tarvetta ja säästää myös näin resursseja. Laserkeilauksen perusteella luodut digitaaliset maastomallit auttavat ymmärtämään alueen korkeuseroja ja maastonmuotoja ja helpottaa miettimään suunnitteluratkaisuja esimerkiksi esteettömien reittien suunnitteluun sekä hulevesien ohjaukseen ja hallintamenetelmiin.

Ongelmakohdat pystyy havainnoimaan nopeasti, koska maastomallista nähdään veden liikkeet tontilla. Keilausdataa voidaan myös käyttää arvioimaan alueen kasvillisuuden vaikutusta mikroilmastoon ja varjostukseen. Pistepilvimallin perusteella voidaan tarkistaa rakennusten kattokulmia ja korkean kasvillisuuden sijoittumista tontilla, kun esimerkiksi mietitään aurinkokennojen asennusta. Lisäksi pistepilvimallia voidaan käyttää kasvillisuuden ja maiseman kehittymisen seurantaan tietyllä aikavälillä.

ILMARA-hankkeessa saatuja tuloksia:

DJI L2 -laserkeilaimella saadaan käyttökelpoista aineistoa tontin tarkasteluun ja jatko-käsittelyyn. Pistepilviaineistoa voidaan käyttää sellaisenaan 3d-mallina, mutta aineistoa voidaan jalostaa CAD-ohjelmissa myös eteenpäin

- Rakennusten ja rakenteiden mallintaminen
- Maastomallin luominen
- leikkauskuvat

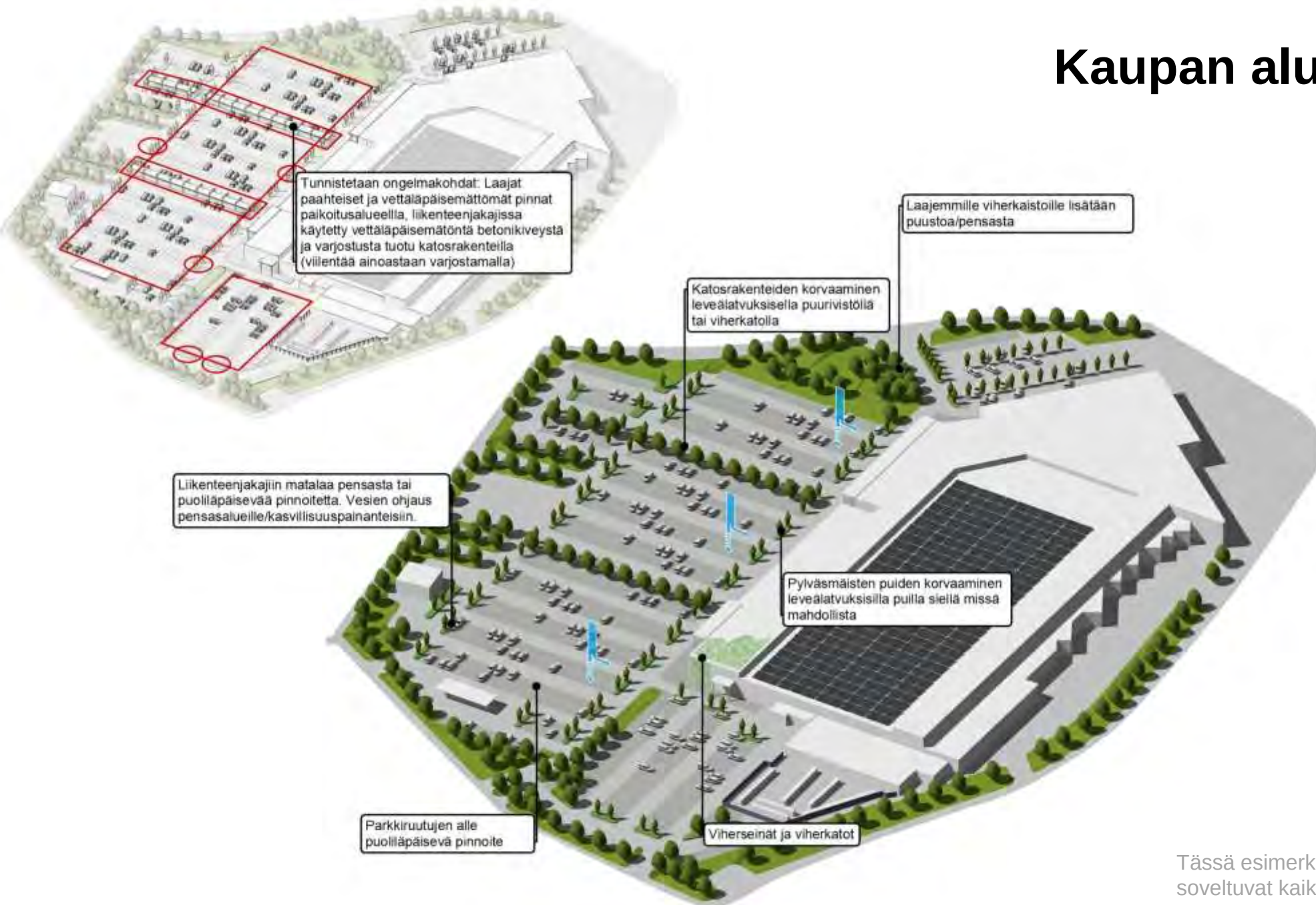
3d-mallin avulla voidaan tehdä tarkempaa analyysiä hulevesien liikkeistä laserkeilatulla alueella, jolloin voidaan

- havainnoida haasteelliset kohdat ja esittää korjausehdotuksia (kuivatuksen varmistaminen, riittävät kallistukset rakennuksista ja rakenteista)
- löytää potentiaalisia hulevesien viivytys- ja imeytyspaikkoja tontilla (kasvillisuusalueet, painanteet)
- miettiä vaihtoehtoisia tulvareittejä

Hankkeen yhteydessä pistepilvimallia tarkasteltiin kolmella eri ohjelmistolla: DJI Terra, Vectorworks Landmark ja Twinmotion.

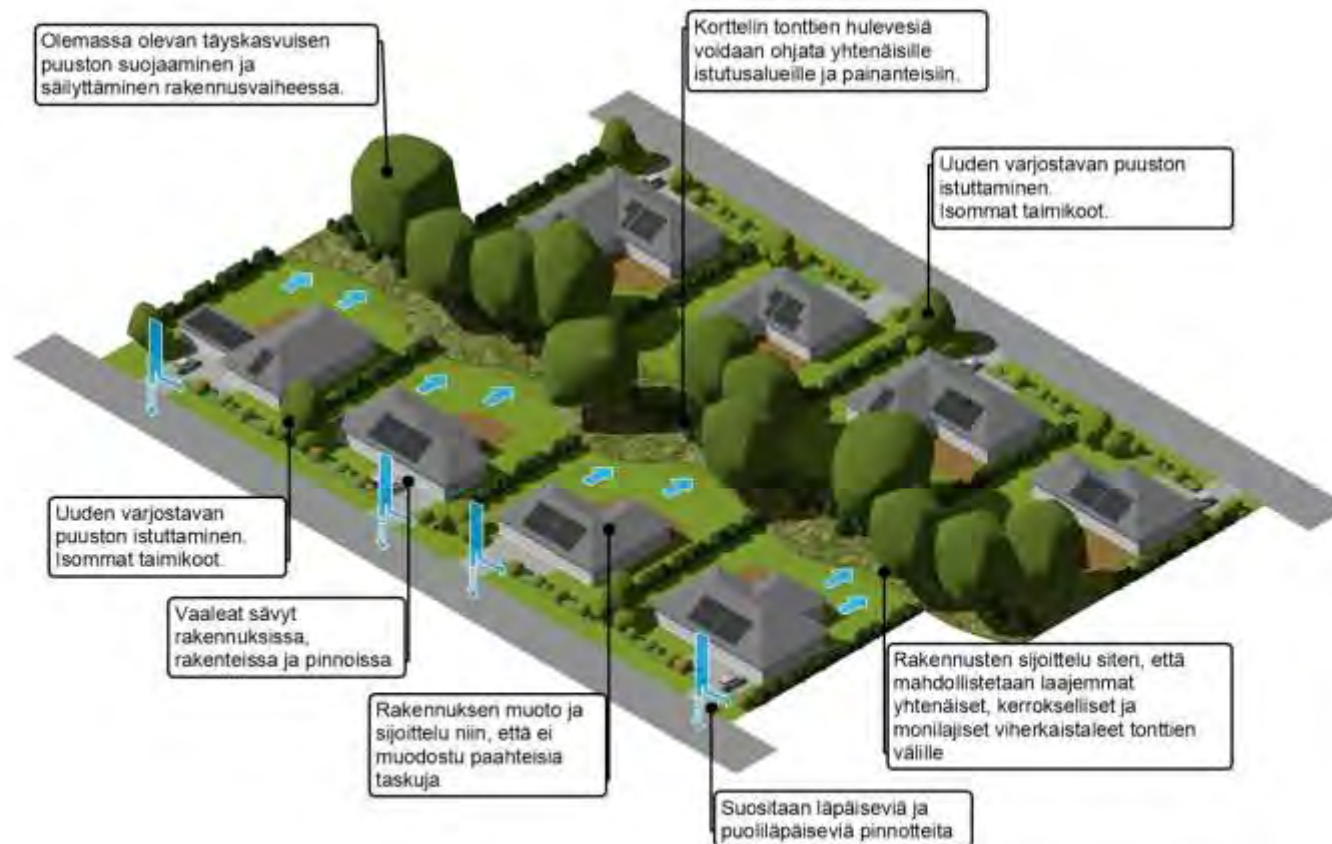
Lämpökamerakuvausten tulosten perusteella syntynyt tarkistuslista mikroilmastoon vaikuttavista tekijöistä			LIITE 1. (1/3)
	Toimenpide	Huomiot	
1. Rakennusten sijoittelu tontilla (Kaavoitus)	- Laajemmat yhtenäiset kasvillisuusalueet tonttien reunoille - Olemassa olevan kasvillisuuden säilytys	- Leveämmät/isommat kasvillisuusalueet viilentävät tehokkaammin kuin kapeat kasvillisuuskaistaleet - Leveämpi koskematon alue mahdollistaa olemassa olevan kasvillisuuden säilytyksen - Olemassa oleva korkeampi kasvillisuus/puusto varjostaa tehokkaammin - Yhtenäiset kasvillisuusalueet mahdollistavat tehokkaampaa hulevesien hallintaa	
2. Rakennusten muoto ja rakennusten/rakenteiden materiaali (Kaavoitus/rakennustapaohjeet/suunnittelija)	- Paahteisten taskujen minimointi - Suositaan vaaleita materiaaleja	- Rakennuksen muodolla voi vaikuttaa mikroilmastoon. Oleskeluun ja leikkiin soveltuu hyvin lämpöinen suojaisa tasku, mutta kiinnitetään huomiota pintamateriaaleihin ja varjostukseen, jotta paikasta ei tule liian paahteinen ja kuuma. - Vaaleat materiaalit ovat viileämpiä kuin tummat materiaalit. Materiaalivalintoja kannattaa miettiä rakennuksen/rakenteiden seinillä ja pinnoitteissa.	
3. Pihan pinnoitteet (Kaavoitus/rakennustapaohjeet)	- Suositaan läpäiseviä ja puoliläpäiseviä pinnoitteita - Sorapinnat - Hulekivet - Nurmi/niitty	- Läpäisevät ja puoliläpäisevät pinnoitteet ovat viileämpiä kuin samaa väriä ja materiaalia olevat läpäisemättömät pinnoitteet. - Kasvipinnoitteet ovat viileämpiä kuin kovat pinnoitteet - Läpäisevät ja puoliläpäisevät pinnoitteet auttavat hulevesien hallinnassa	
4. Hulevesien käsittely (Kaavoitus/rakennustapaohjeet)	Viivytytys ja imeytys	- Yhtenäiset kasvillisuusalueet mahdollistavat tehokkaampaa hulevesien hallintaa: veden imeytys ja viivytytys - Yhtenäisillä kasvillisuusalueilla paremmin tilaa viivyttävälle painanteille (sadepuutarhat, hulevesikosteikot) - Viherkatot viivyttää sadevesiä ja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta - Läpäisevät ja puoliläpäisevät pinnoitteet auttavat hulevesien hallinnassa - Lumien varastointi tontilla kannattaa sijoittaa niin, että sulamisvedet ohjautuvat hulevesipainanteisiin	
5. Kasvillisuus (Kaavoitus/rakennustapaohjeet/suunnittelija)	- Pyritään säilyttämään olemassa olevaa kasvillisuutta - Istutetaan korkeaa puustoa ja suositaan monikerroksellista kasvillisuutta - Istutetaan oleskelualueelle ja leikkialueille varjostavaa kasvillisuutta - Isompien taimikoiden käyttö uusissa istutuksissa	- Olemassa oleva korkeampi kasvillisuus/puusto varjostaa tehokkaammin ja on valmiiksi kasvuvauhdissa - Isommalla taimikoolla saadaan varjostava vaikutus nopeammin - Monikerroksellinen kasvillisuus varjostaa tehokkaammin ja antaa myös tuulensuojaa - Kasvilajeina kannattaa suosia paikallisia lajeja - Oleskelualueilla kannattaa suosia kesävihantia puita, jolloin ne varjostavat kuumina kesäkuukausina, mutta päästävät auringonvalon läpi talvella ja keväällä - Tuulensuojaksi kannattaa istuttaa havupuustoa	
6. Pihan toiminnot (Kaavoitus/suunnittelija)	- Oleskelu ja leikki kannattaa sijoittaa pihan suotuisimmille paikoille - Huolto ja varastointi kannattaa sijoittaa pihan epäsuotuisimmille paikoille	Huolehdistaan riittävästä varjostuksesta ja tuulen suojasta oleskelussa ja leikissä	

Kaupan alueet, tehdas- ja varastoalueet



Tässä esimerkki kaupan alueesta, mutta samat huomiot soveltuvat kaikille alueille, joissa paljon läpäisemättömiä pinnoitteita.

Pientalo- ja muut asuinkorttelit



Pistepilvimallin tarkasteluun käytettyjen ohjelmien ominaisuudet				Pistepilvimallin tarkasteluun käytettyjen ohjelmien ominaisuudet				LIITE 2.
	DJI Terra	Vectorworks Landmark	Twinmotion		DJI Terra	Vectorworks Landmark	Twinmotion	
Hinta	Ilmainen	Ilmainen oppilaitokset, opiskelijat ja opettajat Ammattilaislisenssi n. 1500€/vuosi	Ilmainen yksityishenkilöille ja pienyrityksille, jotka ovat tuottaneet alle miljoona dollaria viimeisen 12 kuukauden aikana, oppilaitokset ja opiskelijat. Bruttotulot yli 1 miljoona dollaria USD/vuosi: n. 530€/vuosi	Muut ominaisuudet	Korkeusmalli, leikkauskuvat	Maastomalli, leikkauskuvat	Laadukkaat visualisoinnit	
					Pituudet, pinta-alat, tilavuudet pistepilvestä	Mittatarkka työskentely (CAD) Visualisoinnit, monipuoliset kaluste- ja kasvikirjastot	Monipuoliset kaluste- ja kasvikirjastot	
Käyttö	Ei vaadi erikoisosaamista	Vaatii ohjelmisto-osaamista	Vaatii vähäistä ohjelmisto-osaamista					
Käyttö-järjestelmä	Windows	Windows/MacOS	Windows/MacOS	Muita huomioita	Soveltuu näytöltä tarkasteluun. Kuvamateriaali pikselöitynyttä, joten tarkkoja vaikeaa havaita.	Soveltuu erinomaisesti havainnekuvien ja leikkauskuvien tekoon.	Soveltuu erinomaisesti havainnekuvien tekoon, visuaalinen tulvatarkastelu meren pinnan vaihtelun avulla.	
Koordinaa-tistoon sidottu	Kyllä	Kyllä	Ei			Tulvatarkastelua voidaan tehdä maastomallin perusteella 2d-tilassa (hulevesien liikkeet nuolilla) ja 3d-tilassa simuloimalla veden pinnan korkeutta erillisellä kappaleella.	Reaaliaikainen nopea renderöinti	
						Renderöintinopeus vaihtelee valitun laadun perusteella	Voidaan käyttää yhdessä muiden ohjelmistojen kanssa, jolloin pistepilven lisäksi esimerkiksi muutakin mallinnusdataa käytössä.	
Pistepilvi-mallin tarkastelu	3d-pistepilvimallin tarkastelu onnistuu	3d-pistepilvimallin tarkastelu onnistuu	3d-pistepilvimallin tarkastelu onnistuu			Koska malli on koordinaatistoon sidottu, tarkat valo/varjo analyysit onnistuvat hyvin		



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Raportti on kirjoitettu osana Kanta-Hämeen rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutokseen (ILMARA) -hanketta. ILMARA-hanke saa osarahoitusta Euroopan Unionilta.

Hämeen ammattikorkeakoulu

www.hamk.fi