



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Viimeisimmän ilmastojakson (1991–2020) pysyvän lumipeitteen vaihtelut

Roosa Kämäräinen

Maantiede
LuK-tutkielma
Laajuus: 6 op

28.4.2024

Turku

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

LuK-tutkielma

Pääaine: Maantiede

Tekijä: Roosa Kämäräinen

Otsikko: Viimeisimmän ilmastojakson (1991–2020) pysyvän lumipeitteen vaihtelut

Ohjaaja: Risto Kalliola

Sivumäärä: 39 sivua + liitteet 4 sivua

Päivämäärä: 28.4.2024

Tutkimus sisältää havainnointia viimeisimmän ilmastojakson pysyvän lumipeitteen vaihteluista. Tutkimuskysymyksien avulla tarkastellaan, onko valittujen säähavaintoasemien pysyvissä lumipeitteissä muutoksia ilmastojakson aikana ja miten eri säähavaintoasemien pysyvät lumipeitteet eroavat toisistaan. Valitut säähavaintoasemat ovat Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa. Eri säähavaintoasemien ilmastollisia ominaisuuksia pohditaan ja miten ne vaikuttavat pysyvään lumipeitteeseen ja talviolosuhteisiin Suomessa ja valituilla säähavaintoasemilla. Säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden tarkasteluissa käytetään Ilmatieteenlaitoksen tuottamaa päivittäishavaintodataa lumensyvyydestä. Lumensyvyysdatasta selvitetään myös, onko pysyvän lumipeitteen pituus lyhentymässä ja onko sen aikainen keskimääräinen lumensyvyys laskussa. Lisäksi tarkastellaan lumen ja lumipeitteen ominaisuuksia ja sitä, miten niiden ominaisuudet ovat erittäin tärkeitä ilmastonmuutoksen torjunnassa Suomessa ja globaalisti. Menetelmänä käytetään tilastotieteen menetelmiä kvantitatiivisen lumensyvyysaineistojen datan analysointiin. Tuloksien tulkintaan käytetään apuna kuvaavaa tilastotiedettä kuvien ja taulukoiden muodossa.

Tutkimuksen tuloksista saadaan selville jokaisen valitun sääaseman pysyvän lumipeitteen vaihtelut, sekä jokaisen säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen ominaispiirteet tarkasteltavalla ilmastojaksolla, jotka johtuvat mm. säähavaintoasemien maantieteellisistä sijainneista, sekä Suomeen vaikuttavista suursäätiloista ja ilmavirtauksista. Pohjois-Suomen säähavaintoaseman pysyvä lumipeite on vakain ja pisin kestoaltaan. Etelä- ja Keski-Suomen säähavaintoasemien pysyvät lumipeitteet ovat alttiimpia talvien välisille vaihteluille pysyvän lumipeitteen pituudessa ja sen aikaisessa lumen keskisyvytydessä. Erona Etelä- ja Keski-Suomen säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden ominaisuuksissa on Etelä-Suomen suurempi alttius suurille anomalioiden talvien aikana ja välillä. Anomaliat johtuvat mm. Etelä-Suomen sijainnista rannikolla.

Tuloksien, jo tehtyjen tutkimuksien, sekä ennusteiden avulla pohditaan myös Suomen talvien tulevaisuutta. Suomen talvet tulevat muuttumaan ilmastonmuutoksen takia. Tämänhetkisten ennusteiden mukaan Suomen talvet tulevat lyhentymään ilmastonlämpenemisen takia. Ennustetaan, että lumi sataa myöhemmin syksyllä, sekä sulaa aikaisemmin keväällä. Lisäksi leudommat talvet ja talvien vesisateet yleistyvät. Pysyvien lumipeitteiden pituus lyhenee ja talvien lumipeitteet pirstaloituvat useimmiksi lyhyimmiksi lumipeitejaksoiksi. Ilmastonmuutoksen takia myös talvien sään ääri-ilmiöt lisääntyvät, mm. ankarat pakkaset, myrskyt ja runsaslumiset ajanjaksot.

Ilmastonmuutoksen edetessä on tärkeää selvittää sen aiheuttamia muutoksia ja lisätä niistä tietoisuutta, jotta ilmastonmuutosta voidaan torjua ja sen aiheuttamiin muutoksiin voidaan sopeutua. Jokainen voi vaikuttaa ilmastonmuutokseen ja sen etenemiseen globaalisti sekä Suomessa omilla valinnoillaan ja toimillaan.

Avainsanat: ilmastojakso, ilmastonmuutos, lumi, lumipeite

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys	7
2.1	Lumisade ja -peite	7
2.2	Lumipeitteeseen vaikuttavat tekijät Suomessa	10
2.2.1	Suomen ilmasto	10
2.2.2	Ilmastonmuutos Suomessa	13
3	Aineistot ja menetelmät	17
4	Tulokset	20
4.1	Säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden muutokset ilmastojaksolla 1991–2020	20
4.1.1	Utsjoki, Kevon tulokset	20
4.1.2	Jyväskylä, lentoaseman tulokset	23
4.1.3	Vantaa, Helsinki-Vantaan lentoaseman tulokset	26
4.2	Pysyvän lumipeitteen keston ja keskimääräisen lumensyvyyden muutokset ilmastojaksolla 1991–2020	28
5	Keskustelu	31
6	Johtopäätökset	36
	Lähteet	37
	Liite 1. Taulukko pysyvien lumipeitteiden pituuksista ja keskiarvo niiden lumensyvyyksistä	40
	Liite 2. Taulukko pysyvien lumipeitteiden alkamis- ja loppumispäivät	42

1 Johdanto

Yksi pohjoisen pallonpuoliskon ominaispiirre on talvinen lumipeite. Lumipeitteen muutokset ja pysyvyys talvisin on herättänyt huolta ilmastonmuutoksen edetessä. Tämä on herättänyt kysymyksen, onko tulevaisuudessa Suomessa talvisin lunta. Nämä huolet ja kysymykset ovat aiheuttaneet epävarmuuden siitä, millaisia talvia Suomessa tulevaisuudessa tulee olemaan.

Koska ilmastonmuutos ja siitä seurannut ilmastonlämpeneminen on ihmiskunnan suurimpia ongelmia, on tulevaisuuden ilmasto-olosuhteet selvitettävä mahdollisimman tarkasti. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen, varautuminen ja sen torjuminen on tärkeää. Tulevaisuuden ennusteiden tietäminen voi motivoida ihmisiä ryhtymään aktiivisesti toimiin ilmastonmuutoksen torjumiseksi (Krasting ym. 2013: 7825–7827).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan Suomessa viimeisimmän ilmastojakson aikaisia pysyvän lumipeitteen muutoksia kolmen valitun säähavaintoaseman avulla. Pysyvällä lumipeitteellä tarkoitetaan talven pisintä ajanjaksoa, on ollut yhtäjaksoisesti yli 1 senttimetriä lunta (Talvien lumista ja lumisuudesta 2024). Säähavaintoasemien datan tuloksia ja ilmastomallien avulla tehtyjä tulevaisuuden ennusteita tarkastellaan ja lisäksi selvitetään, millaisia Suomen talvet tulevat olemaan ilmastonmuutoksen edetessä tulevaisuudessa.

Tutkimuksessa käytetyt säähavaintoasemat sijaitsevat Suomessa eri leveyspiireillä: Utsjoella, Jyväskylässä ja Vantaalla. Tavoitteena on selvittää, onko viimeisimmän ilmastojakson aikana tapahtunut suuria muutoksia pysyvän lumipeitteen kestossa ja keskimääräisessä syvyydessä. Ilmastojaksolla tarkoitetaan 30 vuoden vertailujaksoa, eli viimeisin ilmastojakso on 1991–2020 (Climate 2024).

Tutkimuksessa halutaan vertailla yksittäisten säähavaintoasemien sisällä, sekä säähavaintoasemien välillä tapahtuvia vaihteluita ilmastojakson aikana. Koska Suomi on pitkä maa, sen sisäiset muutokset ilmastossa ja säässä ovat suuret Pohjois-, Keski- ja Etelä-Suomen välillä. Ilmastoon ja säähän vaikuttaa se, missä maantieteellisesti ollaan. Eroja on muun muassa mantereisen ja mereisen ilmaston välillä. Lisäksi Köppen-Geigerin ilmastoluokituksen mukaan Etelä-Suomen rannikko kuuluu kokonaan eri ilmastoalueeseen kuin muu Suomi (Peel ym. 2007: 1641–1643).

Tutkimuksen tavoitteiden pohjalta voidaan muodostaa seuraavat tutkimuskysymykset:

Millaisia vaihteluita eri säähavaintoasemien pysyvissä lumipeitteissä on ilmastojakson aikana?

Millaisia eroavaisuuksia eri säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden vaihteluissa on ilmastojakson aikana?

Onko pysyvän lumipeitteen kesto laskussa Suomessa?

Onko pysyvän lumipeitteen aikainen keskimääräinen lumensyvyys laskussa Suomessa?

2 Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys

2.1 Lumisade ja -peite

Lumipeitteen muodostumiseen ja sen ominaisuuksiin vaikuttavat vallitsevat sääolosuhteet ja alueelliset ympäristön ominaisuudet (Kuusisto 1984). Lumisateen päätyessä maahan ja sen kertymistä maanpinnalle kutsutaan akkumulaatioksi. Akkumuloitunut lumi muodostaa lumipeitteen. Jotta ilmakehässä voi muodostua sadetta tai lunta, täytyy sen sisältää vettä (Science of Snow 2024). Lumikiteet muodostuu pilvissä ilmakehän lämpötilan ollessa vähintään 0°C ja lumi sataa maahan asti, kun maanpinnan lämpötila on alle 0°C.

Lumipeite voi kertyä maanpinnalle myös runsaammassa lumisateessa, vaikka maanpinnan lämpötila on 0°C– 5°C, eikä alle 0°C (Science of Snow 2024). Runsaimmat lumisateet ovat yleisesti syntyneet n. –9°C lämpötilassa, sillä tätä kylmemmän ilman on vaikeampi pidättää kosteutta. Suomeen lumipeite kertyy maanpinnalle yleensä, kun ilman keskilämpötila on noin –4,2°C (Kuusisto 1984). Eniten lunta Suomessa sataa keskimäärin helmikuussa. Lumipeite voi ominaisuuksiltaan vaihdella sen veden määrän, värin ja lämpötilan mukaan (Science of Snow 2024). Lumen sisältämän veden määrää kuvataan ja kutsutaan lumen vesiarvoksi (engl. *snow water equivalent*), eli SWE:ksi.

Lumisateen jälkeen lumi joko sulaa, haihtuu tai kertyy lumipeitteeksi maahan, riippuen sen hetkisestä lämpötilasta ja muista sääolosuhteista (Science of Snow 2024). Jos lumi kertyy maahan lumipeitteeksi, sen ominaisuudet voivat talven edetessä muuttua muun muassa lämpötilan muutoksien, uuden lumisateen ja tuulen takia. Untuvaisemmalla, pehmeällä lumella on ääniä vaimentava ominaisuus sen huokoisuuden takia. Kova, osittain jäätynyt lumi päinvastoin vahvistaa ääniä ja sen kovalta pinnalta ääni myös kantautuu pidemmälle.

Lumisade on tärkeää niille alueille, joissa esiintyy talvikuukausia. Lumen akkumuloituessa ja sen muodostaessa lumipeitteen, sen fyysiset ominaisuudet tekevät siitä tärkeän suojan pakkasta vastaan eläimille ja kasvillisuudelle. Lisäksi lumi ja sen sisältämä varastoitu vesi on tärkeää kasvukauden alussa lumipeitteen sulaessa ja kasvien tarvitessa vettä aloittaakseen kasvukauden (Merkouriadi ym. 2017). Suuret sulamisvedet ja niiden keväisin aiheuttamat tulvat vievät sulamisvesiä myös sellaisille alueille, joihin vesi ei normaalisti virtaa. Viivästynyt lumen sulaminen keväällä viivyyttää kasvukauden alkua (Räisänen & Eklund 2012). Myöhäinen sulaminen voi johtua kylmästä säästä tai paksusta lumipeitteestä tai näistä molemmista.

Lumipeitteen paksuus riippuu vallitsevista olosuhteista (Kuusisto 1984). Lumipeitteessä voi olla yhtä paljon vettä, vaikka peitteen paksuus vaihtelee. Suurin paksuus on juuri sataneella suurikiteisellä, paljon ilmaa kiteiden välissä sisältävällä pakkaslumella. Ohuin lumipeite muodostuu osittain sulaneesta, painautuneesta lumesta, jossa on vähän ilmaa lumikiteiden välissä ja jonka kidemuodot ovat hävinneet, kun ne ovat esimerkiksi hioutuneet pois tuulen takia. Lumipeitteen ominaisuuksia voidaan kuvata sen massatasapaino arvolla, jonka voi laskea yhtälöllä.

$$W = P_S + P_1 - Y - E + D \quad (1)$$

Jossa lumen vesiarvo (W) on, (P_S) on lumena satanut sadanta, (P_1) on vetenä satanut sadanta, (Y) on lumen sulaessa maaperään valunut vesiarvo, (E) on evaporaatio, eli haihdunta ja (D) on lumen nettokuljettuminen (Kuusisto 1984). Kaikki arvot lumen akkumuloituessa maanpinnalle ovat kumulatiivisia, eli niiden arvot nousevat ajan kuluessa, kunnes lumi on muuttunut kokonaan vedeksi ja haihtunut pois.

Lumensyvyyttä mitataan senttimetreinä säähavaintoasemilla (Lumensyvyuden mittaus on taitolaji 2024). Mittaus tapahtuu joko automaattisesti tai manuaalisesti. Automaattisessa mittauksessa hyödynnetään lumensyvyysmittaria, jonka lumen mittaus perustuu ultraääneen. Mittari on asetettu kohtisuoraan maanpinnalle asetettua tekonurmea. Mittarin ja maanpinnan välille on määritetty etäisyys tekonurmeen vakiona. Lumen sataessa tekonurmen päälle ultraäänen avulla havaitaan maanpinnan etäisyyden pieneneminen mittarista. Virhemarginaalina automaattimittauksessa on, ettei mittari pysty tunnistamaan onko tekonurmen oleva materia lunta, vaan mittari havaitsee myös, jos tekonurmen päälle kulkeutuu esimerkiksi lehtiä tai roskia.

Automaattimittausta tarkempi ja virheettömämpi on manuaalimittaus (Lumensyvyuden mittaus on taitolaji 2024). Manuaalimittauksessa maahan on asetettu senttimetriasteikon sisältävä mittauskeppi, jonka arvoja ihminen lukee parin metrin päästä mittakepistä. Tulos pyöristetään lähimpään senttimetriin. Viralliset lumensyvyystilastot ovat vuorokautishavaintoja, jotka mitataan talvella aamulla kello 8 Suomen aikaa. Virallisissa tilastoissa priorisoidaan manuaalimittauksia, jos säähavaintoasemalla suoritetaan molempia mittaustapoja.

Kun maanpinta heijastaa auringonsäteilyä, sitä kutsutaan pinta-albedoksi (Hall 2004). Lumen ominaisuuksiin kuuluu korkea heijastavuus, eli pinta-albedo ja emittoitumiskyky, lumen valkoisen värin takia. (Jylhä ym. 2008; Vavrus 2007). Emittoiminen on lämmönsäteilyä.

Näiden lisäksi lumen latentin lämmön varastointikyky on korkea, varsinkin sulamisvaiheessa. Lumen pinta-albedo on tärkeä viilentävästi vaikuttava palauteilmiö, joka albedon ja lumen muiden ominaisuuksiensa takia vaikuttaa ilmastoon viilentävästi (Hall 2007). Erityisesti pohjoisen pallonpuoliskon maa-alueiden lumipeitteen on havaittu vaikuttavan ilmastoon viilentävästi palauteilmiöiden kautta.

Palauteilmiöt ovat ilmastojärjestelmän ilmiötä, joissa tietyt tekijät vaikuttavat ilmastoon viilentävästi, eli negatiivisesti tai lämmittävästi, eli positiivisesti (Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt 2024). Palauteilmiöt ovat globaaliin ilmastojärjestelmään vaikuttavia tekijöitä ja siksi paikallisesti viilentävät tai lämmittävät palauteilmiöt vaikuttavat globaalilla mittakaavalla ilmastoon. Lumella onkin merkittävä rooli kylmillä ilmastovyöhykkeillä ilmastoon, sillä lumipeitteen laajuuden koko vaikuttaa albedoon. Mitä suurempi lumipeitteen pinta-ala maanpinnalla, sitä suurempi pinta-albedo ja ilmastoon viilentävä vaikutus.

Lämmittävä palauteilmiö vahvistaa kasvihuoneilmiötä (Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt 2024). Palauteilmiössä toisen ilmastoon vaikuttavan tekijän aiheuttama globaali lämpeneminen vähentää lumipeitteen pinta-alaa, jolloin albedon vähentyessä suurempi määrä auringon säteilyä absorboituu maanpintaan. Näin jo lämmennyt globaali-ilmasto lämpenee vielä enemmän. Lämmittävässä ja viilentävässä palauteilmiöissä toimii toisiaan vahvistavat ketjureaktiot, joihin voidaan vaikuttaa epäsuorasti. Lämpenevään palauteilmiöön, missä lumipeitteen pinta-alan pienenemiseen voidaan vaikuttaa kaikkialla maapallolla, vaikka pinta-alan pieneneminen näkyy ainoastaan kylmillä ilmastovyöhykkeillä.

Lumipeite on ilmastoon viilentävä vaikuttava palautejärjestelmä (Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt 2024). Mitä laajempi lumipeite maapallolla on, sitä suurempi viilentävä vaikutus sillä on globaaliin ilmastoon. Tällä on ollut merkittävä vaikutus historiassa, jolloin jääkaudet ovat alkaneet. Viilentävän palauteilmiön tiedetäänkin olleen yksi selittävä tekijä jääkausien alkamisessa ja jatkumisessa, kun lumipeitteen pinta-ala on suurentunut kumulatiivisesti niin, ettei lumi ole enää ehtinyt sulaa kesällä pois kokonaan maanpinnalta, ennen uuden talven tuloa.

Pinta-albedo heijastaa lumipeitteestä auringonvaloa takaisin ilmakehään ja avaruuteen, mikä alentaa ilman lämpötilaa lähellä maanpintaa (Merkouriadi ym. 2017). Lumen väri vaikuttaakin sen albedoon, suurin albedo on valkoisella lumella (Science of Snow 2024). Lumen väri voi tummua ilmansaasteiden ja pölyn takia, ja sitä tapahtuu varsinkin kaupunkialueilla. Kun lumen väri tummuu, sen sulaminen on nopeampaa, sillä se absorboi osan auringonvalosta itseensä. Lisäksi sen ilmastoon viilentävästi vaikuttava ominaisuus vähenee, pinta-albedon vähentyessä.

Lumipeite vaikuttaa palauteilmionä ilmastoon viilentävästi (Popova 2007). Lumipeite Pohjois-Euraasiassa, mihin myös Suomi kuuluu, vaikuttaa veden ja energian kulkuun maanpinnassa, maaperässä ja ilmakehän alimmissa kerroksissa. Veden ja energian kulku lumipeitteen takia vaikuttaa alueellisiin ja globaaleihin ilmastojärjestelmiin. Lumipeitteen ja sen syvyyden muutokset Pohjois-Euraasiassa vaikuttavat NAO:on, muihin globaalimittakaavan ilmakehän kiertokulkumaaleihin ja suursäätiloihin, tämä osoittaa yhteyden niiden välillä koskevan laajempaa ilmastodynamiikkaa. Ilmiöiden välillä on kiistaton palauteilmioyhteys. Jos lumipeitteessä tai ilmastossa tapahtuu muutoksia, vaikuttaa se myös NAO:on ja muihin suursäätiloihin.

2.2 Lumipeitteeseen vaikuttavat tekijät Suomessa

2.2.1 Suomen ilmasto

Ilmasto on sään keskiarvo-olosuhteet, jota voidaan tarkastella kuukausien mittakaavasta miljoonien vuosien mittakaavaan (Climate 2024). Maailman Ilmatieteen järjestön virallisen linjauksen mukaan, jotta ilmaston vertailu onnistuu globaalisti, ilmasto mitataan 30 vuoden vertailukausien avulla. Vertailukautena pidetään 30 vuotta, sillä se on tarpeeksi pitkä aika keskiarvoon, johon ei vaikuta yksittäiset poikkeusvuodet (Ilmastollinen vertailukausi 2024). Lisäksi se on tarpeeksi lyhyt aikaväli, jonka aikana ilmasto ei ehdi muuttua paljoa. Vertailukausia kutsutaan ilmastojaksoiksi (Climate 2024). Viimeisin virallinen ilmastojakso on 1991–2020. Seuraava virallinen ilmastojakso alkaa vuodesta 2021 ja loppuu vuoteen 2030. Virallisten ilmastojaksojen lisäksi voidaan ilmasto tarkastella muilla aikaväleillä, mutta 30 vuoden tai sitä pidempi intervalli on suotava.

Koko Suomen ilmasto kutsutaan väli-ilmastoksi, jossa on merellisen ja mantereisen ilmaston piirteitä alueen mukaan. Suomessa säähän vaikuttavat suuresti kunkin ilmavirtausten suunnat ja matala- ja korkeapaineet (Nykyinen ilmasto – 30 vuoden keskiarvot 2024). Lisäksi Suomi sijaitsee keskileveysasteiden länsituulivyöhykkeellä, jossa trooppiset ja polaariset ilmamassat kohtaavat. Tällaisella alueella sää vaihtelee nopeasti, erityisesti talvella. Suomen ilmasto jaetaan tarkemmin Ilmatieteenlaitoksen mukaan viiteen pääluokkaan: hemi-, etelä-, keski- ja pohjoisboreaaliseen, sekä hemiarktiseen (Suomen ilmastovyöhykkeet 2024). Nämä luokitukset perustuvat kasvillisuuteen, joka on hyvä ilmaston indikaattori tiettyjen kasvien vaatiessa tietyt kasvuolosuhteet.

Hemiboreaalin vyöhyke jaotellaan sen mukaan, että vyöhykkeellä menestyy tammi, joka vaatii minimipituisen kasvukauden (Suomen ilmastovyöhykkeet 2024). Suomessa hemiboreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluu etelän rannikko ja saaristo. Eteläboreaalisisessa vyöhykkeessä esiintyy lehtimetsän lajeja, kuten vaahteraa, mutta yleisin puulaji on metsäkuusi, -mänty ja koivut. Eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluu suurin osa Keski-Suomesta. Keski-boreaalisisessa vyöhykkeessä esiintyy paljon soita ja lämpötilan vaihtelu on suurempaa kuin muualla, myös puustoa on vähemmän, kun eteläisemmissä vyöhykkeissä. Keski-boreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluu Suomen keskiosa, maakunnista siihen kuuluu pohjoisin Pohjanmaa, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu ja Pohjois-Karjalan eteläosa.

Suomen pohjoisimpiin osiin kuuluu kaksi ilmastovyöhykettä. Toinen niistä on pohjoisboreaalin vyöhyke, joka on piirteiltään harva metsäinen. Sen kesä on lyhyt ja viileä. Vyöhykkeeseen kuuluu myös Lapin tundra alue, jossa kasvaa vain vaivauskoivua ja joitain pajulajeja. Pohjoisboreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluu maakunnista Lappi, ja Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun pohjoisosa. Pienin vyöhyke on hemiarktinen, joka sijaitsee ainoastaan Käsivarren Lapissa, Kilpisjärven seudulla. Hemiarktinen vyöhyke on puutonta ja korkean topografian takia tuulista aluetta.

Köppen-Geigerin ilmastoluokituksen mukaan Suomi kuuluu kylmään ilmastoon, jossa ei esiinny kuivaa kautta (Peel ym. 2007: 1641–1643). Etelärannikolla esiintyy lämmin kesä, mutta muualla Suomessa luokitellaan talven olevan kylmä. Etelärannikon kylmän ilmaston, ilman kuivaa kautta ja lämpimän kesän ilmastotyyppiä kuvataan Köppen-Geiger luokituksessa termillä Dfb. Muun Suomen kylmän ilmaston, ilman kuivaa kautta ja kylmän kesän ilmastotyyppiä kuvataan termillä Dfc. Suomen etelärannikko (Dfb) kuuluu siis eri ilmastoluokitukseen kuin muu Suomi (Dfc).

Luokituksessa (D) on kylmä ilmasto, (f) on, ei kuivaa kautta, (b) on lämmin kesä ja (c) on kylmä kesä (Peel ym. 2007: 1636). Kylmän ilmaston (D) luokituksessa vuosittaisen kuumimman kuukauden keskilämpötila on yli kymmenen astetta celsiusta ja kylmimmän kuukauden lämpötila on alle nolla astetta celsiusta. Ilmastoluokitukseltaan ei kuivan kauden (f) kriteerin saa, jos alueella ei ole kuivaa kautta talvella tai kesällä. Lämmin kesä (b) on luokituksen kriteerien mukaisesti, jos alueella esiintyy yli neljää kuukautta, jolloin keskilämpötila on yli kymmenen celsius astetta, mutta kuumimman kuukauden keskilämpötila ei saa olla yli 22 astetta celsiusta. Kylmän kesän määritelmä luokituksessa on, ettei kuumimman kuukauden keskilämpötila ei saa olla yli 22 astetta celsiusta, alueella ei ole neljää kuukautta, jolloin

keskilämpötila on yli kymmenen astetta celsiusta, eikä kylmimmän kuukauden keskilämpötila saa olla alle -38 astetta celsiusta.

Suomen säähän ja varsinkin sen talvisäähän vaikuttaa erityisesti neljä suursäätilyä; positiivinen NAO, negatiivinen NAO, atlanttinen korkeapaineen selänne ja Skandinavian sulkukorkeapaine (Rantanen & Nygård 2024). NAO, eli Pohjois-Atlantin oskillaatio (engl. *North Atlantic Oscillation*) voi olla positiivinen tai negatiivinen, riippuen vaikuttaako Pohjois-Atlantin alueella matala- ja korkeapaine (Mikä on NAO, ja miten se vaikuttaa Suomen säähän? 2023).

NAO:n on huomattu vaikuttavan erityisesti talviolosuhteisiin (Uvo 2003: 1185–1187, 1191–1193). Negatiivinen NAO ilmaisee Islannin pysyvän matalapaineen olevan syvempi ja Azorien pysyvän korkeapaineen olevan vahvistuneempi, kun taas positiivinen NAO ilmaisee, kun Islannin matalapaine ja Azorien korkeapaine ovat keskimääräistä heikommat.

Positiivinen NAO liittyy Suomessa lämpimämpiin ja kosteampiin talviin, koska matalapaineen ja korkeapaineen yhteisvaikutus Pohjois-Atlantilla kuljettaa lännestä lämmintä ilmaa Suomeen (Mikä on NAO, ja miten se vaikuttaa Suomen säähän? 2023). Negatiivinen NAO liittyy viileisiin ja kuivempiin talviolosuhteisiin Suomessa, sillä matala- ja korkeapaineen ollessa heikommat, kulkeutuu Suomeen idästä kylmää ilmaa. Positiivisen ja negatiivisten NAO välillä on syklisyyttä, mutta NAO:n arvo voi vaihdella talven aikana positiivisesta negatiiviseen. Koska Suomen ilmastoon vaikuttaa suuresti, mistä vallitsevat ilmavirtaukset tulevat, vaikuttaa NAO Suomen säähän (Rantanen & Nygård 2024).

Atlanttinen korkeapaineen selänne sekä Skandien sulkukorkeapaine ovat korkeapaineen ja matalapaineen vuorovaikutuksiin liittyviä suursäätilyitä. Korkeapaineen selänneellä tarkoitetaan korkeapaineen aluetta, joka on usein kahden matalapaineen välissä (Tieteen termipankki 2024). Korkeapaineen vallitessa alueella, on talvisää yleensä selkeä ja sateeton (Ilmanpaine 2024). Kaikista kovimmat pakkaset esiintyvät korkeapaineen vallitessa, kun lämpö karkaa avaruuteen pilvettömän taivaan takia. Matalapaineen vallitessa talvisää on lauha ja taivas on harmaa pilvistä. Lisäksi vesisateet ovat mahdollisia matalapaineen säällä talvella.

Suomessa lumen akkumulaatiota ja siihen vaikuttavia tekijöitä voidaan mitata eri mittakaavoissa: mikro- ja meso- ja makromittakaavassa (Kuusisto 1984). Mikromittakaavassa lumen akkumulaatiota mitataan yksittäisellä avoimella, tasaisella alueella, jolla on homogeeniset ominaisuudet, esimerkiksi yksittäinen suo. Mikromittakaava voi vaihdella ympäristön koon puolesta Suomessa muutamasta senttimetristä satoihin metreihin.

Mesomittakaavassa huomioon otetaan suurempi alue, jolla on muita ominaisuuksia, kuten korkeusvaihteluita, eri maastotyyppisiä ja metsän tiheysvaihteluita. Suomessa mesomittakaava voi vaihdella kymmenistä metreistä kymmeneen kilometriin. Mesomittakaavan mukainen tarkasteltava alue voi olla esimerkiksi metsä. Makromittakaava on eri ilmastoalueiden mittakaava. Suomessa oma ilmastoalueensa on esimerkiksi rannikko ja sen mereinen ilmasto. Muutokset alueen lumipeitteessä johtuvat meso- ja makromittakaavan yhteisvaikutuksista.

Lumen vesiarvo nousee Suomessa keskimäärin länsirannikolta sisämaan kautta kohti pohjoista (Kuusisto 1984). Suurimmat arvot ovat käsivarren ja pohjoisen itärajan alueella ja pienimmät arvot ovat Saaristomerellä. Skandi-vuoriston vaikutuksesta kuten föhntuulen takia, Suomessa talven sadanta nousee lännestä itään keskimäärin 5 prosenttia 100:aa kilometriä kohden. Föhntuuli on Skandi-vuoristolta valuva lämpimän ilman laskutuuli. Lisäksi NAO-indeksi ja muut ilmankiertokulut vaikuttavat Suomen ilmastoon palauteilmiö mekanismeilla (Popova 2007).

Suomen ilmasto kuuluu globaaliin ilmastojärjestelmään, johon vaikuttaa kaikki maapallon kehät: ilma-, eliö-, vesi-, jää- ja maakehät (Climate 2024). Nämä kaikki kehät ovat yhteyksissä toisiinsa, ja niiden väliset vuorovaikutukset liittyvät globaaliin ilmastoon ja sitä kautta myös Suomen ilmastoon. Ilmastonmuutoksen edistäjä ihmisen puuttuminen hiilenkiertoon. Ihmisen käyttäessä fossiilisia polttoaineita, hiiltä vapautuu ilmakehään hiilidioksidina. Hiilidioksidi on yksi kasvihuonekaasuista, joka lisääntyessään ilmakehässä vahvistaa maapallon luontaista kasvihuoneilmiötä. Ihmisen aiheuttamat hiilenkierron muutokset vaikuttavat kaikkiin Maan kehiin ja sitä kautta globaalin ilmastojärjestelmän takia myös Suomen ilmastoon.

2.2.2 Ilmastonmuutos Suomessa

Ilmaston lämpenemistä on havaittu pitkäaikaisissa lämpötila havaintoaineistoissa ja erityisesti kylminä vuodenaikoina (Jones ym. 2002). Viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana erityisesti talvien keskilämpötila on noussut Fennoskandian alueella, johon myös Suomi kuuluu (Rantanen & Nygård 2024). Fennoskandian talvien keskilämpötilat nousseet vuosien 1980–2022 aikana noin 0,6 astetta celsiusta vuosikymmenessä. Lämpenemistahti on noin kolme kertaa nopeampi, kuin globaali keskiarvo.

Toistuva teema tulevaisuuden talvissa Suomessa ja muualla pohjoisen pallonpuoliskon alueilla on se, että ne tulevat muuttumaan (Krasting ym. 2013: 7825–7827). Vuosittainen lumipeitteen

määrä on jo vähentynyt lähes kymmenellä prosentilla aikavälillä 1972–2003 (Jylhä ym. 2008: 442). Sen lisäksi kevääseen mentäessä SWE, on pienentynyt, eli lumi sisältää vähemmän vettä, joka on sulassa tärkeää kasveille. Myös pakkaspäivien määrä on vähentynyt. Lumen määrän väheneminen on haitallista ilmastolle ja ympäristölle paikallisesti, sekä globaalisti.

Lumipeitteellä on merkittävä rooli erityisesti pohjoisella pallonpuoliskolla ilmastojärjestelmään (Déry & Brown 2007). Lumipeitteen viilentävän palauteilmiön arvioidaan pienevän (Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt 2024). Lumipeitteen pinta-alan pienentyessä kylmillä ilmastovyöhykkeillä tulee lumettomilla alueilla vaikuttamaan lämmittävä palauteilmiö. Lämmittävä palauteilmiö nostaa globaalia lämpötilaa entisestään, joka taas kutistaa lumipeitteen pinta-alaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että paikallisten lumipeitteiden kadottua ja lämpötilan noustessa myös globaalilämpötila nousee.

Pakkasen aiheuttamat vauriot ovat suurempia ilman lumen aiheuttavaa peittävää suojaa talvisin. Myös lumipeitteen laajuus on pienentynyt, vaikkakin joillain alueilla lumensyvyuden keskiarvot ovat nousseet (Lehtonen 2015). Lumipeitteen paksuus vaikuttaa myös keväällä tapahtuvaan lumen sulamiseen (Räisänen & Eklund 2012). Ennusteiden mukaan keskitalvisin suuri lumen akkumulaatio ja sen aiheuttama paksu lumensyvyys voi viivästyttää kasvukauden alkua keväällä, vaikka lämpötilat nousisivat tulevaisuudessa. Globaalin (GCM) ja alueellisen (RCM) ilmastomallien mukaan tehdyillä ennusteella maaliskuun lumen vesiarvo (SWE) voi pudota vuoteen 2039 mennessä Etelä-Suomessa 50–20 % nykyisestä, Keski-Suomessa 30–20 % ja Pohjois-Suomessa 0–10 %. Huomioitavaa on se, ettei yli vuosisadan 1828–1982 aineistossa havaittu muutoksia Suomen ilmastossa (Kuusisto 1984).

Tulevaisuuden talviin voi kuulua ilmastomuutoksen takia myös sään ääri-ilmiöitä, kuten myrskyjä, suuret määrät jäätä ja lunta, sekä suuria muutoksia lämpötiloissa päivien välillä (Jylhä ym. 2008: 442). Äärimmäisen ilmiön esimerkkinä on eteläisen Suomen poikkeusvuodet talvina 2009–2010 ja 2012–2013, jolloin lumen määrä oli merkittävästi suurempi normaalista keskiarvosta (Lehtonen 2015). Ilmastomallien ennusteiden mukaiset muutokset oli näinä talvina havaittavissa, kun lyhyen lumipeitejakson aikana tuli huomattava määrä lunta. Saman ennusteen mukaan erittäin lumirikkaiden talvien määrä kuten 2009–2010 ja 2012–2013 talvina, tulee yleistymään vuosituhannen loppua kohden.

Talvina 2009–2010 ja 2012–2013 runsaan lumisateen Etelä-Suomessa aiheutti anomalia lämpötilassa ja merenpinnan tasoisessa ilmanpaineessa (Lehtonen 2015). Molempina poikkeavina talvina havaittiin normaalista lämpimämpää napapiirin pohjoispuolella mm.

Grönlannissa ja Kanadan arktisilla alueilla. Lisäksi etelämmässä, Pohjois-Afrikassa ja Lähi-Idässä oli normaalia lämpimämpää. Kylminä talvina esiintyvän runsaslumisuu den on havaittu liittyvät ilmakehänmuutoksiin ilmastonmuutokseen (Lehtonen 2015: 8). Kuitenkaan tällaiset anomaliat eivät ole tuntemattomia historiassa, vaan niiden esiintyminen ajoittain on myös normaalia, eikä liity aina ilmastonmuutokseen.

Tiedetään, että kylmää ilmaa Suomeen tuovat suursäätilat ovat lämmenneet enemmän, kuin lämpimiä ilmassoja tuovat säätilat (Rantanen & Nygård 2024). Epätasainen lämpenemistahti tarkoittaa, että talvien lämpötilojen vaihtelu on pienentynyt Suomessa. On havaittu, että napalualueilla tapahtuva lämpeneminen on yhteydessä siihen, että NAO-indeksissä negatiiviset NAO tilanteet yleistyvät. Ilmiö johtaa yksinään Suomen talvien kylmenemiseen ja ainakin niiden hitaampaan lämpenemiseen. Kuitenkin ilmastojärjestelmän monimutkaisuus ja erilaiset palauteilmiöt vaikeuttavat yksittäisten tekijöiden ennustamista. Koska ilmasto on monen tekijän summa, sen kokonaisvaltaista netto lämpenemistä tai viilentymistä on helpompi mallintaa ilmastomallien avulla.

Globaalin (GCM) ja alueellisen (RCM) ilmastomallien mukaan tehdyillä arvioilla koko Suomen sadanta lisääntyy vuoteen 2039 mennessä marras- ja maaliskuun välisenä aikana jopa kymmenen prosenttia, vuosiin 2040–2069 mennessä jopa 10–20 % ja vuosiin 2070–2099 mennessä nykyiseen verrattuna 20–30 % (Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Ilmastomallit ovat matemaattisesti ilmastojärjestelmää kuvaavia yhtälöitä, jotka sisältävät eri parametrejä (Mallinnuksella tietoa ilmastosta 2024). Globaalissa ilmastomallissa kuvannetaan koko maapallon ilmastoa, ottaen huomioon suurien kokonaisuuksien muutokset, kuten valtamerissä ja ilmakehässä tapahtuvat muutokset (Jylhä ym. 2009: 19–21). Alueelliset ilmastomallit ovat tarkempia, tietyn alueen ilmastollisten ilmiöiden kuvaamisessa käytettyjä ilmastomalleja, mutta ne vaativat tuekseen aina globaalin ilmastomallin.

Alueellisen ilmastomallin mukaan myös marras- ja maaliskuun välisenä aikana keskimääräinen ilman lämpötila nousee koko Suomessa 1–2°C, vuoteen 2039 mennessä (Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Saman ennusteen mukaan vuotena 2099 voi lämpötilan muutos olla talvikuukausina 4–5°C lämpimämpää Etelä- ja Keski-Suomessa ja Pohjois-Suomessa jopa 6–7°C lämpimämpää. Ennusteessa lumisateen määrä tulee laskemaan Etelä-Suomessa marras-maaliskuun välisenä aikana 10–20 %, Keski-Suomessa 0–10 % vuoteen 2039 mennessä (Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Pohjois-Suomessa kehitys menee päinvastaiseen suuntaan, kun lumisateen määrän odotetaan nousevan 10–20 %, vuoteen 2039 mennessä. Vuoteen 2099

mennessä erot pohjoisen ja etelän välillä kasvaa, kun ilmastomallin mukaan etelässä lumen määrän väheneminen nykyisestä voi laskea 50–30 % ja pohjoisessa nousta 10–20 %.

Ennustetaan, että lumipeitteen pituus lyhenee sen alusta syksyllä ja lopusta keväällä (Räisänen 2008 & 2021). Vaikka lumipeitteen pituus lyhenee, arvioidaan kuitenkin sen lumen vesiarvon nousevan, jos talvien keskilämpötila nousee ilmastomallien ennusteiden mukaisesti. Ilmastonmuutoksen ja sen aiheuttaman lämpenemisen katsotaan lyhentävän lumikautta huomattavasti Fennoskandian alueella, jos lämpeneminen jatkuu nykyistä tahtia (Lehtonen 2013). Vaikka lämpeneminen jatkuisi, keskitalveenkin vaikuttaen, napapiirin pohjoispuolella ennustetaan talvien kestävän vielä neljän asteen lämpenemisen jälkeenkin kestävän noin viisi kuukautta. Lumisuuden vaihtelut voi silti vuosittain tulevaisuudessa vaihdella enemmän.

Jos ilmastonmuutoksen takia talven sadanta nousee ilman ilmastonlämpenemistä, tulee talvista lumisempia. Kuitenkin ilmastomallien ja muiden ennusteiden mukaan talvien lämpötilat tulevat nousemaan, joka vähentää lumisateen määrää ja se korvautuu vesisateella (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021). Lähiajan ilmastonlämpenemisen on arvioitu paikallisten lumipeitteiden akkumulaatioissa muutoksia, kuten kevät talven lumisateen vähentymistä ja korvaantumista vesisateella, sekä keskitalven lumisateen määrän kasvamista (Popova 2007; Mankin & Diffenbaugh 2015; Räisänen & Eklund 2012).

Ilmaston lämmitessä talven pituus tulee lyhenemään (Jylhä ym. 2009: 46–49). Ilmatieteenlaitoksen julkaiseman raportin alueellisen ilmastomallin mukaan nykyisen vuosisadan loppuun mennessä eteläisimmästä Suomesta ja saaristosta talvi katoaa kokonaan ja korvaantuu syksyllä. Myös kevät saapuu nopeammin, jos yksi vuodenajoista häviää kokonaan. Raportin alueellisessa ilmastomallissa on käytetty skenaariota, jossa ilmastonmuutos on voimakkuudeltaan ”keskitasoinen”.

3 Aineistot ja menetelmät

Pysyvän lumipeitteen pituuden ja sen aikaisen lumenkeskisyvyyden tarkasteluun valitsin Ilmatieteenlaitoksen lumensyvyysaineiston. Aineisto on Ilmatieteenlaitoksen havaintodataa, jossa päivittäiset lumensyvyysarvot ovat merkitty senttimetreinä (FMI DATA 2021). Jos säähavaintoaseman lumensyvyys oli alle 1 senttimetriä tai mittauspaikan vierellä on lunta, on arvo -1. Lumensyvyysaineisto on ympärivuotinen arvojakso, eli aineistossa on vuoden jokaiselta päivältä lumensyvyysarvo. Päivittäinen lumensyvyysarvo mitataan talvisin Ilmatieteenlaitoksen asettamaan standardi aikana, Suomen aikaan kello 8:00 (06 UTC) (Lumensyvyyden mittaus on taitolaji 2024). Päivittäisiä lumensyvyys säähavaintoja on saatavilla Ilmatieteenlaitoksen havaintodatasta 617:ltä eri säähavaintoasemalta Suomessa vuodesta 1989 vuoteen 2021 (FMI DATA 2021).

Säähavaintoasemien lumensyvyystiedot ovat mittakaavaltaan mikromittakaavaa, sillä ne kuvaavat vain lumenmittausaseman lumensyvyyttä (Kuusisto 1984). Säähavaintoasemien tiedoista ei selviä onko havaintodatat manuaalisesti vai automaattisesti kerätyjä (Havaintosuuret: mitä havainnoimme? 2024); Lumensyvyyden mittaus on taitolaji 2024). Säähavaintoasemien mittaustuloksiin voi vaikuttaa lumen kasaantuminen tuulisella säällä, lisäksi mittauspaikan roskat, maanroutiminen ja eläimet voivat aiheuttaa virheitä mittauksessa.

Latasin päivittäiset lumensyvyysarvot valitsemiltani kolmelta havaintoasemilta: Utsjoki, Kevon säähavaintoasema, Jyväskylän lentokentän säähavaintoasema ja Vantaan, Helsinki-Vantaan säähavaintoasema. Säähavaintoasemien valinnassa käytin perusteena niiden maantieteellistä sijaintia Suomessa. Jokainen valittu säähavaintoasema sijaitsee omalla leveysasteellaan Suomessa. Säähavaintoasemat sijaitsevat eri ilmastovyöhykkeillä (taulukko 1). Vantaan, Helsinki-Vantaan säähavaintoasema sijaitsee merellisellä ilmastoalueella ja Jyväskylän lentoaseman ja Utsjoen Kevon säähavaintoasemat sijaitsevat mantereisella ilmastoalueella. Koska Suomi on pitkä maa pohjois-etelä-akselilla, koin tarpeelliseksi valita Etelä-, Keski-, ja Pohjois-Suomesta säähavaintoaseman, jotta voidaan selvittää Suomen sisäisiä eroja pysyvän lumipeitteen kestossa ja sen aikaisen keskimääräisen lumensyvyyden paksuudessa.

Päivittäisten lumensyvyysarvot latasin jokaiselta vuodelta ilmastojakson aikana 1991–2020 valitsemiltani säähavaintoasemilta. Jotta vertailukausi olisi hieman pidempi, päätin sisältää virallista ilmastojaksoa hieman pidemmän aikavälin tutkimukseeni, ottaen huomioon myös

talvet 1989–1990 ja 1990–1991. Koska talvi alkaa syksyllä ja loppuu keväällä, latsin aineistot syksyiltä 1989 asti. Vastaavasti ilmastojakson viimeinen talvi loppui vuoden 2021 puolella, joten latsin myös kyseisen vuoden aineistot kesäkuuhun asti.

Aineistojen latauksen jälkeen, yhdistin vuosittaiset arvot talvien arvoiksi niin, että aineiston alkuperäisestä muodosta, jossa aikaväli on tammi-joulukuu, muutin aikavälin elo-kesäkuuksi. Lisäksi yhdistin talvien arvot yhteen työtiedostoon säähavaintoasemittain, jotta vuosittaisten vaihteluiden arviointi oli helpompaa.

Alkuperäisessä aineistossa lumensyvyyksien arvoina oli -1, jos lumensyvyys oli alle 1 senttimetriä, joten muutin myös nämä arvoiksi 0, sillä pysyvän lumipeitteen määritelmä oli talven pisin jakso, jolloin lunta oli yli yksi senttimetri. Koska tarkastelussani on tutkielmassani ainoastaan pysyvän lumipeitteen pituus, seuraavana merkitsin jokaisen talven pysyvät lumipeitteet aineistoihin. Ja koska muita lumensyvyysarvoja ei tarvittu, poistin ne. Pysyvien lumipeitteiden merkitsemisen jälkeen, laskin jokaisen talven pysyvän lumipeitteen pituuden ja merkitsin sen taulukkoon (liite 1). Lisäksi samaan taulukkoon laskin kyseisten pysyvien lumipeitteiden keskimääräiset lumensyvyydet. Pysyvien lumipeitteiden ja keskimääräisten lumensyvyyksien lisäksi merkitsin aineistosta taulukkoon jokaisen talven pysyvän lumipeitteen alkamis- ja loppumispäivämäärän (liite 2).

Taulukko 1. Valitut säähavaintoasemat, ja niiden yksityiskohtaiset tiedot (Peel ym. 2007: 1641–1643; Suomen ilmastovyöhykkeet 2024; Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat 2024).

Säähavaintoasema	Utsjoki, Kevo	Jyväskylä, lentoasema	Vantaa, Helsinki-Vantaan lentoasema
Koordinaatit	69°45'36.0"N 27°00'36.0"E	62°24'00.0"N 25°40'12.0"E	60°19'48.0"N 24°58'12.0"E
Korkeus merenpinnasta	107 m	139 m	47 m
Köppen-Geiger ilmastoluokitus	Dfc	Dfc	Dca
Ilmastovyöhyke	Pohjoisboreaalinen	Keskiboreaalinen	Hemiboreaalinen
Ympäröivä alue	Säähavaintoasema Utsjoen kanjonissa koillisrinteen tasanteella, joka kulkee etelä - pohjoissuunnassa. Ympärillä tunturimaastoa, jossa kasvaa tunturikoivua ja männikköä	Säähavaintoasema lentoaseman kiitoradan tuntumassa nurmialueella. Kiitorataa ympäröi muutamat rakennukset ja metsäisemmät, soistuneet alueet. Ympärillä muutamia lampia.	Säähavaintoasema lentoaseman kiitoratojen pohjoispuolella, sorakentällä. Ympärillä ojitettua suota ja kuivaa metsää. Alueella ei lentoaseman rakennuksien lisäksi muita rakennuksia. Lähistöllä ei ole suuria vesistöjä.
Huomioitavaa	Kanionin aiheuttamat suuret korkeuserot	Alueella ei tuulensuojaa, kiitorataa aurataan.	Alueella ei tuulensuojaa, kiitorataa aurataan.

Menetelmänä kvalitatiivisten lumensyvyysaineistojen dataa analysoin taulukkolaskentaohjelman avulla. Taulukoihin (liite 1; liite 2) liittämästäni datasta laskin tilastollisin menetelmin kaikkien säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden lumensyvyyksien keskiarvot ja -hajonnat. Lisäksi laskin koko tarkasteltavan aikavälin pysyvien lumipeitteiden pituuksien keskiarvon ja -hajonnan. Laskin myös valitsemani aikavälin ensimmäisen ja toisen puolikkaan keskiarvot ja -hajonnat lumensyvyyksistä ja pysyvän lumipeitteen kestoista. Kuvailevan tilastotieteen eli diagrammien ja taulukoiden avulla analysoin säähavaintoasemilla tapahtuneita muutoksia eri talvien lumipeitteiden pituuksissa ja keskisyvyyksissä. Kuvailevan tilastotieteen menetelmiä on tuloksissa taulukoiden ja kuvaajien muodossa (taulukot 1–7; kuvat 1–11). Kaikkien säähavaintoaineistojen tuloksia verrattiin ja tarkasteltiin keskenään. Lisäksi tuloksien vaihtelua eri säähavaintoasemien välillä tarkasteltiin.

4 Tulokset

4.1 Säähavaintoasemien pysyvien lumipeitteiden muutokset ilmastojaksolla 1991–2020

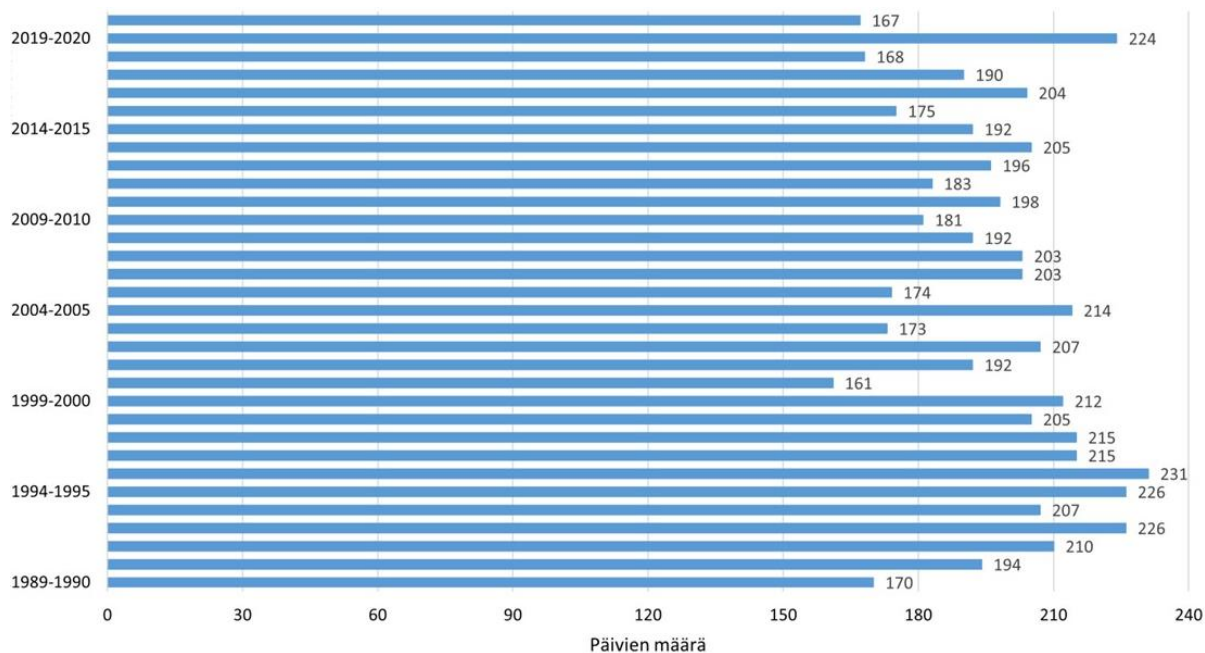
4.1.1 Utsjoki, Kevon tulokset

Tarkasteltavalla aikavälillä Utsjoen, Kevon säähavaintoasemalla pysyvä lumikausi alkoi keskimäärin 30. lokakuuta ja loppui 14. toukokuuta (taulukko 2). Säähavaintoaseman keskimääräinen pysyvän lumipeitteen kesto oli 197 päivää, 16 päivän keskihajonnalla (taulukko 2; kuva 1). Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1990 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen kesto oli keskimäärin 202 päivää 21 päivän keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2020 pituus oli keskimäärin 192 päivää, 16 päivän keskihajonnalla.

Taulukko 2. Utsjoen Kevon säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen tuloksia (FMI DATA 2021).

Utsjoki, Kevo	Talvi	Päivä(t)
Keskimääräinen pysyvän lumipeitteen kesto tarkasteltavalla aikavälillä (1989–2021)		197
Pisin pysyvän lumipeitteen kesto	1995–1996	231
Lyhyin pysyvän lumipeitteen kesto	2001–2002	161
Varhaisin akkumulaatio	1992–1993	9. lokakuuta
Myöhäisin akkumulaatio	2020–2021	1. joulukuuta
Varhaisin sulaminen	1989–1990, 2001–2002 ja 2015–2016	3. toukokuuta
Myöhäisin sulaminen	1995–1996, 1996–1997 ja 2016–2017	1. kesäkuuta

Vuosittainen pysyvän lumipeitteen pituuden vaihtelu Utsjoen, Kevon säähavaintoasemalla oli melko vähäistä tarkasteltavalla aikavälillä (kuva 1). Tarkasteltavan aikavälin ennätyslyhyen ja -pitkän pysyvän lumipeitteen kestojen välillä on viisi talvea. Pituuksissa on talvien välillä havaittavissa pientä syklimäisyyttä, varsinkin aikavälin loppu puolella.

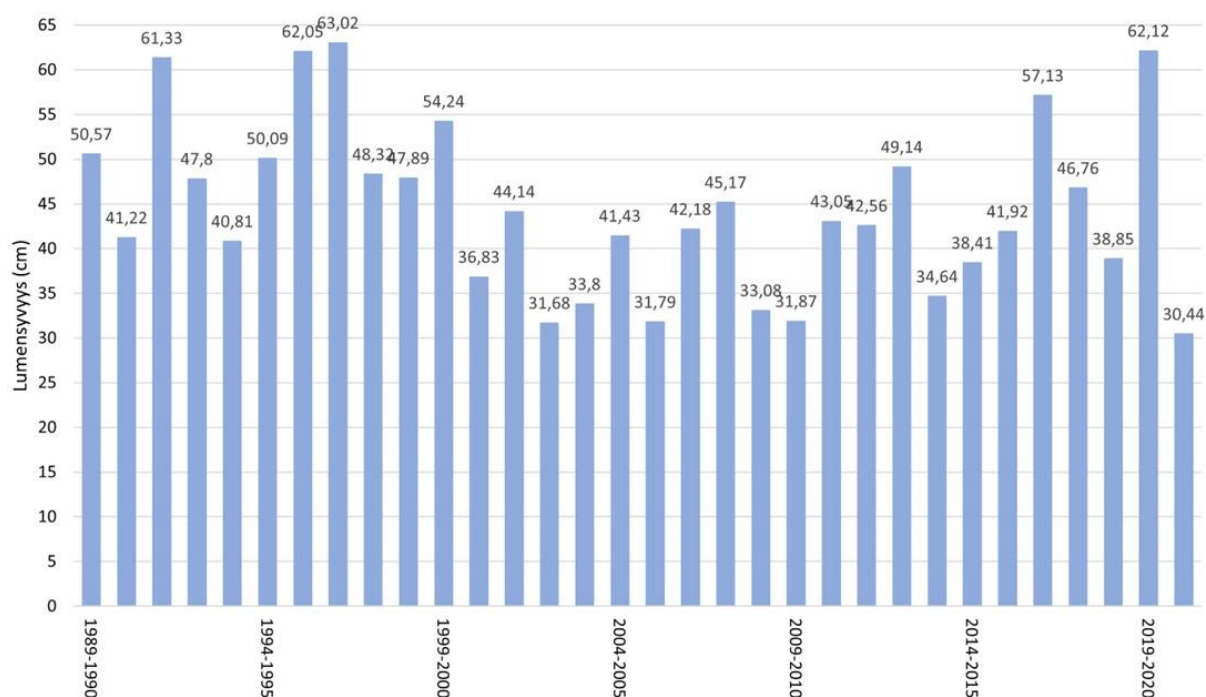


Kuva 1. Pysyvän lumipeitteen kesto Utsjoki, Kevon säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Siniset palkit kuvaavat ilmastojakson jokaisen talven pysyvien lumipeitteiden pituuksia, palkkien päätyyn merkitty pituus päivinä.

Utsjoen, Kevon säähavaintoasemalla ilmastojakson aikana pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 44,5 senttimetriä, 9,6 senttimetrin keskihajonnalla (taulukko 3; kuva 2). Pysyvän lumipeitteen lumensyvyyden keskiarvo ei laskenut kertaakaan tarkastellun aikavälin aikana alle 30 senttimetriä. Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1990 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 42,5 senttimetriä, 9,6 senttimetrin keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2020 keskimääräinen lumensyvyys oli 42,5 senttimetriä, 9,0 senttimetrin keskihajonnalla.

Taulukko 3. Utsjoen Kevon pysyvien lumipeitteiden keskimääräisten lumensyvyyksien tuloksia (FMI DATA 2021).

Utsjoki, Kevo	Talvi	Lumensyvyys (cm)
Keskimääräinen lumensyvyys tarkastellulla aikavälillä (1989–2021)		44,5
Suurin lumensyvyyden keskiarvo	1996–1997	63,0
Pienin lumensyvyyden keskiarvo	2020–2021	30,4



Kuva 2. Vuosittainen pysyvien lumipeitteiden lumensyvyyksien keskiarvot Utsjoki, Kevon säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Siniset palkit kuvaavat vuosittaisia lumensyvyyskeskiarvoja pysyvistä lumipeitteistä.

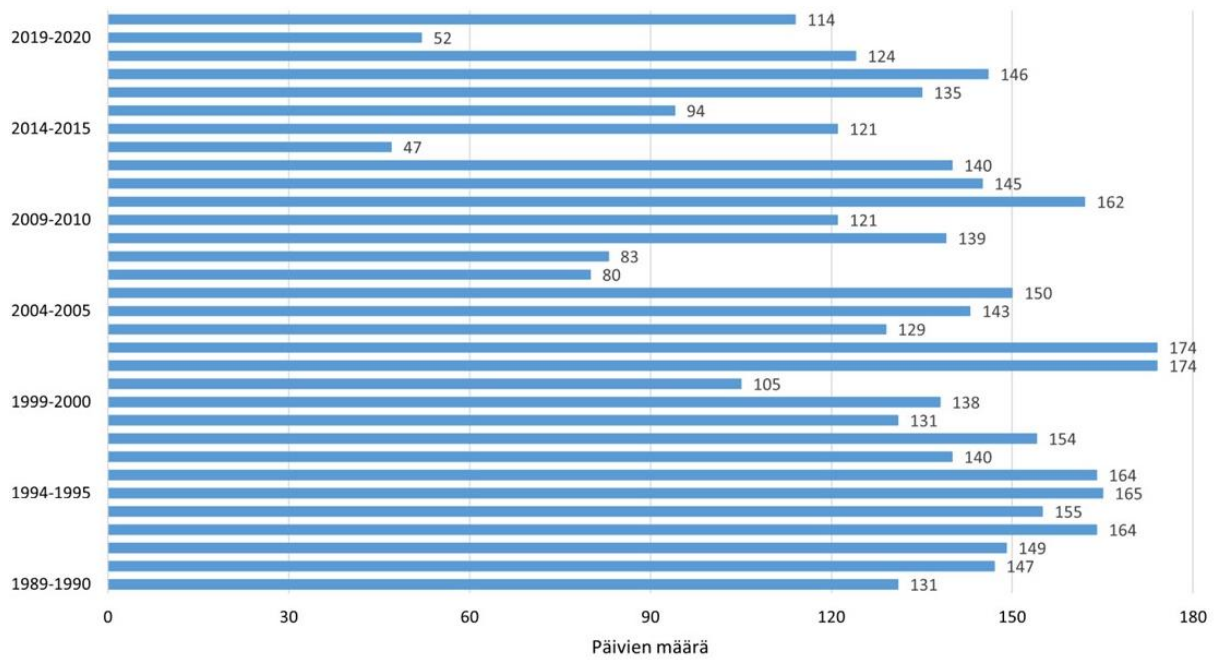
Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden pituuksien ja keskimääräisten lumensyvyyden trendit tarkasteltavalla aikavälillä ovat hyvin heikosti laskevat (kuva 1). Jos sama trendi jatkuu lumensyvyysarvojen suhteen myös tulevaisuudessa, tulee säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen pituus lyhentymään ja lumensyvyys laskemaan vähitellen.

4.1.2 Jyväskylä, lentoaseman tulokset

Tarkasteltavalla aikavälillä Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla pysyvä lumikausi alkoi keskimäärin 19. marraskuuta ja loppui 12. huhtikuuta (kuva 4). Sähavaintoaseman keskimääräinen pysyvän lumipeitteen kesto oli 132 päivää, 32 päivän keskihajonnalla (taulukko 4; kuva 4). Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1990 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen kesto oli keskimäärin 148 päivää 19 päivän keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2020 pituus oli keskimäärin 114 päivää, 35 päivän keskihajonnalla. Pysyvän lumipeitteen vuosittainen vaihtelu on syklimäinen.

Taulukko 4. Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen tuloksia (FMI DATA 2021).

Jyväskylä, lentoasema	Talvi	Päivä(t)
Keskimääräinen kesto	1990–2020	132
Pisin kesto	2001–2002 ja 2002–2003	174
Lyhyin kesto	2013–2014	47
Varhaisin akkumulaatio	1992–1993	11. lokakuuta
Myöhäisin akkumulaatio	2007–2008	19. tammikuuta
Varhaisin sulaminen	2019–2020	17. tammikuuta
Myöhäisin sulaminen	1991–1992	1. toukokuuta



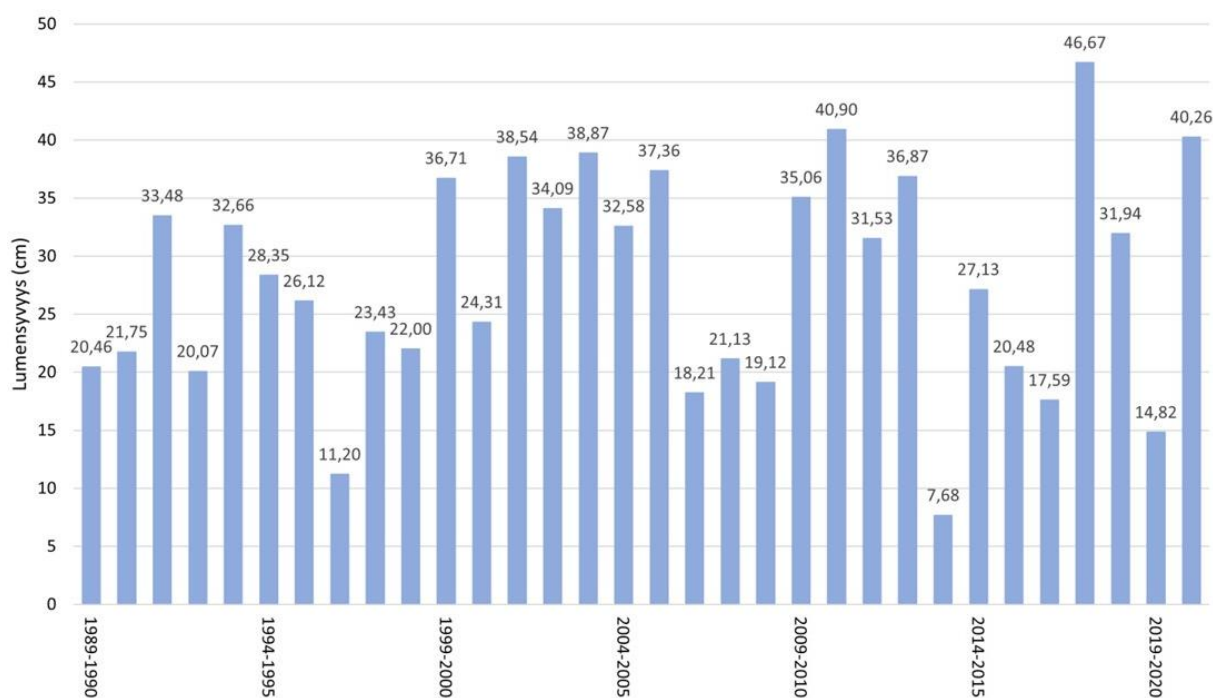
Kuva 3. Pysyvän lumipeitteen kesto Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Siniset palkit kuvaavat ilmastojakson jokaisen talven pysyvien lumipeitteiden pituuksia, palkkien päätyyn merkitty pituus päivinä.

Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla tarkastelevan aikavälin aikana pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 27,9 senttimetriä, 9,6 senttimetrin keskihajonnalla (taulukko 5). Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1990 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 27 senttimetriä, 7,9 senttimetrin keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2020 keskimääräinen lumensyvyys oli myös 27 senttimetriä, mutta 11,2 senttimetrin keskihajonnalla.

Pysyvien lumipeitteiden lumensyvyyksien keskiarvoissa on huomattavissa syklisyyttä, jolloin vähälumisempien talvien välissä on runsaslumisempia talvia (kuva 5). Syklisyyden aikavälillä voi havaita myös runsaimman ja pienimmän lumensyvyyden talvista, jotka ovat molemmat 2010-luvulla, kolmen talven päässä toisistaan (taulukko 5).

Taulukko 5. Jyväskylän lentoaseman keskimääräisten lumensyvyyksien tuloksia (FMI DATA 2021).

Jyväskylä, lentoasema	Talvi	Lumensyvyys (cm)
Keskimääräinen lumensyvyys	1990–2020	27,9
Suurin lumensyvyyden keskiarvo	2017–2018	46,7
Pienin lumensyvyyden keskiarvo	2013–2014	7,7



Kuva 4. Vuosittaisten lumensyvyyksien keskiarvot Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021).

Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden pituuksien trendi on lineaarisesti laskeva (kuva 4). Jos sama trendi jatkuu tulevaisuudessa, tulee säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden pituudet lyhenemään merkittävästi tulevaisuudessa aineiston mukaan. Säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden keskimääräisten lumensyvyyksien trendi on hyvin heikosti nouseva. Lumensyvyyksien keskiarvojen trendien jatkuessa aineiston ennusteiden mukaisesti, tulee tulevaisuudessa lumensyvyyydet nousemaan säähavaintoasemalla pysyvän lumipeitteen aikana.

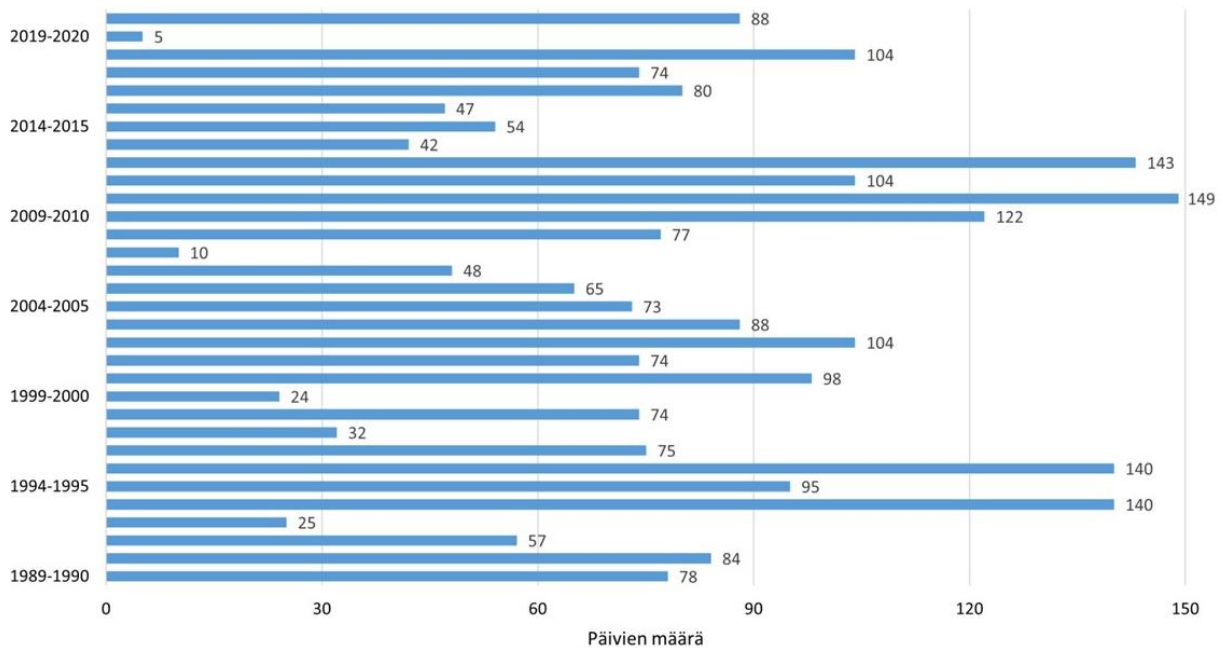
4.1.3 Vantaa, Helsinki-Vantaan lentoaseman tulokset

Tarkasteltavalla aikavälillä Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoasemalla pysyvä lumikausi alkoi keskimäärin 7. joulukuuta ja loppui 17. maaliskuuta (kuva 7). Sähavaintoaseman keskimääräinen pysyvän lumipeitteen kesto oli 77 päivää, 38 päivän keskihajonnalla (taulukko 6; kuva 6). Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1990 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen kesto oli keskimäärin 78 päivää 34 päivän keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2020 pituus oli keskimäärin 76 päivää, 42 päivän keskihajonnalla.

Sähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden kesto, alku ja loppu vaihtelevat vuosittain suuresti tarkastellulla aikavälillä (kuva 7). Keskihajonta on säähavaintoasemalla merkittävä verrattuna keskiarvoon ja pysyvän lumipeitteen vaihtelu on suurta havaintoaikana.

Taulukko 6. Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen tuloksia (FMI DATA 2021).

Vantaa, Helsinki-Vantaan lentoasema	Talvi	Päivä(t)
Keskimääräinen kesto	1990–2020	77
Pisin kesto	2010–2011	149
Lyhyin kesto	2019–2020	5
Varhaisin akkumulaatio	1991–1992	14. marraskuuta
Myöhäisin akkumulaatio	2011–2012	1. maaliskuuta
Varhaisin sulaminen	2019–2020	5. joulukuuta
Myöhäisin sulaminen	2012–2013	19. huhtikuuta

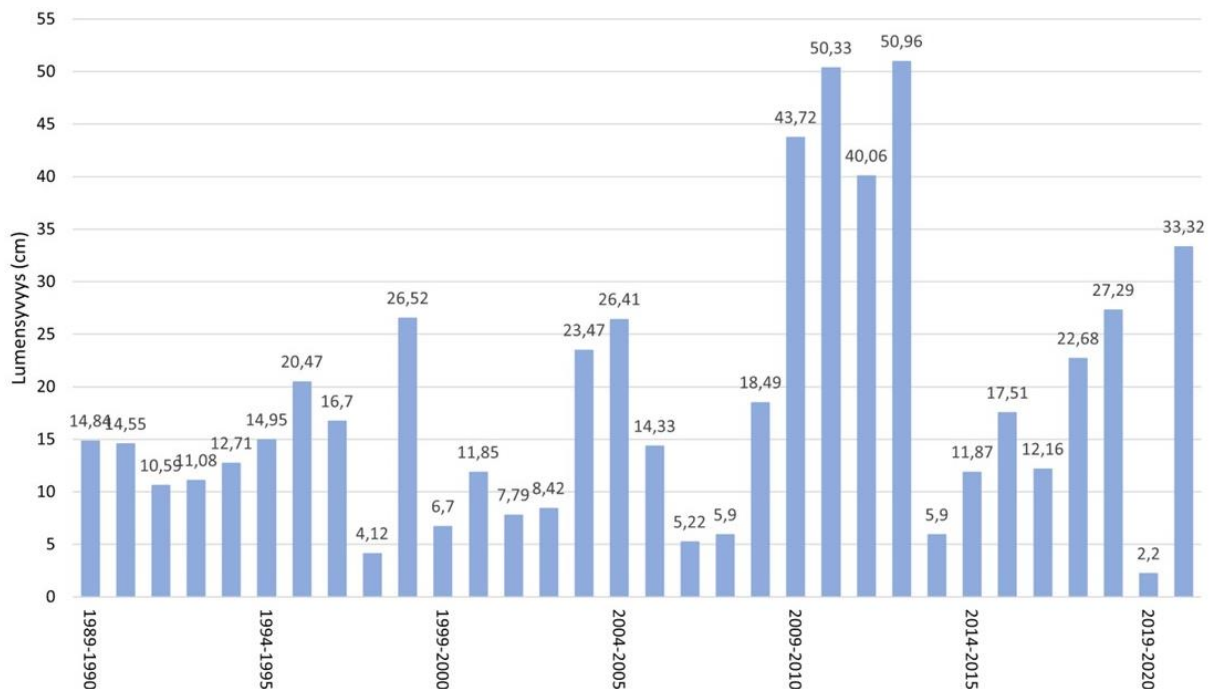


Kuva 5. Pysyvän lumipeitteen kesto Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoasemalla säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Siniset palkit kuvaavat ilmastojakson jokaisen talven pysyvien lumipeitteiden pituuksia, palkkien päätyyn merkitty pituus päivinä.

Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoasemalla ilmastojakson aikana pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 18,5 senttimetriä, 13 senttimetrin keskihajonnalla (taulukko 7). Ensimmäisten 15 vuoden aikana vuodesta 1989 vuoteen 2005 pysyvän lumipeitteen keskimääräinen lumensyvyys oli 14,4 senttimetriä, 6,8 senttimetrin keskihajonnalla. Viimeisimmän 15 vuoden aikana vuodesta 2006 vuoteen 2021 keskimääräinen lumensyvyys oli myös 27 senttimetriä, mutta 11 senttimetrin keskihajonnalla. Erityishuomiona 2010-luvun alun neljä runsaslumista talvea peräkkäin, jotka poikkeavat lumensyvyydellään huomattavasti tarkasteltavan aikajakson muista arvoista (kuva 8).

Taulukko 7. Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman keskimääräisten lumensyvyyksien tuloksia (FMI DATA 2021).

Vantaa, Helsinki-Vantaan lentoasema	Talvi	Lumensyvyys (cm)
Keskimääräinen lumensyvyys	1990–2020	18,5
Suurin lumensyvyyden keskiarvo	2012–2013	51,0
Pienin lumensyvyyden keskiarvo	2019–2020	2,2



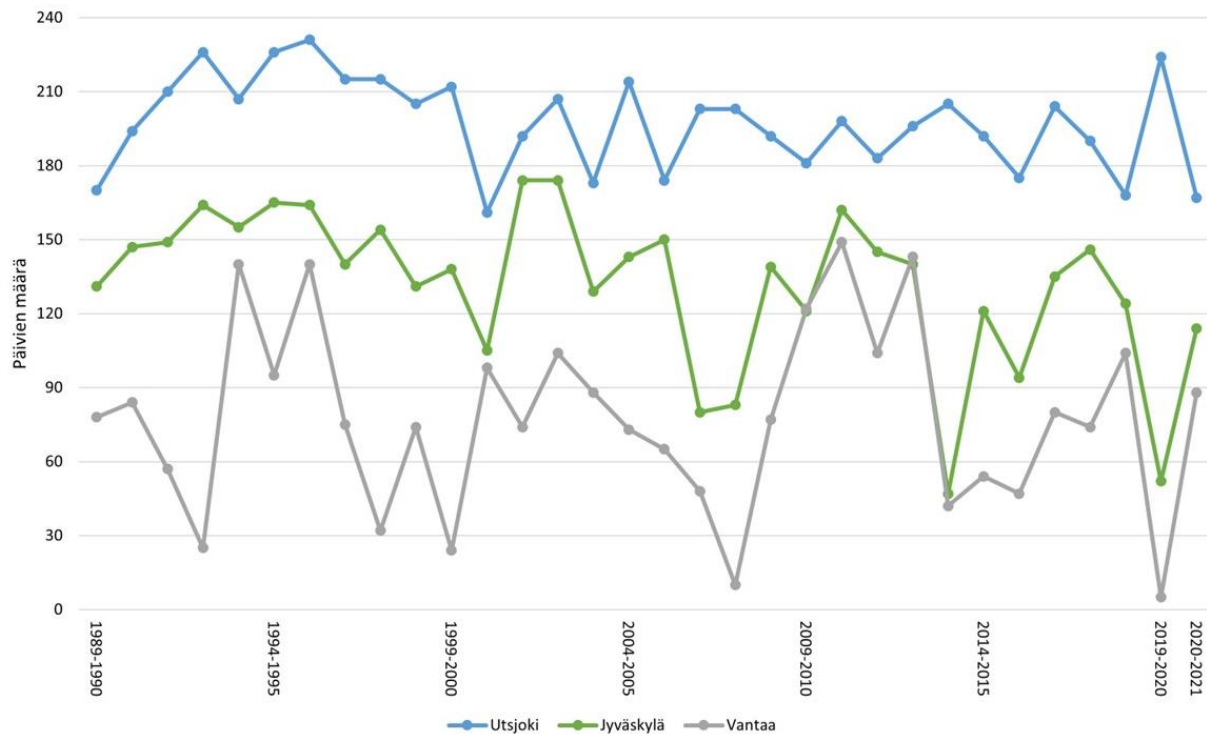
Kuva 6. Vuosittaisten lumensyvyyksien keskiarvot Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoasemalla tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021).

Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden pituuksissa on heikosti laskeva lineaarinen trendi (kuva 7). Jos sama trendi jatkuu datan antaman ennusteen mukaan tulevaisuudessa, tulee pysyvien lumipeitteiden pituudet laskemaan vähitellen. Mutta pysyvän lumipeitteen lumensyvyuden trendi on heikosti nouseva, eli pysyvän lumipeitteen aikainen lumensyvyys on lievässä nousussa.

4.2 Pysyvän lumipeitteen keston ja keskimääräisen lumensyvyuden muutokset ilmastoajaksolla 1991–2020

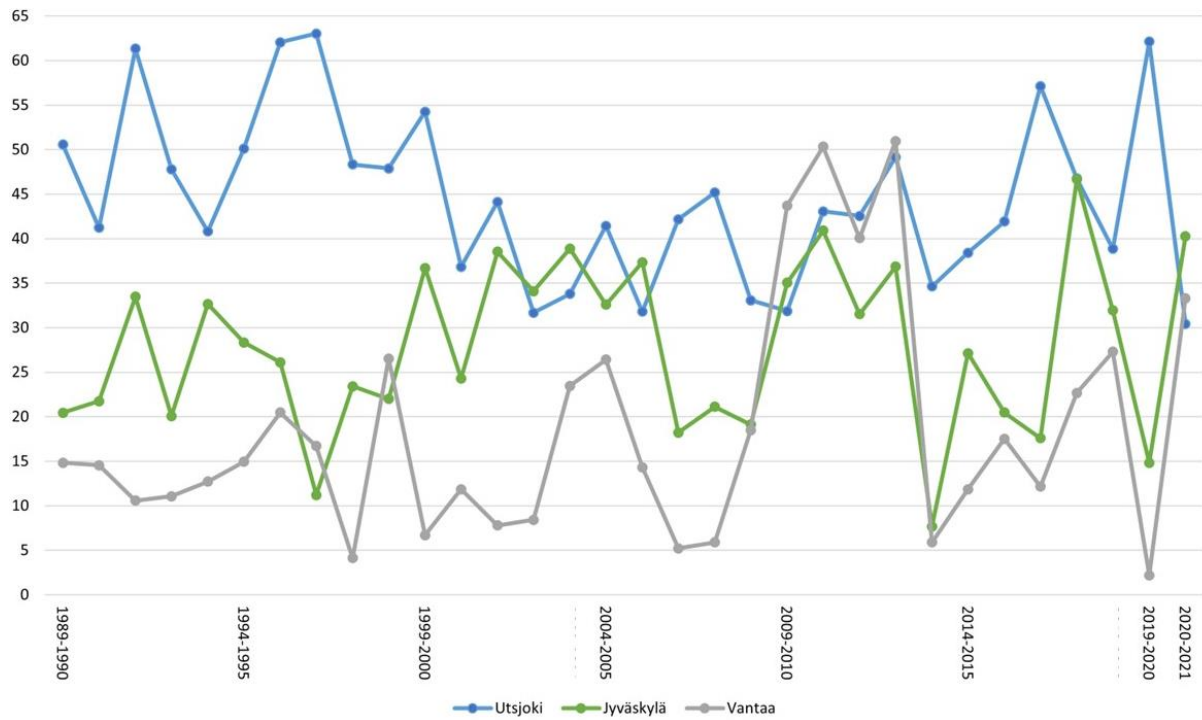
Vähiten vaihtelua lumipeitteen kestossa oli Utsjoella, Kevon säähavaintoasemalla (kuva 1). Eniten vaihtelua lumipeitteen kestossa vuosittain oli Vantaalla, Helsinki-Vantaan lentokentän säähavaintoasemalla (kuva 7). Pysyvän lumipeitteen kesto pitenee, kun etelästä siirrytään kohti pohjoista (kuva 10). Lisäksi pysyvän lumipeitteen keston vaihtelut vuosittain suurenevat pohjoisesta etelään. Erityishuomiona talvi 2000–2001, jolloin Vantaan säähavaintoasemalla oli tavallista pidempi pysyvä lumipeite, kun taas Jyväskylässä ja Utsjoella samana vuotena oli tavallista vähemmän. Lisäksi talvi 2019–2020, jolloin Utsjoella oli ennätys pitkä pysyvä lumipeite vuosiin ja samaan aikaan eteläisimmillä havaintoasemilla oli huomattavasti

tarkasteltavaa aikaväliä normaalia lyhyempi pysyvä lumipeite. Pysyvien lumipeitteiden keskimääräisissä lumensyvyyksissä suurin vaihtelu säähavaintoasemista on Vantaan säähavaintoasemalla, ja pienin vaihtelu vuosien välillä oli Jyväskylän säähavaintoasemalla.



Kuva 7. Pysyvien lumipeitteiden kestot kaikilta säähavaintoasemilta tarkasteltavalla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Sininen viiva kuvastaa Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden määrää, vihreä viiva Jyväskylän lentoaseman ja harmaa viiva Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman.

Pysyvän lumipeitteen aikaiset lumensyvyyden keskiarvot suurenevat keskimäärin etelästä pohjoiseen säähavaintoasemilla, mutta aikajakson aikana on poikkeuksia (kuva 11). Viitenä talvena Vantaalla, Helsinki-Vantaan lentokentällä oli syvempi lumensyvyyden keskiarvo, kuin Jyväskylän lentoasemalla, niistä kolmena Vantaalla oli paksuin lumen keskisyvyys kaikista säähavaintoasemista, vuosina 2009–2013. Kahtena talvena tarkastelujaksolla lumensyvyys oli paksuin Jyväskylän lentoasemalla, talvena 2003–2004 ja 2020–2021. Suurin ero lumensyvyyksissä säähavaintoasemien välillä oli talvena 2019–2020, jolloin Utsjoella, Kevolla, oli keskimäärin 62 senttimetriä lunta, kun taas Vantaalla, Helsinki-Vantaan lentokentällä se oli vain 2 senttimetriä.



Kuva 8. Vuosittaisten pysyvien lumipeitteiden keskimääräiset lumensyvyyydet kaikilta säähavaintoasemilta tarkastellulla aikavälillä 1989–2021 (FMI DATA 2021). Sininen viiva kuvastaa Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman pysyvien lumipeitteiden määrää, vihreä viiva Jyväskylän lentoaseman ja harmaa viiva Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman.

5 Keskustelu

Säähavaintoasemien tuloksista voidaan huomata, että Utsjoen, Kevon säähavaintoasemalla pysyvien lumipeitteiden vaihtelut tarkastellun aikajakson aikana ovat pienimmät (FMI DATA 2021). Lisäksi lumensyvyiden keskiarvoissa on pienintä vaihtelua keskihajonnan muodossa. Suurinta vaihtelua pysyvien lumipeitteiden kestoissa oli Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoasemalla. Vantaan ja Jyväskylän säähavaintoasemien pysyvän lumipeitteen pituuden keskihajonnan välillä oli vain 6 päivää. Vantaan säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen pituuden keskihajonta oli 38 päivää ja Jyväskylässä 32 päivää.

Tarkasteltavalla aikavälillä Vantaan säähavaintoasemalla pysyvä lumipeite kertyi yli kuukausi myöhemmin kuin Utsjoen, Kevon säähavaintoasemalla (FMI DATA 2021). Pysyvä lumipeite loppui Vantaalla keskimäärin noin kuukauden aikaisemmin, kuin Utsjoen säähavaintoasemalla. Vantaan ja Jyväskylän säähavaintoaseman pysyvissä lumipeitteissä ja niiden keskilumensyvyyksissä oli suuria eroja, vaikka Jyväskylän säähavaintoasema sijaitsee vain 2°:en leveyspiirin erotuksella Vantaasta. Eroihin vaikuttaa monet ilmastolliset eroavaisuudet, joita säähavaintoasemien maantieteelliset sijainnit aiheuttavat (Peel ym. 2007; Nykyinen ilmasto – 30 vuoden keskiarvot 2024). Läheisestä maantieteellisestä sijainnista huolimatta säähavaintoasemien Köppen-Geigerin ilmastoluokitukset eivät ole samat.

Tarkastelevan aikajakson aikana esiintyi anomaliat, eli poikkeamat talvina 2009–2010 ja 2012–2013 Vantaan säähavaintoasemalla. Pysyvän lumipeitteen keskisyvyys ylitti muiden tutkimuksen säähavaintoasemien arvot kyseisinä talvina keskimääräisessä lumensyvyydessä. Normaalisti lumen keskisyvyys oli Vantaan säähavaintoasemalla pienin tarkasteltavan aikajakson aikana (FMI DATA 2021). Runsaslumisten talvien on huomattu olevan yhteydessä ilmakehän virtausmuutoksiin (Lehtonen 2015: 8). Talven 2012–2013 jälkeen seuraavana talvena 2013–2014 lumen keskimääräisessä syvyydessä tapahtui suurin muutos tarkasteltavan aikajakson aikana, talven 51 senttimetristä seuraavan talven 6 senttimetriin. Tällaisten erityistalvien yleisyyden on arvioitu nousevan tulevaisuudessa ilmastomuutoksen edetessä (Lehtonen 2015). Kuitenkaan anomalioita on esiintynyt aina historiassa, mutta niiden yleistymisen on todennäköistä.

Pysyvän lumipeitteen pituus talvina 2009–2010 ja 2012–2013 oli Vantaalla pidempi, kuin Jyväskylässä (FMI DATA 2021). Lukuun ottamatta näitä kahta anomaliaa, jokaisena aikajakson tarkastelu talvina Utsjoella oli aina pisin ja Vantaalla lyhyin pysyvä lumipeite.

Pysyvän lumipeitteen keskimääräisissä lumensyvyyksissä oli aikajakson aikana enemmän vaihteluita säähavaintoasemien välillä, kuin niiden pituuksissa. Vantaan säähavaintoasemalla oli kuutena talvena syvempi lumipeite keskimäärin, kuin Jyväskylässä. Jyväskylän säähavaintoasemalla oli viisi talvea, jolloin lumenkeskisyvyys oli syvempi kuin Utsjoen. Koko tarkastelevan aikajakson aikana oli yksi talvi, jolloin Utsjoen säähavaintoasemalla oli pienin lumen keskisyvyys, talvena 2020–2021, joka oli tutkimuksen viimeinen tarkasteltava talvi. Huomion arvoista on myös se, että edeltävänä talvena 2019–2020 keskimääräinen lumensyvyys oli 60 senttimetriä, josta se putosi 30 senttimetriin, eli talven pysyvän lumipeitteen lumen keskisyvyys laski seuraavana talvena 50 prosenttia.

Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman heikot lineaariset trendit olivat säähavaintoasemista ainoat, jossa lumensyvyyden keskiarvo laski aikajakson aikana kohti sen loppua (FMI DATA 2021). Jyväskylän ja Vantaan säähavaintoasemilla pysyvän lumipeitteen keskimääräiset lumensyvyydet nousivat tarkastellulla aikavälillä. Erikoisuutena 2010-luvulle tultaessa ennätyslumiset talvet ja niiden välissä olevat heikkolumisemmat talvet. Vantaan ja Jyväskylän säähavaintoasemien vastaavat heikot trendit olivat nousevat. Nousevat lumensyvyyden keskiarvon trendit viittaavat lisääntyvään lumisateeseen pysyvän lumipeitteen aikana, joka yhtenee eri ilmastomallien ennusteiden kanssa (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021; Räisänen & Eklund 2012: 5–10).

Tuloksista saatiin jokaiselle säähavaintoaseman suurelle trendit, jotka ovat lineaarisesti joko laskevia tai nousevia. Trendien perusteella voidaan saada myös suuntaa antavat ennusteet tulevaisuuden talville. Trendien tarkastelussa on kuitenkin huomioitava, että ainoastaan Jyväskylän säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen pituuden laskeva trendi on merkittävä. Muiden trendien suunnat ovat niin heikot ja hajonnat suuria, ettei niiden perusteella voida varmana todeta trendien todellisuutta. Tarkasteltavan aikavälin talvien vaihtelut olivat suuria hetkittäin, mutta jokaisen säähavaintoaseman peruspiirteiset pysyvät lumipeitteet säilyivät koko aikajakson ajan.

Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen peruspiirteet olivat tarkasteltavalla aikajaksolla vakaimmat. Peruspiirteitä oli muun muassa pitkä pysyvä lumipeite, aikainen pysyvän lumipeitteen alku, myöhäinen pysyvän lumipeitteen sulaminen keväällä, sekä paksu pysyvän lumipeitteen keskisyvyys.

Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen peruspiirteet tarkasteltavalla aikajaksolla oli vakaamman alkujakson jälkeen vaihtelevuus. 2000-luvun jälkeen

säähavaintoaseman vaihtelu talvien välillä nousi. 2000-luvun jälkeen säähavaintoaseman ominaispiirteisiin kuuluikin, että pidemmän pysyvän lumipeitteen talven jälkeen oli talvi, jolloin pysyvä lumipeite oli huomattavasti lyhyempi.

Vantaan, Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen peruspiirre oli suuri vaihtelevuus koko aikajakson aikana. Säähavaintoaseman talvisäähän vaikuttaa monet eri suursäätilat ja muut tekijät. Vantaan talvilla ei ole tiettyä kaavaa, vaan niiden vaihtelevuus on enemmän satunnaista, verrattuna muiden valittujen säähavaintoasemien talviin.

Huomioitavan arvoista on, ettei tarkasteltavan ilmastojakson yksittäiset talvet ole globaalisti vertailukelpoisia, mutta niissä tapahtuvat muutokset ovat merkittäviä alueen eliöstön ja ihmisten kannalta. Vaikka tuloksien trendien merkitsevyys oli heikkoa, voidaan todeta, että ilmastonmuutos on käynnissä ja Suomen talvet tulevat muuttumaan. Ilmastomallien ennusteiden mukaan Suomen talvien pituudet tulevat lyhenemään, mutta talvien aikana satavan lumen määrä tulee nousemaan (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021; Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Ilmastonmuutos on moniulotteinen ilmiö ja tutkimukset siitä, miten se vaikuttaa Suomeen on tärkeää. Suurimmat muutokset tulevaisuudessa on ennustettu tapahtuvan Länsi- ja Etelä-Suomessa. Pohjois-Suomessa ilmastonmuutoksesta aiheutuvat muutokset tapahtuvat hitaammin, mutta ennusteiden mukaan myös pohjoisen talvet tulevat muuttumaan.

Tulosten tarkastelussa on muistettava datan ja tulkintojen epävarmuustekijät, vaikka tulokset yhtenevät aiempien kanssa (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021; Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Koska tarkasteltava havaintosuure on lumensyvyys, ei tuloksissa ole huomioitu muita lumisuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten ilman lämpötilaa ja sadantaa. Nämä tekijät vaikuttavat lumensyvyyteen ja niiden tarkastelulla voidaan saada kokonaisvaltaisempia tuloksia talvien lumisuudesta. Seuraavaksi esitellään tutkimuksen tuloksiin vaikuttavia muita epävarmuustekijöitä, jotka tulee huomioida tuloksia tarkasteltaessa.

Jyväskylän säähavaintoaseman pysyvän lumipeitteen tuloksissa talvella 2018–2019 Ilmatieteenlaitoksen lumensyvyys aineistossa oli aukko pysyvän lumipeitteen lopun tiedoissa (FMI DATA 2021). Aineiston mukaan pysyvä lumipeite loppuu 19. huhtikuuta, sillä mittausaineistoa ei ole seuraavilta päiviltä. Lumensyvyys oli viimeisenä havaintopäivänä 5 senttimetriä ja ilman keskilämpötila oli ollut tätä ennen säähavaintoasemalla yli 0°C seitsemän päivää ja sama jatkui myös puuttuvien aineistojen päivinä. Tästä voidaan päätellä, ettei virhemarginaali ole suuri ja täten vaikuta suuresti tuloksiin. Hypoteesia tukee pysyvän

lumipeitteen viimeisen viikon lumensyvyuden huomattava sulaminen.12. huhtikuuta lumensyvyys oli säähavaintoasemalla 23 senttimetriä ja viimeisenä havaittuna päivänä ennen aineiston aukkoa se oli 5 senttimetriä.

Tutkimuksen tuloksia tarkastellessa tulee muistaa pysyvän lumipeitteen eroavaisuus koko talven aikana esiintyvistä lumipeitteistä. Varsinkin etelää kohti mentäessä Suomen talvien sääolosuhteiden vaihtelevuudet tulevat tulevaisuudessa lisääntymään entisestään (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021; Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Koska pysyvä lumipeite on talven pisin ajanjakso, jolloin säähavaintoasemalla on yli 1 senttimetriä lunta, on muistettava, että saman talven aikana voi olla myös lyhyempiä ajanjaksoja, jolloin säähavaintoasemilla on ollut lunta, eikä näitä ajanjaksoja ole tutkimuksessa tarkasteltu. Yleensä esimerkiksi ensilumi ei jää pysyväksi lumipeitteeksi vaan se sulaa pois ennen varsinaista pysyvää lumipeitettä. Pysyvän lumipeitteen lyhenemisen yksi selittävä tekijä voi olla aiemmin esiintyneiden pitkien pysyvien lumipeitteiden pirstoutuminen lyhyemmiksi, mutta useammiksi lumipeitejaksoiksi. Varsinkin ilmastonmuutoksen edetessä tulevaisuudessa talvikauden lämpimät ajanjaksot voivat lisääntyä ja sulattaa lumipeitteen useamman kerran talvessa.

Lumipeitteen paksuus vaihtelee lisäksi jopa mikro- ja mesomittakaavassa, joten tuloksien tarkkuudet ovat itse tulkittavissa, eikä niiden tulkinta täsmällisesti suuremmassa mittakaavassa onnistu, vaan ne ovatkin suuntaa antavia (Kuusisto 1984). Kokonaisvaltaisemmassa Suomen talvien tarkastelussa voisi pysyvän lumipeitteen lisäksi tarkastella mm. ensilumen satamisajankohtaa, talven eri lumipeitteiden kestojen vaihtelevuuden tarkastelua, pysyvän lumipeitteen paksuuden vaihtelut sadannasta ja lämpötilasta johtuen. Lisäksi kokonaisvaltaisempaan tarkasteluun kannattaa lisätä säähavaintoasemien määriä. Useampien säähavaintoasemien valinta vähentäisi mikro- ja mesomittakaavojen aiheuttamia epävarmuustekijöitä, kuten esimerkiksi topologiset tekijät tai kasvillisuus.

Tuloksien epävarmuustekijöistä huolimatta ilmastomallien ennusteiden mukaan tulevaisuudessa Suomen, ja koko pohjoisen pallonpuoliskon talvet tulevat muuttumaan (Popova 2007; Jylhä ym. 2008; Krasting 2013: 7825–7827; Räisänen 2008 & 2021; Räisänen & Eklund 2012: 5–10). Tutkimuksen säähavainnointiasemien data viittaa, että tulevaisuudessa lumen määrä pysyvän lumipeitteen aikana tulee nousemaan ja pysyvän lumipeitteen ja talvikauden pituus tulee lyhenemään. Poikkeuksena on Utsjoen, Kevon säähavaintoaseman

tuloksista voidaan tulkita, että muista säähavaintoasemista poiketen myös lumisuuden määrä tulee vähenemään lineaarisen ennusteen mukaan tulevaisuudessa (FMI DATA 2021; kuva 3).

Ennusteissa tulevaisuuden lumen vesiarvo tulee nousemaan. Tähän vaikuttaa mm. lumen lämpötila, sillä matalamman lämpötilan lumi on niin sanotusti märempää, kuin matalamman lämpötilan lumi, joka sisältää vähemmän vettä. Matalammassa lämpötilassa kiteytyvät lumikiteet ovat suurempia, kun matalan lämpötilan lumikiteet, sillä kiteytyminen tapahtuu hitaammin. Tämä on yksi selittävä tekijä, miksi vesiarvo tulee nousemaan, kun ilmasto tulevaisuudessa lämpenee enemmän. Lumen vesiarvon nousun lisäksi ennustetaan, että lumisade tulee korvautumaan enemmän vesisateella.

Teknologian kehittyessä ennusteita tekevät ilmastomallit tulevat olemaan tarkempia. Ennusteiden tekemistä helpottaa teknologian lisäksi menneiden talvien tuntemus. Tutkimuksen yleisluontoinen katsaus kolmesta säähavaintoasemasta on hyvin suuntaa antava, mutta jatkotutkimusta Suomen talvien tulevaisuudesta on tehtävä yksityiskohtaisemmin vielä enemmän, mitä on jo tehty. Erityisesti sään ääri-ilmiöt tulevat lisääntymään (Jylhä ym. 2008: 442). Suomessa ääri-ilmiöitä esiintyy talvisin suurten lumisateiden, pakkasten ja myrskyjen muodossa. Lisäksi leudot talvisäät ja talven lumipeitteen pirstaloituminen lyhyiksi lumipeitejaksoiksi yleistyy. Ilmastonmuutosta on tarkasteltava reaaliajassa, sillä se tapahtuu nopeasti. Nykyisen, keskitasoisen ilmastonmuutoksen edetessä on arvioitu, että Suomen etelärannikolla ja -saaristossa talvi tulee korvaantumaan kokonaan syksyllä vuosisadan loppuun mennessä (Jylhä ym. 2009: 46–49). Samankaltainen kehitys jatkuu ajan kuluessa kohti pohjoista.

6 Johtopäätökset

Pysyvän lumipeitteen vaihteluista tarkastellulla aikajaksolla, sekä Suomen talvien tulevaisuudesta voidaan tehdä muutamia johtopäätöksiä. Johtopäätökset perustuvat tutkimuksen tuloksiin sekä aiempiin tutkimuksiin. Valittujen säähavaintoasemien lumensyvyysdatasta tehdyistä data-analyyseistä voidaan todeta, että ainoastaan Jyväskylän lentoaseman säähavaintoaseman lineaarinen trendi pysyvän lumipeitteen pituudesta on merkittävästi laskeva. Data-analyyseistä saatiin myös selville, että jokaisella valitulla säähavaintoasemalla on omat tarkasteltavan aikajakson aikaiset ominaispiirteet. Ominaispiirteet johtuvat säähavaintoasemilla vallitsevista ilmastoista, suursäätiloista ja lisääntyvissä määrin ilmastonmuutoksesta.

Tulevaisuudessa Suomen talvet tulevat muuttumaan ilmastonmuutoksen takia. Suurimmat muutokset tapahtuvat asteittain ajansaatossa Etelä-Suomesta kohti Pohjois-Suomea. Ilmastomallien ja muun datan arvioiden mukaan muutoksiin kuuluu lisääntyneet vesisateet, leudommat talvet, pirstoutuneet lumipeitejaksot ja nykyistä runsaslumisemmat keskitalvet. Samalla talvien sään ääri-ilmiöt tulevat lisääntymään, kuten erittäin runsaslumiset ajanjaksot, ankarat pakkaset sekä talvimyrskyt. Yksittäiset anomaliat eivät ole historiassa tuntemattomia, mutta ne tulevat tulevaisuudessa yleistymään. Arvioidaan, että talvet tulevat alkamaan myöhemmin syksyllä ja lumet sulamaan aikaisemmin keväällä. Nykyisen arvion mukaan vuosisadan lopulla Suomen etelärannikolla ja -saaristossa talvi tulee korvaantumaan kokonaan nykyisen kaltaisella syksyllä ja samanlainen kehitys jatkuu kohti pohjoista ajan kuluessa.

On tärkeää tarkastella sään vaihteluita reaaliajassa myös Suomessa, koska ilmastonmuutos on käynnissä ja sen aiheuttamat muutokset voivat tapahtua nopeasti. Siksi tutkimuksessa toteutettu viimeisimmän ilmastojakson pysyvän lumipeitteen vaihteluiden tarkastelu on tärkeää. Jokainen voi vaikuttaa ilmastonmuutoksen torjumiseen omilla toimillaan ja valinnoillaan.

Lähteet

- Climate. World Meteorological Organization. 13.4.2024. <<https://wmo.int/topics/climate>>
- Déry, S. J. & Brown, R. D. (2007) Recent Northern Hemisphere snow cover extent trends and implications for the snow-albedo feedback. *Geophysical Research Letters* 34 (22) <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007GL031474>>
- Hall, A. (2004) The Role of Surface Albedo Feedback in Climate. *Journal of Climate* 17 (7) 1550–1568. <[http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0442\(2004\)017<1550:TROSAF>2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0442(2004)017<1550:TROSAF>2.0.CO;2)>
- Havaintosuuret: mitä havainnoimme? Ilmatieteenlaitos. 26.3.2024. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintosuuret>>
- Ilmanpaine. Ilmatieteenlaitos. 28.4.2024. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanpaine>>
- Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat. Ilmatieteenlaitos. 10.4.2024. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintosuuret>>
- Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt. Ilmasto-opas. 24.4.2024. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastojarjestelman-palauteilmiot>>
- Ilmastollinen vertailukausi. Ilmasto-opas. 13.4.2024. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastollinen-vertailukausi>>
- Jones, P. D., Briffa, K. R., Osborn, T. J., Moberg, A. & Bergström, H. (2002) Relationships between circulation strength and the variability of growing-season and cold-season climate in northern and central Europe. *The Holocene* 6 643–656. <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1191/0959683602hl577rp>>
- Jylhä, K., Fronzek, S., Tuonenvirta, H., Carter T.R. & Ruosteenoja, K. (2008) Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change* 86 (3–4) 441–462. <<https://doi.org/10.1007/s10584-007-9310-z>>
- Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuonenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. (2009) *Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten: ACCLIM-hankkeen raportti 2009*. Ilmatieteenlaitos, Helsinki.
- Korkeapaineen selänne. Tieteen termipankki. 27.4.2024. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:korkeapaineen_sel%C3%A4nne>
- Kuusisto, E. (1984) *Snow accumulation and snowmelt in Finland*. Vesihallitus, Helsinki.

- Krasting, J. P., Broccoli, A. J., Dixon, K. W. & Lanzante, J. R. (2013) Future Changes in Northern Hemisphere Snowfall. *Journal of Climate* 78 (20) 7813–7828.
<<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00832.1>>
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Ikonen, J., Puttonen, N. & Gregow, H. (2013) *Some features of winter climate in Northern Fennoscandia*. Ilmatieteenlaitos, Helsinki.
<<http://hdl.handle.net/10138/40151>>
- Lehtonen, I. (2015) Four consecutive snow-rich winters in Southern Finland: 2009/2010–2012/2013. *Royal Meteorological Society* 70 (1) 3–8.
<<https://doi.org/10.1002/wea.2360>>
- Lumensyvyyden mittaus on taitolaji. Ilmatieteenlaitos. 7.3.2024.
<<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lumensyvyyden-mittaus>>
- Mallinnuksella tietoa ilmastosta. Ilmasto-opas. 10.4.2024. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/mallinnuksella-tietoa-ilmastosta>>
- Mankin, J. S., Diffenbaugh, N. S. (2015) Influence of temperature and precipitation variability on near-term snow trends. *Climate Dynamics* 45 (3–4) 1099–1116.
<<https://doi.org/10.1007/s00382-014-2357-4>>
- Merkouriadi, I., Leppäranta, M. & Järvinen, O. (2017) Interannual variability and trends in winter weather and snow conditions in Finnish Lapland. *Estonian Journal of Earth Sciences* 66 (1) 47. <<https://doi.org/10.3176/earth.2017.03>>
- Mikä on NAO, ja miten se vaikuttaa Suomen säähän? Foreca. 4.1.2023.
<<https://www.foreca.fi/s%C3%A4%C3%A4pedia/hw4breas>>
- Nykyinen ilmasto – 30 vuoden keskiarvot. Ilmasto-opas. 26.3.2024. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot>>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. & McMahon, T. A. (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11(5) 1633–1644.
<<https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>>
- Popova, V. (2007) Winter snow depth variability over northern Eurasia in relation to recent atmospheric circulation changes. *International Journal of Climatology* 27 (13) 1721–1733. <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1489>>
- Päivittäishavainnot: lumensyvyys. FMI DATA 2021.
<<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>>
- Rantanen, M. & Nygård, T. (2024) Kylmät suursäätyypit lämpenevät nopeimmin. *Ilmastokatsaus* 25 (12) 8–10. <<https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2023-12-02>>

- Räisänen, J. (2008) Warmer climate: less or more snow? *Climate Dynamics* 30 (2–3) 307–319. <<https://doi.org/10.1007/s00382-007-0289-y>>
- Räisänen, J. & Eklund, J. (2012) 21st Century changes in snow climate in Northern Europe: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models. *Climate Dynamics* 38 (11–12) 2575–2591. <<https://doi.org/10.1007/s00382-011-1076-3>>
- Räisänen, J. (2021) Snow conditions in northern Europe: the dynamics of interannual variability versus projected long-term change. *The Cryosphere* 15 (4) 1677-1696. <<https://doi.org/10.5194/tc-15-1677-2021>>
- Science of Snow (2024) National Snow and Ice Data Center. NSIDC.org 11.3.2024 <<https://nsidc.org/learn/parts-cryosphere/snow/science-snow>>
- Suomen ilmastovyöhykkeet. Ilmatieteen laitos. 14.4.2024. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>>
- Talven lumista ja lumisuudesta. Ilmatieteenlaitos. 6.3.2024. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lumitilastot>>
- Uvo, C. B. (2003) Analysis and regionalization of northern European winter precipitation based on its relationship with the North Atlantic oscillation. *International Journal of Climatology* 23 (10) 1185–1194. <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.930>>
- Vavrus, S. (2007) The role of terrestrial snow cover in climate system. *Climate Dynamics* 29 73–88. <<https://doi.org/10.1007/s00382-007-0226-0>>

Liite 1. Taulukko pysyvien lumipeitteiden pituuksista ja keskiarvo niiden lumensyvyyksistä

Taulukko 8. Havaintoasemien pysyvien lumipeitteiden pituudet ja niiden keskiarvoiset lumensyvyydet ilmastoajaksolta 1990–2020 (FMI DATA 2021).

	PLP pituus			KA PLP lumensyvyy s (cm)		
Talvi	Utsjoki	Jyväskylä	Vantaa	Utsjoki	Jyväskylä	Vantaa
1989– 1990	170	131	78	50,57	20,46	14,84
1990– 1991	194	147	84	41,22	21,75	14,55
1991– 1992	210	149	57	61,33	33,48	10,59
1992– 1993	226	164	25	47,8	20,07	11,08
1993– 1994	207	155	140	40,81	32,66	12,71
1994– 1995	226	165	95	50,09	28,35	14,95
1995– 1996	231	164	140	62,05	26,12	20,47
1996– 1997	215	140	75	63,02	11,20	16,7
1997– 1998	215	154	32	48,32	23,43	4,12
1998– 1999	205	131	74	47,89	22,00	26,52
1999– 2000	212	138	24	54,24	36,71	6,7
2000– 2001	161	105	98	36,83	24,31	11,85
2001– 2002	192	174	74	44,14	38,54	7,79
2002– 2003	207	174	104	31,68	34,09	8,42
2003– 2004	173	129	88	33,8	38,87	23,47
2004– 2005	214	143	73	41,43	32,58	26,41
2005– 2006	174	150	65	31,79	37,36	14,33
2006– 2007	203	80	48	42,18	18,21	5,22

2007– 2008	203	83	10	45,17	21,13	5,9
2008– 2009	192	139	77	33,08	19,12	18,49
2009– 2010	181	121	122	31,87	35,06	43,72
2010– 2011	198	162	149	43,05	40,90	50,33
2011– 2012	183	145	104	42,56	31,53	40,06
2012– 2013	196	140	143	49,14	36,87	50,96
2013– 2014	205	47	42	34,64	7,68	5,9
2014– 2015	192	121	54	38,41	27,13	11,87
2015– 2016	175	94	47	41,92	20,48	17,51
2016– 2017	204	135	80	57,13	17,59	12,16
2017– 2018	190	146	74	46,76	46,67	22,68
2018– 2019	168	124	104	38,85	31,94	27,29
2019– 2020	224	52	5	62,12	14,82	2,2
2020– 2021	167	114	88	30,44	40,26	33,32

Liite 2. Taulukko pysyvien lumipeitteiden alkamis- ja loppumispäivät

Taulukko 9. Havaintoasemien pysyvien lumipeitteiden alkamis- ja loppumispäivät ilmastojaksolla 1990–2020 (FMI DATA 2021).

	PLP alkamis- päivä			PLP päättymis- päivä		
Talvi	Utsjoki	Jyväskylä	Vantaa	Utsjoki	Jyväskylä	Vantaa
1989–1990	15.11.1989	22.11.1989	22.11.1989	3.5.1990	1.4.1990	7.2.1990
1990–1991	4.11.1990	13.11.1990	30.12.1990	16.5.1991	8.4.1991	23.3.1991
1991–1992	19.10.1991	5.12.1991	14.11.1992	15.5.1992	1.5.1992	10.3.1992
1992–1993	9.10.1992	11.10.1992	19.2.1993	22.5.1993	22.4.1993	15.2.1993
1993–1994	13.10.1993	21.11.1993	19.11.1993	7.5.1994	24.4.1994	7.4.1994
1994–1995	14.10.1994	8.11.1994	8.1.1995	27.5.1995	21.4.1995	12.4.1995
1995–1996	15.10.1995	11.11.1995	28.11.1995	1.6.1996	22.4.1996	15.4.1996
1996–1997	30.10.1996	29.11.1996	14.12.1996	1.6.1997	17.4.1997	26.2.1997
1997–1998	15.10.1997	24.11.1997	21.1.1998	17.5.1998	26.4.1998	21.2.1998
1998–1999	30.10.1998	5.11.1998	24.1.1999	22.5.1999	14.4.1999	7.4.1999
1999–2000	25.10.1999	1.12.1999	20.1.2000	23.5.2000	16.4.2000	12.2.2000
2000–2001	30.11.2000	23.12.2000	25.12.2000	9.5.2001	6.4.2001	1.4.2001
2001–2002	24.10.2001	31.10.2001	22.11.2001	3.5.2002	22.4.2002	3.2.2002
2002–2003	16.10.2002	27.10.2002	2.12.2002	10.5.2003	18.4.2003	15.3.2003
2003–2004	15.11.2003	14.12.2003	5.1.2004	5.5.2004	20.4.2004	1.4.2004
2004–2005	20.10.2004	21.11.2004	20.1.2005	21.5.2005	12.4.2005	2.4.2005
2005–2006	6.11.2005	27.11.2005	2.2.2006	28.4.2006	25.4.2006	7.4.2006
2006–2007	24.10.2006	11.1.2007	21.1.2007	14.5.2007	31.3.2007	9.3.2007
2007–2008	1.11.2007	19.1.2008	1.3.2008	21.5.2008	10.4.2008	10.3.2008
2008–2009	30.10.2008	6.12.2008	19.1.2009	9.5.2009	24.4.2009	5.4.2009
2009–2010	11.11.2009	11.12.2009	11.12.2009	10.5.2010	10.4.2010	11.4.2010

2010– 2011	22.10.2010	7.11.2010	18.11.2010	7.5.2011	17.4.2011	15.4.2011
2011– 2012	15.11.2011	4.11.2011	3.1.2012	15.5.2012	26.4.2012	15.4.2012
2012– 2013	24.10.2012	31.12.2012	28.11.2012	7.5.2013	18.4.2013	19.4.2013
2013– 2014	20.10.2013	12.1.2014	12.1.2014	12.5.2014	27.2.2014	22.2.2014
2014– 2015	29.10.2014	11.12.2014	11.1.2015	8.5.2015	10.4.2015	5.3.2015
2015– 2016	11.11.2015	4.1.2016	12.2.2016	3.5.2016	6.4.2016	29.3.2016
2016– 2017	10.11.2016	26.11.2016	3.1.2017	1.6.2017	9.4.2017	23.3.2017
2017– 2018	3.11.2017	29.11.2017	29.1.2018	11.5.2018	23.4.2018	12.4.2018
2018– 2019	24.11.2018	17.12.2018	17.12.2018	10.5.2019	19.4.2019 *	31.3.2019
2019– 2020	16.10.2019	27.11.2019	1.12.2019	26.5.2020	17.1.2020	5.12.2019
2020– 2021	1.12.2020	24.12.2020	3.1.2021	16.5.2021	16.4.2021	31.3.2021