

Aino Hakkola

**ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN  
LIIKENNEJÄRJESTELMÄN  
KEHITTÄMISESSÄ TAMPEREEN  
KAUPUNGIN NÄKÖKULMASTA**

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Toukokuu 2025

# TIIVISTELMÄ

Aino Hakkola: Ilmastonmuutokseen sopeutuminen liikennejärjestelmien kehittämisessä Tampereen kaupungin näkökulmasta (Climate change adaptation in the development of the transport system from the perspective of the city of Tampere)

Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikka  
Toukokuu 2025

---

Ilmastonmuutoksella on merkittäviä vaikutuksia kaupunkien liikennejärjestelmien toimivuuteen, turvallisuuteen ja kestävyteen. Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan, miten Tampereen kaupunki voi kehittää liikennejärjestelmänsä ilmastonmuutokseen sopeutuvaksi. Erityisesti tarkastellaan liikenne- ja katusuunnittelua, kunnossapitoa, liikenneinfrastruktuurin rakentamista sekä poikkeustilanteista tiedottamista.

Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena hyödyntäen viranomaisjulkaisuja, tieteellisiä lähteitä ja kaupunkien ilmastostrategioita. Työssä analysoidaan Tampereen toteutettuja ja suunniteltuja sopeutustoimenpiteitä. Lisäksi vertaillaan Kanadan ratkaisuja, joiden pohjalta arvioidaan mahdollisuuksia soveltaa kansainvälisiä malleja Tampereen olosuhteisiin.

Tulosten perusteella ilmastonmuutoksen vaikutuksiin vastaaminen edellyttää konkreettisia toimia kaikilla liikennejärjestelmän osa-alueilla. Keskeisiksi teemoiksi nousevat sään ääri-ilmiöiden vaikutukset, kuten rankkasateet, jäätymis-sulamissyklit ja hellejaksot, jotka aiheuttavat kulumista, kunnossapidon tarpeen kasvua ja liikenteen häiriöitä. Tampereen ja Kanadan ratkaisuihin havaittiin yhtäläisyyksiä erityisesti kunnossapidon teknologioissa, hulevesien hallinnassa ja varautumistoimenpiteissä. Kanadan esimerkit korostavat myös tiedon ja viestinnän roolia sopeutumisessa, kuten reaaliaikaisen säädäntä ja käyttäjälähtöisten tiedotusjärjestelmien hyödyntämistä.

Tampereella on jo käynnistetty useita sopeutustoimenpiteitä, jotka vastaavat samoihin haasteisiin, mutta monien vaikutuksista ei ole vielä saatavilla kattavaa tietoa. Näiden toimien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kaupunki on rakentanut vahvan lähtökohdan ilmastokestävän liikennejärjestelmän kehittämiselle. Kansainvälinen vertailu tukee tätä kokonaisuutta tarjoamalla esimerkkejä, joista osa voi olla sovellettavissa myös Tampereen olosuhteisiin.

Avainsanat: Ilmastonmuutos, sopeutuminen, liikennejärjestelmä, Tampere

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Scopus AI, Sanakirja.fi MOT kielentarkastin

Käyttötarkoitus: Tekoälyä on hyödynnetty opinnäytteessä kahdella eri tavalla.

1. Scopus AI:ta käytettiin tukena tutkimuslähteiden kartoituksessa. (löydetty: Alcamo & Olesen 2012)
2. MOT kielentarkastinta käytettiin tekstin kielelliseen tarkistamiseen, erityisesti oikeinkirjoituksen ja kieliopin osalta.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty:

MOT kielentarkastinta on käytetty koko tekstin pituudelta.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
2.	ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN .....	4
2.1	Ilmastonmuutoksen vaikutukset.....	4
2.2	Kansalliset ja kansainväliset kehukset.....	5
3.	TAMPEREEN KAUPUNGIN SOPEUTUMISTOIMENPITEET LIIKENNEJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESSÄ.....	7
3.1	Liikenne- ja katusuunnittelu .....	7
3.2	Kunnossapito .....	8
3.3	Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen.....	9
3.4	Poikkeustilanteista tiedottaminen .....	10
4.	SOPEUTUMISTOIMENPITEET ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSIIN: ESIMERKKEJÄ LIIKENNEJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESTÄ KANADASSA.....	11
4.1	Liikenne- ja katusuunnittelu .....	12
4.2	Kunnossapito .....	13
4.3	Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen.....	15
4.4	Poikkeustilanteista tiedottaminen .....	16
5.	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	18
	LÄHTEET .....	21

# 1. JOHDANTO

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen liikennejärjestelmien kehittämisessä on keskeinen osa kaupungin resilienssin vahvistamista. Vaikka paljon tutkimusta on jo tehty siitä, miten kaupunkien infrastruktuuria ja liikennejärjestelmiä voidaan muuttaa kestävämmiksi, nyt on kriittinen hetki keskittyä näiden sopeutumiskeinojen käytännön toteuttamiseen. Ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten sään ääri-ilmiöt, lämpötilan nousu ja satunnaiset luonnonkatastrofit ovat jo havaittavissa ja niiden odotetaan vain lisääntyvän tulevaisuudessa (Euroopan komissio 2023). Tämä korostaa tarvetta kehittää liikennejärjestelmiä, jotka mukautuvat uuteen ilmastotodellisuuteen. Traficom (2021) mukaan ”Liikennejärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu kaikki liikennemuodot kattavasta henkilö- ja tavaraliikenteestä, niitä palvelevista liikenneverkoista, viestintäyhteyksistä ja tiedosta sekä liikenteen palveluista, liikennevälineistä ja liikennettä ohjaavista järjestelmistä.” Selvitettäessä sopeutumiskeinoja tulee ottaa huomioon, mitä osia liikennejärjestelmä sisältää.

Aihetta kannattaa tutkia, koska ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat väistämättömiä ja niiden hallinta vaatii kaupungeilta tehokkaita ja ennakoivia sopeutumistoimia. Tampereella huomioituja sopeutumiskeinoja on listattu Hiilineutraali Tampere 2030 -tiekarttaan (Tampereen kaupunki 2024). Tampereen kaupunki voi hyötyä tutkimuksesta kansainvälisen vertailun kautta, sillä se tarjoaa malliesimerkkejä sopeutumistoimista, joita voidaan soveltaa paikallisiin olosuhteisiin.

Työn tavoite on selvittää, miten Tampereen kaupunki voi kehittää liikennejärjestelmiään ilmastonmuutokseen sopeutuviksi hyödyntäen kansainvälisiä esimerkkejä. Tämä sisältää varsinaisen liikenne- ja katusuunnittelun lisäksi myös kunnossapidon, liikenneinfrastruktuurin rakentamisen ja liikenteen poikkeustilanteista tiedottamisen.

Tutkimuskysymyksenä on, miten Tampereen kaupunki voi kehittää liikennejärjestelmiään ilmastonmuutokseen sopeutuviksi hyödyntäen kansainvälisiä esimerkkejä. Alakysymyksinä ovat seuraavat:

- Mitä sopeuttamistoimenpiteitä Tampereen kaupunki on jo toteuttanut tai huomioinut liikennejärjestelmän kehittämisessä?
- Mitä ilmastonmuutoksen vaikutuksia on otettava huomioon liikenne- ja katusuunnittelussa Tampereella?

- Mitä sopeutumistoimenpiteitä voidaan hyödyntää ilmastonmuutoksen vaikutuksiin sopeutumiseksi Tampereella (liikenne- ja katusuunnittelussa, liikenneinfrastruktuurin kunnossapidossa, liikenneinfrastruktuurin rakentamisessa ja on poikkeustilanteista tiedottamiseksi)?

Työssä käsitellään Tampereen liikennejärjestelmien sopeutumista ilmastonmuutokseen, keskittyen liikenne- ja katusuunnitteluun, kunnossapitoon, liikenneinfrastruktuurin rakentamiseen ja poikkeustilanteista tiedottamiseen. Vertailuun valittiin alueita, joiden ilmasto-olosuhteet ovat samanlaiset kuin Tampereella, ja tarkastellaan niiden sopeutumistoimenpiteitä. Erilaisia maita ja lähteitä tarkasteltaessa Kanada valikoitui vertailumaaksi, koska sen eri alueilla esiintyy monipuolisia ilmastollisia olosuhteita, joista osa vastaa pohjoismaista ilmastoa. Pohjoismaista ei ollut helposti saatavilla olevaa aiheeseen liittyvää aineistoa, mikä osaltaan ohjasi vertailun kohdentamista Kanadaan. Lisäksi englanninkielisten lähteiden laaja saatavuus ja kielen yleinen ymmärrettävyys helpottivat tiedonhakuja ja vertailua. Työssä ei käsitellä muiden infrastruktuurien sopeuttamista eikä poiketa Tampereen kaupungin näkökulmasta. Rajaus on tehty kandidaatintyön laajuuden rajoissa, jotta aihe pysyy tiiviinä.

Tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuustutkimusta. Lähteinä on käytetty tieteellisiä artikkeleita, raportteja ja viranomaisjulkaisuja. Aineiston analysoinnissa on käytetty kvalitatiivista lähestymistapaa, jossa vertaillaan eri kaupunkien sopeutustoimenpiteitä ja sovelletaan niitä Tampereen kontekstiin. Lähteiden hakuun on käytetty Tampereen yliopiston Andor-hakupalvelua, Scopus AI:ta ja Googlen verkkohakua. Aineistoa etsittiin myös viranomaisjulkaisuista, kuten EU:n ja Suomen valtion ilmastopolitiikkaa käsittelevistä raporteista, YK:n ilmastonmuutospaneelin raporttien sekä kansainvälisten ilmastopöytäkirjojen asiakirjoista. Lisäksi hyödynnettiin Suomen ilmastopaneelin julkaisuja ja Tampereen kaupungin suunnitelmia ja strategioita. Kanadaa koskevat lähteet koostuvat erityisesti kaupunkien julkaisemista strategia- ja ilmastosuunnitelmista, joukkoliikenteen kehittämiseen liittyvistä raporteista sekä Kanadan liikennesektorin ilmastonmuutokseen sopeutumista käsittelevistä asiakirjoista. Lähteiden haku tehtiin pääosin englannin kielellä. Hakusanoina käytettiin aineistojen löytämiseksi esimerkiksi adaptation, transport systems, climate resilience, climate change adaptation, kestävät liikennejärjestelmät, ilmastokestävyys ja sopeutuminen.

Työn luvussa 2 käsitellään ilmastonmuutoksen vaikutuksia liikennejärjestelmiin sekä tuodaan esiin kansallisia ja kansainvälisiä kehyksiä, jotka ohjaavat ilmastonmuutokseen sopeutumista. Luvussa 3 kuvataan Tampereen kaupungin toteuttamia ja suunnittelema sopeutumistoimenpiteitä liikennejärjestelmissä. Tarkastelu on jaettu neljään osaluokkaan: liikenne- ja katusuunnitteluun, kunnossapitoon, liikenneinfrastruktuurin

rakentamiseen sekä poikkeustilanteista tiedottamiseen. Luvussa 4 esitellään Kanadassa toteutettuja liikennesektorin sopeutumistoimia vastaavien osa-alueiden näkökulmasta. Esimerkkien avulla pyritään tuomaan esiin erilaisia ratkaisuja ja toimenpiteitä, joita voitaisiin hyödyntää myös Tampereella. Luvussa 5 esitetään työn johtopäätökset ja pohdinta, jossa kootaan työn keskeiset havainnot.

## 2. ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tarkoittaa ihmisten ja luonnon järjestelmien kykyä mukautua vallitsevaan ilmastoon sekä varautua tuleviin muutoksiin ja niiden seurauksiin. Tavoitteena on vähentää ilmastonvaihtelusta ja -muutoksesta aiheutuvia haittoja sekä hyödyntää mahdollisia positiivisia vaikutuksia. Esimerkiksi leudommat talvet voivat vähentää lumen auras- ja teiden talvikunnossapitokustannuksia sekä pidentää pyöräilykauden kestoa. Sopeutumistoimet voivat olla joko ennakoivia tai reaktiivisia sen perusteella, tehdäänkö niitä ennen muutosten toteutumista vai niiden seurauksena. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022)

### 2.1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset

Suomessa ilmastonmuutoksen seuraukset näkyvät lämpötilan nousuna, sademäärien muutoksina ja sään ääri-ilmiöiden voimistumisena ja yleistymisenä. Lämpenemisen vuoksi talvien keskilämpötilat kohoavat, mikä johtaa lumen määrän vähenemiseen ja järvien sekä jokien jääpeitteiden ohentumiseen. Lisäksi jokien talvi- ja kevätvirtaamien oletetaan heikkenevän Suomessa. (Alcamo & Olesen 2013; Euroopan komissio 2024)

Tampereen kaupungin (2022) selvityksessä ”Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ja varautuminen” riskianalyysin perusteella merkittävimmiksi riskitekijöiksi Tampereella on tunnistettu rankkasateet ja hulevesi- ja vesistötulvat, taudit ja tuholaiset, ekosysteemimuutokset, hellejaksot ja kuivuus, myrskyt, heijastevaikutukset ja jäätymis-sulamissyklit. Ilmastonmuutoksen edetessä näiden ilmiöiden vaikutusten odotetaan voimistuvan entisestään.

Liikennejärjestelmiä tarkasteltaessa keskeisiä ilmastonmuutoksen vaikutuksia ovat sademäärän kasvu, rankkasateiden yleistyminen, sumun yleistyminen, lämpimän ajan pidentyminen, helleaaltojen määrän ja pituuden kasvu, lumipeitteen väheneminen, runsaiden lumisateiden ja -myrskyjen sekä rajuilmojen yleistyminen, jäätymisen ja jäätävän sateen yleistyminen, talvisateisuuden ja jäätymis-sulamissykliin lisääntyminen, kovan tulen yleistyminen, vedenkorkeuden muutokset ja tulvien yleistyminen. Näiden vaikutukset liikennejärjestelmään on karkeasti jaoteltu onnettomuuksiin, ylläpitoon ja liikennejärjestelmän toimivuuteen. (Kantala & Haapamäki 2024)

## 2.2 Kansalliset ja kansainväliset kehykset

Ilmastomuutokseen sopeutuminen liikennejärjestelmiä kehitettäessä on moniulotteinen prosessi, jota ohjaavat kansainväliset sopimukset, Euroopan unionin strategiat, eurooppalainen ja kansallinen ilmastolaki. Päätökset ilmastomuutokseen sopeutumiseksi perustuvat näihin kehyksiin, jotka määrittävät tavoitteet ja suuntaviivat paikalliselle toiminnalle.

Pariisin ilmastopimus on ensimmäinen maailmanlaajuinen, oikeudellisesti sitova ilmastopimus, joka hyväksyttiin YK:n ilmastokokouksessa Pariisissa vuonna 2015. Sopimuksen artiklan 2 kohdan (b) mukaan osapuolten tulee lisätä kykyään sopeutua ilmastomuutoksen haitallisiin vaikutuksiin ja edistää ilmastokestävyyttä. Sopimuksen artiklassa 7 määritellään sopeutustoimien keskeinen rooli osana maailmanlaajuisia ilmastotoimintaa. Artiklan 7 kohdan 2 mukaan sopeutuminen on globaali haaste, jolla on paikallisia, alueellisia, kansallisia ja kansainvälisiä ulottuvuuksia. Sopimuksessa osapuolet sitoutuvat vahvistamaan sopeutumis suunnitteluaan ja toteutustaan, mukaan lukien kansallisten sopeutumis suunnitelmien kehittäminen ja päivittäminen. Sopeutumistoimia, niiden edistymistä ja riittävyyttä arvioidaan säännöllisesti globaalissa tarkastelussa artiklan 7 kohdan 14 mukaisesti. Suomi on sitoutunut tähän sopimukseen ja sen mukaisiin kansallisiin ja paikallisiin sopeutumistoimiin. (UNFCCC 2015)

Pariisin sopimuksen lisäksi eurooppalaisessa ilmastolaissa sekä uudessa EU:n strategiassa ilmastomuutokseen sopeutumiseksi on asetettu sitovia tavoitteita ja keinoja ilmastomuutoksen vaikutusten hallitsemiseksi ja sopeutumisen vahvistamiseksi (Euroopan komissio 2021; Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2021/1119/EU). Valtioneuvoston selonteon kansallisesta ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelmasta vuoteen 2030 mukaisesti tavoite 7 keskittyy liikenne- ja viestintäinfrastruktuurin haavoittuvuuksien tunnistamiseen ja ilmastokestävyyden vahvistamiseen. Toimenpiteinä on nostettu esiin esimerkiksi ilmastokestävyyden integrointiin ohjausasiakirjoihin sekä tietoperusteinen päätöksenteko ja toimintamallit. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2023)

Suomen ilmastolaki (423/2022) määrittää kehykset ilmastomuutoksen hillitsemiselle ja siihen sopeutumiselle kansallisella tasolla. Lain 2 §:n mukaan kansallisin toimin sopeudutaan ilmastomuutokseen edistämällä ilmastoriskien hallintaa ja ilmastokestävyyttä. Mikäli Suomea sitovaan kansainväliseen sopimukseen tai EU:n lainsäädäntöön sisältyy tiukempia tavoitteita, kansallisten tavoitteiden on perustuttava niihin. Lisäksi 5 § edellyttää, että valtion viranomaiset edistävät ilmastopolitiikan suunnitelmien toteutumista, ja 7 § määrittää suunnittelujärjestelmän, johon kuuluu muun

muassa kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma. 10 §:n mukaisesti tämä suunnitelma hyväksytään vähintään joka toinen vaalikausi ja siinä arvioidaan riskejä sekä määritellään tarvittavat sopeutumistoimet. Näiden linjausten mukaan ilmastolaki ohjaa myös kaupunkien, kuten Tampereen, päätöksentekoa. (Ilmastolaki 423/2022)

### **3. TAMPEREEN KAUPUNGIN SOPEUTUMISTOIMENPITEET LIIKENNEJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESSÄ**

Tampereen kaupungin laatima Hiilineutraali Tampere 2030 -tiekartta (Tampereen kaupunki 2024) toimii keskeisenä linjauksena kaupungin ilmastotyössä. Tiekartta on valmisteltu yhteistyössä kaupungin eri yksiköiden ja tytäryhteisöjen kanssa, ja sitä päivitetään kahden vuoden välein vastaamaan muuttuvia tarpeita. Ensimmäinen versio hyväksyttiin vuonna 2020, ja tuoreimmassa päivityksessä korostetaan entistä enemmän myös ilmastomuutokseen sopeutumista.

Vaikka tiekartan pääpaino on hiilineutraaliuden saavuttamisessa vuoteen 2030 mennessä, se sisältää myös kattavia toimenpiteitä sopeutumiseksi ilmastomuutoksen vaikutuksiin. Sopeutumistoimilla pyritään varautumaan sään ääri-ilmiöihin, parantamaan hulevesien hallintaa ja turvaamaan kaupunkiliikenteen sujuvuus vaihtelevissa sääolosuhteissa. Seuraavissa alaluvuissa 3.1, 3.2, 3.3 ja 3.4 käsitellään tarkemmin Tampereella toteutettuja ja toteutuksessa olevia konkreettisia sopeutumistoimia ja niiden vaikutuksia kaupunkiliikenteen ilmastokestävyyden parantamisessa. Alaluvuissa esiintyvät viittaukset ovat tiekartassa määritellyjä toimenpidenumeroita.

Yksittäinen toimenpide on esitetty vain yhden alaluvun yhteydessä, vaikka se voi liittyä sisällöllisesti useampaan teemaan. Monet toimenpiteistä kuuluvat ilmastomuutokseen sopeutumisen lisäksi myös ilmastomuutoksen hillinnän toimiin. Lisäksi on huomioitava, että osa toimenpiteistä ei sisällöllisesti täysin vastaa sen alaluvun teemaa, johon se on sijoitettu. Jäsennys on tehty rakenteellisista ja tarkastelun selkeyteen liittyvistä syistä.

#### **3.1 Liikenne- ja katusuunnittelu**

Tampereella liikennesuunnittelun avulla edistetään ilmastomuutokseen sopeutumista ja kestävästä kaupunkikehitystä. Vuonna 2025 käynnistyvässä toimenpiteessä (1.3.8) lisätään tietoa sopeutumiskeinoista liikennesuunnittelussa järjestämällä sisäisiä koulutuksia ja yhteistyöpalavereja. Samalla suunnitellaan konkreettisia toimenpiteitä, joilla parannetaan ilmastomuutokseen sopeutumista liikennejärjestelmän suunnittelussa.

Digitaalinen kaupunkitilaohje (1.3.13) on valmistunut ja otettu käyttöön suunnittelun tueksi. Se kokoaa yhteen Tampereen kaupungin julkisen kaupunkitilan suunnitteluun liittyvät ohjeet, linjaukset ja käytännöt. Ohje toimii sähköisenä työkaluna, jonka avulla

suunnittelijat ja toteuttajat saavat käyttöönsä ajantasaiset suunnitteluohjeet yhdestä paikasta. Sen avulla voidaan huomioida ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvät ratkaisut yhdenmukaisesti myös liikennetilän suunnittelussa. Lisäksi ohje tukee eri toimijoiden välistä yhteistyötä ja yhtenäistää suunnittelukäytäntöjä eri hankkeissa.

Yhdyskuntarakenteen ilmastovaikutusten arviointia (1.1.1) ja sopeutumisen huomioimista maankäytön suunnittelussa (1.1.8) kehitetään osana kaupungin suunnittelutyötä. Käytössä oleva arviointimenetelmä tuottaa tietoa yhdyskuntarakenteen päästö- ja hiilinieluvaikutuksista, ja se tukee yleis- ja asemakaavoitusta. Samalla tuotetaan tietoa myös lämpösaarekeilmiöistä, tulvariskeistä, viherpeitteisyydestä ja muista sopeutumiseen liittyvistä tekijöistä. Työ on siirtynyt osaksi kaupungin perustyötä ja sitä hyödynnetään kaupunkisuunnittelun eri vaiheissa.

Luonnon ja viherrakenteen merkitystä liikenneympäristössä vahvistetaan esimerkiksi viherkertoimen avulla (1.4.2), jota hyödynnetään soveltuissa asemakaavoissa viherrakenteen ja hulevesien hallinnan suunnitteluun. Viherkerroin on siirtynyt osaksi perustyötä. Lisäksi kaupungissa kehitetään viheralueiden määrää ja laatua laajemmin muiden viherrakenteisiin liittyvien toimenpiteiden (1.4.3–1.4.8) kautta, kuten siniviherrakenteiden vahvistamisella ja ekologisten verkostojen huomioimisella osana suunnittelua. Nämä toimenpiteet toteutetaan vuosina 2024–2029.

Kävelyn ja pyöräilyn edistämiseksi Tampereella kehitetään ydinkeskustaa ja aluekeskuksia kävelypainotteisiksi (2.5.2). Vuosina 2024–2029 toteutettavassa toimenpiteessä määritellään kävelyn tavoiteverkko ja toteutuskohteet. Keskustoihin lisätään tilaa kävelylle, pyöräilylle ja oleskelulle, ja samalla parannetaan esteettömyyttä ja katuvihreyttä. Kehittämisen kohteina ovat muun muassa Linnainmaan ja Hiedanrannan alueet, joiden suunnittelua ohjaavat myös tulevat raitiotieinvestoinnit.

## **3.2 Kunnossapito**

Tampereella kunnossapidon kehittämisessä tavoitteena on vastata muuttuvan ilmaston vaatimuksiin ja samalla parantaa pyöräilyn- ja jalankulunreittien laatua. Talvihoitoa tehostetaan erityisesti pyöräilyn pääreiteillä ja keskustojen sekä aluekeskusten kävelyreiteillä. Vuosina 2024–2025 toteutettavassa toimenpiteessä (2.5.8) otetaan käyttöön uusia kunnossapitomenetelmiä kokeilujen kautta ja kehitetään yhteistyötä eri toimijoiden kanssa. Lisäksi Tampereen infra kehittää resurssien hallintajärjestelmää, jonka avulla voitaisiin seurata työkaluston käyttöastetta ja optimoida työkoneiden kulkureittejä. Toimenpiteen (2.5.8) yhteydessä selvitetään myös IoT-alustan hyödyntämismahdollisuuksia kunnossapidon optimointiin. IoT-alusta tarkoittaa

järjestelmää, joka kerää reaaliaikaista tietoa esimerkiksi tien pinnasta ajoneuvoihin asennettujen sensoreiden avulla. Tämän tiedon avulla voidaan ohjata kunnossapitotoimia tarkemmin ja ajoittaa ne tarpeen mukaan.

Oulun malliin perustuva Tampereen lumitilaohje (1.2.14) on valmistunut. Ohjeen tavoitteena on varmistaa, että maankäytön suunnittelussa varataan riittävästi tilaa lumen varastointiin kaupunkialueilla. Lumitilaohjeessa määritellään suosituksia lumitilojen mitoittamiseen, sijoittamiseen ja tarvittaessa lähisiirtoratkaisuihin. Oulun esimerkin mukaisesti Tampereella pyritään ennakoimaan lumitilan tarve jo suunnitteluvaiheessa, jolloin kunnossapito voidaan järjestää tehokkaasti myös runsaiden lumisateiden aikana. Toimenpiteessä (1.2.15) selvitetään lähisiirtoalueiden hyödyntämismahdollisuuksia lumien käsittelyssä vuosien 2024–2029 aikana. Lähisiirtoalueilla tarkoitetaan kaupungin sisäisiä, suunniteltuja tilapäisiä lumen kasauspaiikkoja, jotka sijaitsevat lähellä alueita, joilta lunta poistetaan. Tarkoituksena on vähentää kuljetuksista syntyviä päästöjä sekä tukea hallitumpaa lumien käsittelyä.

Toimenpide teiden huollon optimoinnista (3.5.7) on toteutettu. Toimenpiteessä kehitettiin reaaliaikaista datan keruuta teiden kunnosta, jotta huoltotoimenpiteet voidaan kohdentaa tarkemmin todellisen tarpeen mukaan. CityIoT-projektissa testattiin teknologiaa, jossa hyötyliikenteen ajoneuvot keräävät automaattisesti tietoa tien pinnan olosuhteista ajon aikana. Kerätyn datan avulla voidaan vähentää erillismittausten tarvetta sekä turhia, varmuuden vuoksi tehtäviä liukkaudentorjuntatoimia.

### **3.3 Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen**

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen huomioidaan myös liikenneinfrastruktuurin suunnittelussa ja toteutuksessa. Asemakaavoituksessa on siirrytty ottamaan huomioon tilavaraukset sopeutumISRakenteille (1.2.13). Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi hulevesien hallintaa tukevat ratkaisut, lumen varastointialueet, monikäyttöiset kenttäalueet sekä vesivarastot. Toimenpide on siirtynyt osaksi perustyötä, ja sitä sovelletaan kaavoituksen yhteydessä eri puolilla kaupunkia.

Kadunvarsien vapautuvaa tilaa hyödynnetään entistä aktiivisemmin kestävien kulkutapojen edistämiseen (2.6.4). Vuosina 2024–2029 toteutettavassa toimenpiteessä pysäköintiä keskustoissa ohjataan pysäköintitaloihin, jolloin vapautuva tila voidaan käyttää kävelyn, pyöräilyn ja kaupunkivihreän olosuhteiden parantamiseen.

Viher- ja kasvikattojen toteutusta tuetaan erityisesti keskustan kehityshankkeissa (1.4.7). Vuosina 2024–2029 toteutettavassa toimenpiteessä vahvistetaan viheralueiden määrää mahdollisuuksien mukaan ja hallitaan hulevesiä sekä tulvariskejä viherkattojen ja

muiden viherrakenteiden avulla. Lisäksi raitiotien suunnittelu ja toteutus tukee epäsuorasti sopeutumista ilmastonmuutokseen. Sähköinen ja vähäpäästöinen liikkuminen vähentää ruuhkia ja edistää liikenteen ennakoitavuutta muuttuvissa sääolosuhteissa.

### **3.4 Poikkeustilanteista tiedottaminen**

Tampereella kehitetään varautumista joukkoliikenteen poikkeustilanteisiin 2025–2029, kuten sään ääri-ilmiöihin, esimerkiksi rankkasateisiin, lumimyrskyihin tai hellejaksoihin (2.9.4). Tavoitteena on tunnistaa ennakkoon tilanteet, jotka vaikuttavat palvelutasoon, ja määritellä niiden mukaiset toimintamallit. Esimerkiksi poikkeuksellisissa sääolosuhteissa kaikkia bussivuoroja ei välttämättä ajeta. Toimenpiteessä kehitetään myös tiedottamista kaupunkilaisille yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa.

Lisäksi joukkoliikenteen laatua parannetaan kehittämällä reaaliaikaista viestintää sekä asiakkaille että sisäisesti (2.4.4). Tämä parantaa matkustajien tiedonsaantia erityisesti häiriö- ja poikkeustilanteissa. Toimenpide on jo siirtynyt osaksi kaupungin perustyötä.

## **4. SOPEUTUMISTOIMENPITEET ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSIIN: ESIMERKKEJÄ LIIKENNEJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESTÄ KANADASSA**

Ilmastonmuutos vaikuttaa Kanadan liikennejärjestelmiin monin tavoin. Tiet, raideliikenne, jalankulun ja pyöräliikenteen väylät ovat haavoittuvia sekä toiminnan että rakenteellisen kestävyuden näkökulmasta. Voimakkaammat sade- ja lumisateet sekä vuotuisten sademäärien kasvu aiheuttavat tulvimista, siltarumpujen tukkeutumista ja rinteiden sortumia. Jäätävien sateiden yleistyminen muodostaa liukkaan jääkerroksen pinnoille, mikä lisää tapaturmariskiä. (Casello & Towns 2017)

Äärimmäinen kuumuus voi johtaa päällysteiden pehmenemiseen ja rautatiekiskojen vääntymiseen, mikä lisää huoltotarvetta erityisesti vilkkaasti liikennöidyillä väylillä. Lisäksi matkustusolosuhteet heikkenevät, kun lämpötila kohoaa terveydelle haitalliseksi. Myös erittäin kylmät jaksot yleistyvät joillain alueilla ja voivat lisätä teknisten häiriöiden ja rakenteellisten vaurioiden riskiä. Lisääntyvät jäätymis- ja sulamisjaksot vahingoittavat tienpintoja, kun vesi tunkeutuu tien rakoihin, jäätyy ja laajenee, aiheuttaen halkeamia, kuoppia ja rakenteellista heikentymistä. (Casello & Towns 2017)

Merenpinnan nousu lisää eroosiota sekä tulvariskiä rannikkoalueilla. Myrskytulvat kuormittavat infrastruktuuria tulvivilla teillä ja tunneleissa. Voimistuvat tuulet aiheuttavat vaurioita korkeille rakenteille, kuten valopylväille ja siltojen rakenteille, ja lisäävät sähkö- ja tiedonsiirtojärjestelmien häiriöitä. Lisäksi ne voivat kaataa puita ja sähkölinjoja estäen liikennettä. (Casello & Towns 2017)

Osa Kanadan ilmastoriskeistä on myös relevantteja Suomessa ja Tampereella. Esimerkiksi lisääntyvä sademäärä, routavaurioiden yleistyminen, jäätymis-sulamisjaksot, liukkaus sekä ajoittaiset rankkasateet ja tulvat ovat Tampereellakin olennaisia ilmastoriskejä. Myös sadevesijärjestelmän ylikuormitus sekä kunnossapidon ja infrastruktuurisuunnittelun sopeuttaminen muuttuvaan ilmastoon täytyy Tampereellakin huomioida. Sen sijaan riskit, kuten ikiroudan sulaminen, merenpinnan nousu, maastopalojen aiheuttamat evakuointiongelmät sekä maanvyörymät, eivät ole Tampereen ilmasto-olosuhteissa relevantteja.

Seuraavissa alaluvuissa 4.1, 4.2, 4.3 ja 4.4 käsitellään Kanadassa toteutettuja liikennejärjestelmän toimenpiteitä ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi liikenne- ja katusuunnittelun, kunnossapidon, liikenneinfrastruktuurin rakentamisen ja

poikkeustilanteista tiedottamisen näkökulmista. Yksittäinen toimenpide on esitetty vain yhden alaluvun yhteydessä, vaikka se voi liittyä sisällöllisesti useampaan teemaan. Lisäksi on huomioitava, että osa toimenpiteistä ei sisällöllisesti täysin vastaa sen alaluvun teemaa, johon se on sijoitettu. Jäsennys on tehty rakenteellisista ja tarkastelun selkeyteen liittyvistä syistä samalla tavalla kuin luvussa 3. Toimenpiteiden yhteydessä esiintyvät viittaukset ovat suunnitelmissa näkyviä toimenpidenumeroita, mikäli sellaiset on ollut esitettynä alkuperäisessä aineistossa.

Esimerkit perustuvat kaupunkien tai kaupunkiseutujen liikennesektorin konkreettisiin sopeutumistoimenpiteisiin ja strategioihin. Käytetyt julkaisut ovat valtion liikennesektorin raportti ilmatoriskeitä liikennesektoriin (Palko & Lemmen 2017), Ontarion alueen liikenneviranomaisen Metrolinxin ilmastosopeutumisstrategia (Metrolinx 2018), Vancouverin seudun joukkoliikenteen Translinkin ilmasto-ohjelma (TransLink 2022) sekä Calgaryn kaupungin julkisen liikenteen ilmatorisken ja resilienssin arviointiraportti (City of Calgary 2022). Tarkastelussa on hyödynnetty raporttia *Climate change resilience and adaptation for public transit* (Roberts 2024), jossa esitetään, millaisia sopeutussuunnitelmia ja strategioita Kanadan eri kaupungit ovat laatineet. Julkaisua on käytetty apuna kaupunkien ja joukkoliikenneorganisaatioiden suunnitelmien ja strategioiden tunnistamisessa.

## 4.1 Liikenne- ja katusuunnittelu

Calgaryssä on varauduttu äärimmäisiin hellejaksoihin joukkoliikenteen ja siihen liittyvien tilojen suunnittelussa. Kaupungin linjausten mukaan kaikki sähköbussit ja joukkoliikenteen tilat tulisi varustaa riittävän kattavilla ja tehokkailla ilmanvaihto- ja viilennysjärjestelmillä, jotta matkustajien terveys ja turvallisuus voidaan taata myös korkeissa lämpötiloissa. Erityistä huomiota kiinnitetään haavoittuviin käyttäjäryhmiin, kuten ikääntyneisiin ja lapsiin. Lisäksi Toronton kaupungin linjauksiin pohjautuen sisätiloille suositellaan enimmäislämpötilaksi 26°C, jotta matkustaminen pysyy siedettävänä kuumina päivinä. (City of Calgary 2022)

Calgaryssä on tarkasteltu myös passiivisia viilennyskeinoja osana joukkoliikenteen varautumista äärimmäisiin kuumuusjaksoihin. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi ikkunoiden avaaminen, ilmaverhot busseissa sekä muut rakenteelliset tai käyttöön liittyvät ratkaisut, joilla voidaan vähentää kuumuuden vaikutusta ilman erillisiä koneellisia viilennysjärjestelmiä. Suunnittelussa huomioidaan myös se, että viilennysratkaisujen energiankulutus saattaa kasvaa hellekausina, mikä tulee ottaa huomioon kustannuksissa ja esimerkiksi sähköbussien toimintamatkan suunnittelussa. Lisäksi

reittejä voidaan suunnitella tai säätää siten, että ne vastaavat paremmin kuumuuden aikaisiin energian kulutustarpeisiin. (City of Calgary 2022)

Calgaryssä varaudutaan runsaasti lumisateisiin laatimalla vaihtoehtoisia reittisuunnitelmia joukkoliikenteen käyttöön. Erityisesti sähköbusseilla liikennöitäessä reititys saatetaan joutua säätämään, sillä kylmissä olosuhteissa akun kulutus kasvaa merkittävästi esimerkiksi lämmitystarpeen vuoksi. Reittien suunnittelussa otetaan huomioon energiankulutuksen kasvu, jotta bussien toimintasäde pysyy riittävänä ja palvelu voidaan säilyttää luotettavana myös talviolosuhteissa. (City of Calgary 2022)

## 4.2 Kunnossapito

Useat Kanadan provinssit kuten Ontario sekä preeria-alueen provinssit Alberta, Saskatchewan ja Manitoba hyödyntävät RWIS- järjestelmää (Road Weather Information System) osana liikennejärjestelmien kunnossapitoa ja operatiivista hallintaa. Järjestelmä tarjoaa reaaliaikaista säätietoa, kuten tien lämpötilaa, tuulennopeutta ja sademäärää, minkä avulla voidaan ajoittaa kunnossapitotoimenpiteet esimerkiksi oikea-aikainen suolaus tai auraus talviolosuhteissa. Ontariossa RWIS on ollut käytössä jo 1990-luvulta lähtien ja se tukee erityisesti liikenneministeriön (MTO) ja sen urakoitsijoiden toimintaa vaihtelevissa säätilanteissa. Lisäksi järjestelmästä saatavaa tietoa voidaan hyödyntää myös reitityksen uudelleensuunnittelussa, jolloin voidaan parantaa liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta sään vaihdellessa nopeasti. (Palko & Lemmen 2017)

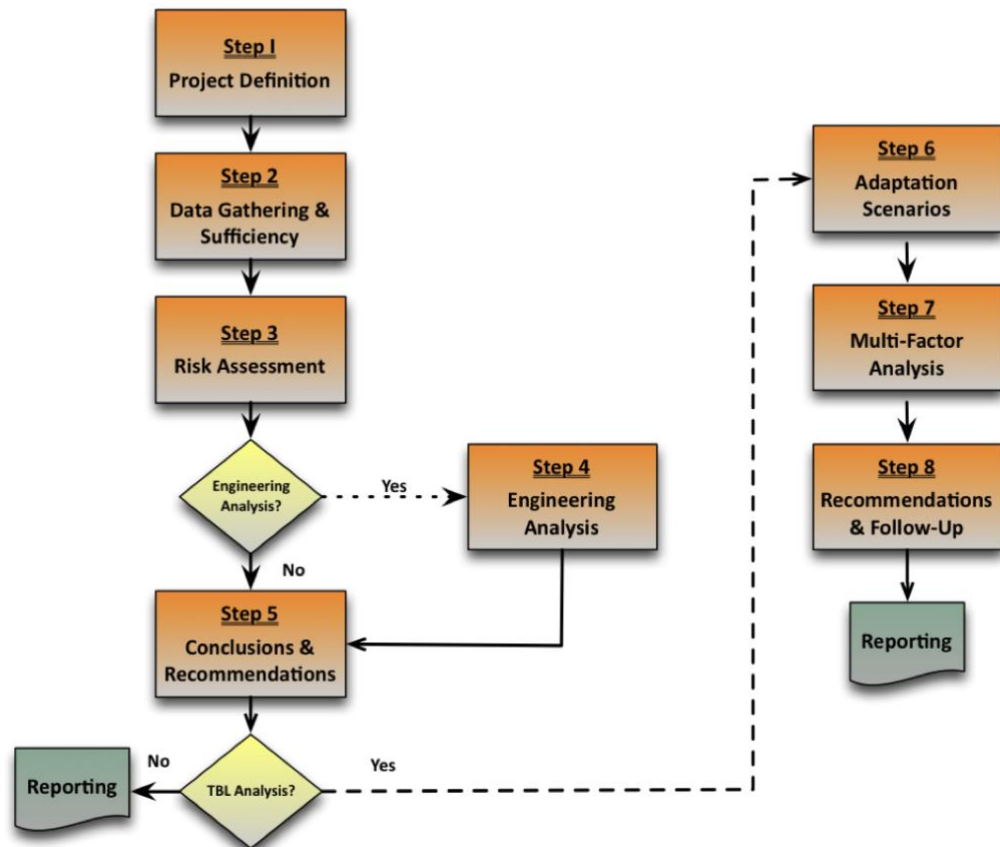
Kaupunkialueilla, kuten Torontossa, on tehostettu sadevesirumpujen kunnossapitoa säännöllisellä seurannalla ja puhdistuksella. Tavoitteena on estää rumpujen tukkeutuminen erityisesti rankkasateiden yhteydessä, jolloin järjestelmien kapasiteetti voi nopeasti ylittyä. Ennakoivalla kunnossapidolla pyritään varmistamaan rumpujen toimivuus ja ehkäisemään huleveden hallinnan häiriöitä, jotka voivat aiheuttaa liikenteelle haittoja ja infrastruktuurivaurioita. (Casello & Towns 2017)

Joillakin kaupunkialueilla on otettu käyttöön ajoneuvoja, jotka yhdistävät aurauksen ja suolauksen, jotta voidaan reagoida tehokkaammin jäätyviin sateisiin ja liukkaisiin keliolosuhteisiin. Näiden yhdistelmäkalustojen avulla kunnossapitotoimet saadaan kohdistettua nopeammin ja tehokkaammin tilanteissa, joissa sää muuttuu nopeasti ja jäätymistä tapahtuu äkillisesti. Erityisesti kaupunkiympäristössä, jossa liikennemäärät ovat suuria ja katupinnat vaihtelevia, tällainen kalusto voi parantaa reagointikykyä nopeasti muuttuvissa olosuhteissa ja vähentää kunnossapidon viiveitä. (Casello & Towns 2017)

Kanadassa useat toimijat ovat hyödyntäneet PIEVC-protokollaa (Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee Engineering Protocol) arvioidakseen liikenneinfrastruktuurin haavoittuvuutta ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Protokolla on viisikohtainen analyysimenetelmä, jonka avulla tunnistetaan nykyisiin ja tuleviin ilmasto-olosuhteisiin liittyviä riskejä esimerkiksi teiden, siltojen ja muiden rakenteiden toimivuudelle ja kestävyydelle. Menetelmässä yhdistetään historiallista ja mallinnettua ilmastotietoa sekä paikallista tietoa infrastruktuurin käytöstä ja kunnossapidosta. (Palko & Lemmen 2017)

PIEVC-protokolla alkaa projektin määrittelyllä (vaihe 1), jossa täsmennetään arvioinnin kohde ja tavoitteet. Toisessa vaiheessa kerätään tarvittavat tiedot ja arvioidaan niiden riittävyys analyysia varten. Kolmannessa vaiheessa suoritetaan riskinarviointi, jonka perusteella päätetään, tarvitaanko syvempää teknistä analyysia. Mikäli tarpeen edetään neljänteen vaiheeseen, jossa analysoidaan teknisesti infrastruktuurin haavoittuvuuksia tarkemmin. Tämän jälkeen siirrytään vaiheeseen 5, jossa kootaan johtopäätökset ja suositukset jatkotoimia varten. Jos arvioinnin perusteella on tarpeen huomioida laajemmin taloudellisia, sosiaalisia ja ympäristöllisiä tekijöitä, siirrytään vaiheisiin 6–8. Kuudennessa vaiheessa kehitetään sopeutumisskenaarioita, seitsemännessä vaiheessa tehdään monitekijäanalyysi eri ratkaisuvaihtoehdoista ja kahdeksannessa vaiheessa esitetään lopulliset suositukset ja tarvittavat jatkotoimenpiteet. (Engineers Canada 2021)

Esimerkiksi Brittiläisen Kolumbian liikenneministeriö on toteuttanut useita arviointeja PIEVC-protokollaa käyttäen eri puolilla provinssia. Arviointien avulla on pystytty esimerkiksi tunnistamaan kunnossapidon kannalta kriittisiä kohteita, joihin tarvitaan sopeutumistoimia esimerkiksi tulvariskien, routavaurioiden tai lämpötilavaihteluiden vuoksi. Kuvassa 1 on esitetty PIEVC-protokollan vaiheet. (Palko & Lemmen 2017)



*Kuva 1. PIEVC-protokolla vaiheet. (Engineers Canada 2021)*

Eteläisessä Ontariossa toimiva alueellinen joukkoliikenteestä vastaava GO Transit on toteuttanut toimenpiteitä vähentääkseen kuumuuden aiheuttamia riskejä rautatieliikenteelle. Erityisesti kesäisin esiintyvät korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa hellekäyrän, joka voi johtaa kiskon nurjahdukseen, mikä heikentää muun muassa liikenneturvallisuutta. Tämän riskin hallitsemiseksi GO Transitin insinöörit ovat nostaneet raiteiden neutraalilämpötilan aiemmasta 32,2 asteesta 37,8 asteeseen. Toimenpide ei vaatinut merkittäviä taloudellisia investointeja, mutta sen on todettu vähentäneen huomattavasti raiteiden taipumista. Toteutetulla muutoksella ei ole havaittu olevan negatiivista vaikutusta ratainfrastruktuurin kestävyyskykyyn kylmissä sääolosuhteissa, eikä sen arvioida heikentävän rakenteiden toimivuutta tulevaisuudessakaan, kun talvet keskimäärin lämpenevät. (Palko & Lemmen 2017)

### 4.3 Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen

Quebecin provinssissa liikenneinfrastruktuuria on mukautettu sään ääri-ilmiöiden hallintaan kasvattamalla sadevesirumpujen halkaisijaa. Quebecin liikenneministeriö on päättänyt suunnitella uusien rumpujen halkaisijat 10 % aiempaa suuremmiksi, jotta ne

pystyisivät paremmin hallitsemaan rankkasateiden ja hulevesien aiheuttamaa kuormitusta. Tarkoituksena on kehittää hulevesijärjestelmää ja täten ehkäistä tulvavesien kuormitusta tieverkolle. (Palko & Lemmen 2017)

Useassa Kanadan provinssissa on päivitetty hulevesijärjestelmien mitoitusperusteita vastaamaan tulevaisuuden ilmasto-olosuhteita. Suunnittelukriteereihin on sisällytetty ennusteita sateiden määrän ja voimakkuuden kasvusta, mikä on johtanut muun muassa sadevesirumpujen suurentamiseen ja virtauskapasiteetin nostamiseen. Esimerkiksi Saskatchewanin provinssissa kansallisen tieverkon suunnittelussa on siirrytty mitoittamaan sadevesirummut aiemman yksi 25 vuodessa tulvaskenaarion sijaan yksi 50 vuodessa tulvaskenaarion perusteella, ja haavoittuvilla alueilla yksi 100 vuodessa mukaan. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan, että järjestelmät kykenevät hallitsemaan tulevaisuudessa yleistyviä rankkasateita ja vähentämään tulvavaurioiden riskiä liikenneinfrastruktuurissa. (Palko & Lemmen 2017)

Ontarion provinssissa on jo vuodesta 1997 hyödynnetty päällysteiden suunnittelussa SuperPave-järjestelmää (Superior Performing Asphalt Pavements), jonka tavoitteena on parantaa asfaltin kestävyyttä vaihtelevissa sääolosuhteissa. Menetelmä perustuu asfaltin ominaisuuksien testaamiseen ja sääolosuhteiden analysointiin, ja se auttaa määrittämään kuhunkin sijaintiin parhaiten soveltuvat päällysteseokset. Järjestelmä ottaa huomioon lämpötilavaihteluiden vaikutukset päällysteen elinkaareen erityisesti halkeilun ja urautumisen ehkäisemiseksi. Ontarion liikenneministeriö (MTO) on alkanut käyttää myös kehittyneempiä mekaanisempiä suunnittelumenetelmiä, jotka mahdollistavat ilmastonmuutoksen paremman huomioimisen päällysrakenteiden suunnittelussa. Näissä menetelmissä yhdistetään säädataa, liikennemääriä ja rakenteiden suorituskykyennusteita, jotta päällysteet olisivat kestävämpiä muuttuvissa olosuhteissa. (Palko & Lemmen 2017)

#### **4.4 Poikkeustilanteista tiedottaminen**

Vancouverin alueen joukkoliikenteestä vastaavan TransLinkin suunnitelmassa on asetettu tavoitteeksi laatia monimuotoinen turvallisen matkustamisen suunnitteluresurssi (4.8), jonka tarkoituksena on tukea matkustajia poikkeavien sääolosuhteiden ja häiriötilanteiden aikana. Tämän työkalun avulla pyritään parantamaan yksilöiden kykyä ennakoita ja suunnitella liikkumistaan ennen ääriolosuhteita ja niiden aikana. Erityistä huomiota kiinnitetään haavoittuvassa asemassa olevien ryhmien, kuten iäkkäiden ja terveydellisesti riskialttiiden henkilöiden turvalliseen liikkumiseen. Lisäksi työkalun avulla kannustetaan hyödyntämään erilaisia kulkutapoja ja vaihtoehtoisia reittejä, mikä edistää kaupunkiliikenteen joustavuutta ja vähentää yksittäisiin reitteihin tai kulkuvälineisiin

kohdistuvien häiriöiden vaikutuksia. Työkalun on tarkoitus tukea sekä liikennejärjestelmän toimintakykyä että matkustajien omaa valmiutta sopeutua ilmastosta aiheutuviin muutoksiin kulkemisessa. (TransLink 2022)

Toronton alueella käytössä olevaa Triplinx-reittisuunnittelupalvelua hyödynnetään matkustajien päätöksenteon tukemisessa poikkeavien sääolosuhteiden aikana. Metrolinxin ilmastostrategian toimenpide 1.4.5 sisältää linjauksen, jonka mukaan sääolosuhteista johtuvat liikennehäiriöt tulee integroida palveluun reaaliaikaisena tietona. Tämän avulla matkustajat voivat poikkeustilanteissa löytää nopeasti turvallisempia ja toimivampia vaihtoehtoisia reittejä. Toimenpiteellä pyritään vahvistamaan sekä matkustajien omaa sopeutumiskykyä että alueellisen joukkoliikenteen häiriönsietoa. Erityistä huomiota kiinnitetään myös liikkumisesteisten ja muiden haavoittuvassa asemassa olevien ryhmien saavutettavuuteen, jotta matkustusmahdollisuudet säilyvät myös ääriolosuhteissa. (Metrolinx 2018)

Vancouverin seudun liikenteestä vastaavan TransLinkin ilmastostrategian toimenpide 3.14 sisältää linjauksen prosessin kehittamisestä ja käyttöönotosta, jonka avulla voidaan seurata ja arvioida ilmastomuutoksesta johtuvia palvelukatkoja. Tavoitteena on luoda toimintamalli, jonka avulla voidaan tunnistaa sään ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen tai äkillisten tulvien, aiheuttamat häiriöt joukkoliikenteessä sekä arvioida niiden vaikutuksia palvelutasoon. Häiriöiden dokumentointi ja analysointi auttaa sopeutumistoimenpiteiden suunnittelussa ja parantaa ymmärrystä ilmastomuutoksen vaikutuksista joukkoliikenteen palvelutasoon. (TransLink 2022)

Quebecin provinssissa on otettu käyttöön GéoRISC-karttapalvelu, jonka tavoitteena on tukea päätöksentekoa tulvariskien hallinnassa ja vaihtoehtoisten tieyhteyksien suunnittelussa. Palvelu on kehitetty yhteistyössä Quebecin paikkatietokeskuksen ja julkisen turvallisuuden ministeriön kanssa, ja se tarjoaa interaktiivisen alustan alueellisten tulvariskien seuraamiseen Saguenay-Lac-Saint-Jeanin alueella. Karttapalvelun avulla viranomaiset voivat tunnistaa haavoittuvat alueet, arvioida riskien vaikutuksia liikenneverkkoon ja suunnitella ennakoivasti vaihtoehtoisia reittejä mahdollisten katkosten varalta. (Palko & Lemmen 2017)

## 5. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tarkasteltiin, miten Tampereen kaupunki voi kehittää liikennejärjestelmiään ilmastonmuutokseen sopeutuviksi hyödyntäen kansainvälisiä esimerkkejä. Tarkastelu jaettiin neljään osa-alueeseen: liikenne- ja katusuunnittelu, kunnossapito, liikenneinfrastruktuurin rakentaminen ja poikkeustilanteista tiedottaminen. Kansainvälisenä vertailuna tarkasteltiin Kanadaa, jossa ilmasto-olosuhteet muistuttavat tietyiltä osin Suomen olosuhteita ja jossa liikennejärjestelmän sopeutuminen on ollut esillä erityisesti sään ääri-ilmiöiden, lämpötilanvaihteluiden ja infrastruktuurin vaurioiden vuoksi. Ilmastonmuutoksen kannalta merkittävimmät liikennejärjestelmien suunnitteluun vaikuttavat tekijät Tampereella ovat rankkasateet, jäätymis-sulamissyklit, hellejaksot ja sään ääri-ilmiöt. Nämä ilmenevät rakenteiden kulumisena, kunnossapidon tarpeen kasvuna ja häiriöinä liikenteessä.

Tampereella on jo käynnissä toimenpiteitä, joilla pyritään ratkomaan samankaltaisia ongelmia kuin Kanadan kaupungeissa. Näitä ovat esimerkiksi IoT-pohjainen kunnossapidon kehittäminen, viherkertoimen ja hulevesiratkaisujen sisällyttäminen suunnitteluun sekä resurssienhallinnan parantaminen. Lisäksi jalankulun ja pyöräilyn talvihoitoon on panostettu ja erilaisia teknologisia ratkaisuja testataan kunnossapidon tueksi. Kaikki tähän mennessä toteutetut, suunnitteilla olevat ja Hiilineutraali Tampere 2030 -tiekartassa esitetyt sopeutumistoimenpiteet liikennejärjestelmissä on tarkemmin käsitelty pääluvussa 3. Moni toimenpide on suunnittelu- tai kokeiluvaiheessa, joten vaikutuksista ei ole vielä saatavilla kattavaa tietoa.

Kanadan vertailun perusteella keskeisiä teemoja ovat olleet talvikunnossapidon kasvava kuormitus, tienpintojen vaurioituminen jäätymis-sulamissykliä seurauksena, infrastruktuurin suunnittelu muuttuvien sääolosuhteiden mukaan sekä tulvariskien hallinta. Lisäksi Kanadassa painotetaan sään ääri-ilmiöihin liittyvää häiriötiedottamista ja varautumismekanismia, jotka nähdään keskeisinä keinoina liikennejärjestelmän toimintavarmuuden turvaamisessa poikkeustilanteissa. Nämä haasteet ovat osittain yhteisiä Tampereen kanssa. Vertailu osoittaa, että monissa Kanadan kaupungeissa on otettu käyttöön keinoja, joita mahdollisesti voisi soveltaa myös Tampereella, kuten tietoon perustuva ennakointi, ilmatoriskien huomioiminen suunnittelussa ja korjaustoimenpiteiden kohdistaminen riskialttiille alueille.

Kanadassa on hyödynnetty suunnitteluratkaisuja, jotka vastaavat ilmastonmuutoksen aiheuttamiin haasteisiin kaupunkiympäristössä. Esimerkiksi Calgaryssa passiiviset

viilennyskeinot ja ilmastoinnin lisääminen tukevat joukkoliikenteen käyttäjien olosuhteita hellejaksojen aikana. Lisäksi sähköbussiliikenteen reitityksen muuttaminen sääolosuhteiden mukaan energiankulutuksen optimoinniksi. Tampereella vastaavien ratkaisujen hyödyntäminen voisi parantaa järjestelmän joustavuutta ja matkustajamukavuutta ääriolosuhteissa.

Kunnossapidon osalta Kanadassa on otettu käyttöön teknologisia ratkaisuja, joiden avulla voidaan ennakoida ja reagoida nopeasti muuttuvan tiedon perusteella. Reaaliaikaiset sääjärjestelmät ja RWIS-järjestelmä yhdistävät keliolosuhteet ja kunnossapitotoimet mahdollistaen esimerkiksi liukkaudentorjunnan ja aurauksen optimoidun ajoituksen. Lisäksi käytössä on ajoneuvokalustoa, joka yhdistää aurauksen- ja suolaustoimintoja, parantaen tehokkuutta esimerkiksi jäätyvän sateen kaltaisissa tilanteissa. Tällaiset toimenpiteet voisivat Tampereella parantaa resurssien kohdentamista.

Liikenneinfrastruktuurin rakentamisessa Kanadassa on toteutettu mitoitusmuutoksia ja rakenteellisia sopeutumistoimia. Siltarumpujen halkaisijoiden kasvattaminen ja hulevesijärjestelmien mitoitusten päivittäminen tulvariskeihin varautuessa. Lisäksi SuperPave-järjestelmällä valitaan paikallisiin sääolosuhteisiin parhaiten soveltuvat päällystemateriaalit, jotka kestävät paremmin lämpötilavaihteluita ja rasitusta. Näiden kaltaiset esimerkit voidaan huomioida myös Tampereella, erityisesti uusien tai peruskorjattavien kohteiden yhteydessä.

Kanadassa poikkeustilanteiden viestintään on kehitetty useita sovelluksia ja järjestelmiä, jotka tukevat yksittäisten käyttäjien päätöksentekoa säätilojen vaihdellessa. Vancouverin TransLinkin Safe Travel -palvelu sekä Toronton Triplinx tarjoavat sääperusteista reititystä, palvelutason seuranta ja häiriötiedottamista reaaliaikaisesti. Vastaavanlaiset digitaaliset ratkaisut voisivat parantaa Tampereen liikennejärjestelmän ja käyttäjien reagoitokykyä.

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen liikennejärjestelmien tasolla on monivaiheinen ja paikallisesti sidonnainen prosessi, jossa ei ole yhtä oikeaa mallia. Kaikkia mahdollisia sopeutumistoimenpiteitä ei ole realistista toteuttaa, vaan niiden tarpeellisuutta ja vaikuttavuutta täytyy arvioida tapauskohtaisesti. Kanadan esimerkit tarjoavat vertailupohjaa ja suuntaa siitä, millaisia ratkaisuja muissa samankaltaisissa olosuhteissa on kehitetty. Ne voivat toimia tukena sekä uusien toimenpiteiden suunnittelussa että jo tehtyjen valintojen vahvistamisessa.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli selvittää, miten Tampereen kaupunki voi kehittää liikennejärjestelmiään ilmastonmuutokseen sopeutuviksi hyödyntäen kansainvälisiä

esimerkkejä. Tavoitetta on lähestytty yleisellä tasolla, eikä työssä ole syvennytty yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten arviointiin tai käytännön toteutuksen tarkasteluun. Vaikka tarkempi analyysi jää työn ulkopuolelle, työ muodostaa jäsennellyn kokonaiskuvan aiheesta ja toimii pohjana tarkemmalle jatkotutkimukselle. Mahdollisessa jatkotutkimuksissa voitaisiin selvittää, kuinka hyvin esitetyt sopeutumistoimenpiteet soveltuvat Tampereen olosuhteisiin, ovatko ne tarpeellisia sekä täydentää kokonaisuutta uusilla sopeutumistoimenpiteillä ja tarkentaa niiden vaikutuksia liikennejärjestelmän kehittämisessä.

## LÄHTEET

- Alcamo, J. & Olesen, J.E. (2012). Life in Europe Under Climate Change. Wiley-Blackwell. Saatavissa (viitattu 9.2.2025): <http://onlinelibrary.wiley.com.libproxy.tuni.fi/book/10.1002/9781118279380>
- Casello, J. & Towns, W. (2017). Urban. In K. Palko and D.S. Lemmen (Eds.), Climate risk and adaptation practices for the Canadian transportation sector 2016 (pp. 263-309). Ottawa, ON: Government of Canada. Saatavissa (viitattu 15.4.2025): <https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Chapter-9e.pdf>
- City of Calgary (2022). Calgary Transit Fleet Electrification Planning Study: Climate Risk and Resilience Assessment Report. Saatavissa (viitattu 18.4.2025): <https://pievc.ca/wp-content/uploads/2023/03/City-of-Calgary-WSP-Golder-Transit-Fleet-Study-July-2022.pdf>
- Engineers Canada (2021). PIEVC Program Overview. Saatavissa (viitattu 18.4.2025): [https://pievc.ca/wp-content/uploads/2021/08/PIEVC\\_Program-May-2021.pdf](https://pievc.ca/wp-content/uploads/2021/08/PIEVC_Program-May-2021.pdf)
- Euroopan komissio (2021). Ilmastokestävä Eurooppa – Uusi EU:n strategia ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi. Saatavissa (viitattu 12.2.2025): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082>
- Euroopan komissio (2023). Climate change adaptation. European Union Climate Action. Saatavissa (viitattu 24.1.2025): [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change_en)
- Euroopan komissio (2024). Ilmastonmuutoksen seuraukset. Saatavissa (viitattu 9.2.2025): [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_fi](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_fi)
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2021/1119/EU. Eurooppalainen ilmastolaki (EU) 2021/1119. Saatavissa (viitattu 15.2.2025): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>
- Ilmastolaki 423/2022. Saatavissa (viitattu 3.3.2025): <http://finlex.fi/eli?uri=http://data.finlex.fi/eli/sd/2022/423/ajantasa/2024-12-19/fin>
- Kantala, T. & Haapamäki, T. (2024). Ilmastonmuutoksen vaikutusten seuranta liikenteen hallintoalalla. Traficom selvityksiä 22/2024. Traficom. Saatavissa (viitattu 10.2.2024): <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Ilmastonmuutoksen%20vaikutusten%20seuranta%20liikenteen%20hallintoalalla.pdf>

Maa- ja metsätalousministeriö (2022). Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2022. Saatavissa (viitattu 9.2.2025): <https://mmm.fi/kansallinen-sopeutumissuunnitelma>

Maa- ja metsätalousministeriö (2023). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelmasta vuoteen 2030. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:73. Valtioneuvosto. Saatavissa (viitattu 15.2.2025): <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-585-6>

Metrolinx (2018). Climate Adaptation Strategy. Saatavissa (viitattu 18.4.2025): [https://assets.metrolinx.com/image/upload/v1663237659/Documents/Metrolinx/MX\\_Climate\\_Adapt\\_Str\\_May8\\_vs4.pdf](https://assets.metrolinx.com/image/upload/v1663237659/Documents/Metrolinx/MX_Climate_Adapt_Str_May8_vs4.pdf)

Palko, K. & Lemmen, D.S. (Eds.). (2017). Climate risks and adaptation practices for the Canadian transportation sector 2016. Ottawa, ON: Government of Canada. Saatavissa (viitattu 16.4.2025): <https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/earthsciences/pdf/assess/2016/ClimateRisk-E-ACCESSIBLE.pdf>

Roberts, N. (2024). Climate change resilience and adaptation for public transit. Standards Research. CPCS Transcom Ltd. Saatavissa (viitattu 16.4.2025): <https://www.csa-group.org/wp-content/uploads/CSA-Group-Research-Climate-Change-Resilience-and-Adaptation-for-Public-Transit.pdf?srsId=AfmBOopWjAS1nXAD0BtpGikH80ehPWhN-DUKimfifiLhV0HPmt89szkb1>

Tampereen kaupunki (2022). Ilmastonmuutokseen sopeutuminen Tampereella 2022. Saatavissa (viitattu 10.2.2025): [https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-10/ilmastonmuutokseen\\_sopeutuminen\\_tampereella\\_2022.pdf](https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-10/ilmastonmuutokseen_sopeutuminen_tampereella_2022.pdf)

Tampereen kaupunki (2024). Hiilineutraali Tampere 2030 -tiekartta. Saatavissa (viitattu 26.1.2025): [https://www.tampere.fi/sites/default/files/2024-11/Hiilineutraali\\_Tampere\\_2030\\_tiekartta\\_paivitys\\_2024\\_0.pdf](https://www.tampere.fi/sites/default/files/2024-11/Hiilineutraali_Tampere_2030_tiekartta_paivitys_2024_0.pdf)

Traficom (2021). Liikennejärjestelmän nykytila ja toimintaympäristön muutokset. Liikenne- ja viestintävirasto. Saatavissa (viitattu 26.1.2025): <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/LiikennejarjesLii%20nykytila%20ja%20toimintaympariston%20muutokset.pdf>

TransLink (2022). Climate action plan. Saatavissa (viitattu 17.4.2025): [https://www.translink.ca/-/media/translink/documents/about-translink/corporate-sustainability/translink\\_climate\\_action\\_plan.pdf](https://www.translink.ca/-/media/translink/documents/about-translink/corporate-sustainability/translink_climate_action_plan.pdf)

UNFCCC (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Saatavissa (viitattu 12.2.2025): [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)