

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Magistritöö loodusgeograafias ja maastikuökoloogias (30 EAP)

**Lumikatte sõltuvus reljeefist ja mere kaugusest Võrumaa ja
Pärnumaa näitel**

Annika Arro

Juhendaja: prof. Jaak Jaagus

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2016

Lühikokkuvõte

Lumikatte sõltuvus reljeefist ja mere kaugusest Võrumaa ja Pärnumaa näitel

Magistritöö eesmärk oli analüüsida püsiva lumikatte näitajate sõltuvust mere kaugusest ja reljeefist vastavalt Pärnu- ja Võrumaal, samuti hinnata nimetatud maakondade lumikatte näitajate muutust aastatel 1968/69–1997/98. Tulemustest selgus, et keskmine maksimaalne lumikatte paksus on kõige väiksem Pärnumaa rannikualal, suurenedes merest kaugenemisel iga 10 km-ga keskmiselt 2,43 cm. Ka püsiva lumikatte kestus on kõige lühem rannikualal ning pikeneb merest kaugenemisel iga 10 km-ga keskmiselt 2,56 päeva. Võrumaal on keskmine maksimaalne lumikatte paksus kõige suurem Haanja kõrgustiku keskosas. Keskmiselt suureneb lumikatte paksus Võrumaal iga 10 m kõrguse lisandumisel 1,27 cm. Lumikatte kestus pikeneb Võrumaal aga keskmiselt iga 10 m kõrguse lisandumisel 1,81 päeva.

Märksõnad: püsiv lumikate, lumikatte kestus, maksimaalne lumikatte paksus, reljeef, kaugus merest, Pärnumaa, Võrumaa

P510 - füüsiline geograafia, klimatoloogia

Dependence of snow cover on the relief and the distance from the sea on the example of Võru and Pärnu County

The aim of the Master's thesis was to analyse the dependence of snow cover factors on the distance from the sea and relief in Pärnu and Võru County, also to assess the change of the snow cover factors in the counties during the years 1968/69–1997/98. The results show that the average maximum snow depth is the smallest in the coastal region of Pärnu County and increases about 2,43 cm when moving away from the coast after every 10 km on average. The snow cover duration extending 2,56 days when moving away from the sea after every 10 km. In Võru County the average maximum snow depth is the biggest in the central part of Haanja Upland. On average the snow cover depth in Võru County increases by 1,27 cm and the snow cover duration increases by 1,81 days when 10 meters of height is added.

Keywords: permanent snow cover, snow cover duration, maximum snow depth, relief, distance from the sea, Pärnu County, Võru County

P510 - physical geography, climatology

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Lumikatte uuringud	6
2. Lumikatte mõjutavad tegurid	8
2.1. Reljeefi mõju lumikattele.....	8
2.2. Mere mõju lumikattele.....	11
3. Lumikatte Eestis	14
3.1. Meteoroloogilise vaatlusvõrgu areng ja lumikatte mõõtmise ajalugu Eestis	14
3.2. Lumikatte mõõtmine agrometeoroloogilises vaatlusvõrgus	15
3.3. Lumikatte territoriaalne jaotus Eestis	17
4. Andmed ja meetodika	21
5. Tulemused ja arutelu	25
5.1. Lumikatte näitajad Pärnumaal ja nende seos koha kaugusega merest.....	25
5.2. Lumikatte näitajad Võrumaal ja nende seos koha absoluutse kõrgusega	35
5.3. Lumikatte näitajate trendid aastatel 1968/69–1997/98 Pärnu- ja Võrumaal	45
5.4. Pärnu- ja Võrumaa lumikatte näitajate ja trendide võrdlus	48
Kokkuvõte	50
Summary.....	52
Tänuavaldused.....	54
Kasutatud kirjandus	55
Lisad	61

Sissejuhatus

Põhjamaade talvede tavaliseks nähtuseks ning peamiseks ilmastikutingimuste karakteristikuks on lumikate. Selle moodustavad madalal temperatuuril (alla 0°C) tekkinud pilvedest alla langevad ja sulamata kujul atmosfääri alumistesse kihtidesse jõudvad jääkristallid ning lumehelbed. Lumi koos jää (ka merejää), liustike ja igikeltsaga moodustavad krüosfääri. Kokku katab lumi Maal aastas umbes 100–125 miljoni km² suuruse ala, kuid aastaringsest maad kattev lumikate esineb vaid Arktikas ja Antarktikas ning kõrgmägedes (Kotlyakov 1999). Keskmistel laiustel esineb lund enamasti vaid talvisel poolaastal.

Lumikattel on oluline mõju loodusele ja mitmele inimtegevuse valdkonnale. Lume üks tähtsamaid omadusi on suur albeedo, mis värske lume puhul on 90% või enam. Seetõttu peegeldab lumi suure osa päikese kiirgusest tagasi atmosfääri ja maailmaruumi ning soodustab õhu jahtumist ning temperatuuri alanemist. Lumikate, mis kiirguslike omaduste tõttu jahutab kiiresti maapinnalähedast õhku, võib tekitada ka inversiooninähtuse. Teine lume oluline omadus on väike soojusjuhtivus. Talvel moodustab lumikate maapinnal isolatsioonikihi, mis takistab külma õhu tungimise enda alla ning pakub nõnda kaitset nii loomadele, putukatele kui ka rohttaimedele ja taliviljadele (Tammets 2012). Lumena kogunevad talvel maapinnale ka suured tahkes olekus veevarud. Kevadel valgub osa lume sulamisel tekkinud veest mulda ning nii saavad taimed vegetatsiooniperioodi alguses omale vajaliku vee. Osa sulavett valgub ka jõgedesse ning tekitab suurvee, mistõttu on lume veevarul oluline tähtsus ka jõgede valglate veebilansi kujundamisel. Lisaks lume tähtsale rollile kiirgus- ja veebilansis ning põllumajanduses, on lumi oluline teisteski valdkondades. Lumega tuleb arvestada nii teeholduses kui hoonete projekteerimisel ja ehitusel. Lumekoormus võib lõhkuda katuseid ja kahjustada puid ning raskendada ka metsloomade toidu leidmist. Samas on lumi väga oluline näiteks talispordi ja -turismi valdkonnas.

Lumikate on nii ajaliselt kui territoriaalselt väga muutlik. Eestis loovad lumikatte territoriaalse varieeruvuse peamiselt merelise ja mandrilise kliima erinevused ning reljeef. Lumikatte erinevused piirkondade vahel muudavad keeruliseks mitmes valdkonnas olulise õige lumeolude prognoosimise. Eestis domineerivad edelatuuled, mis toovad talvel Läänemerelt mandrile merelise sooja õhu ning mõjutavad rannikuala kliimat ja lumikatet. Nagu öeldud, erinevad

lumeolud Eestis aga ka pinnamoe tõttu. Võrreldes madalamate aladega kujuneb kõrgustikel välja teistsugune kliima, mis mõjutab ka lumikatte olulisi näitajaid nagu paksust ja kestust.

Käesoleva töö eesmärk on analüüsida püsiva lumikatte näitajate (maksimaalse lumikatte paksuse, tekkimise ja sulamise aja ning kestuse) sõltuvust mere kaugusest ning reljeefist vastavalt Pärnumaa ja Võrumaa näitel ning samuti teha kindlaks pikaajaliste muutuste olemasolu nendes näitajates perioodil 1968/69–1997/98. Püsivaks ehk stabiilseks loetakse lumikatet, mis on maas olnud vähemalt 30 päeva. Selle perioodi jooksul võib esineda kuni kolm lumeta päeva, mis püsivat lumikatet ei katkesta ning loetakse selle sisse (Kopanev 1978). Sõltuvalt töö teemast on uuritavateks piirkondadeks valitud just Pärnumaa kui üks merelisema kliimaga piirkondi Eestis ning Võrumaa, kuhu jääb Eesti kõrgeim kõrgustik (Haanja kõrgustik). Töös kasutatakse Pärnu- ja Võrumaa agrometeoroloogilise vaatlusvõrgu andmeid, mis pärinevad juba 1960ndate aastate lõpust. Toona oli nimetatud maakondi kattev vaatluskohtade võrk oluliselt tihedam kui tänapäevases meteoroloogilises võrgustikus. Pärnu- ja Võrumaa olid esimesed maakonnad, kus avati majandite vaatluspostid, mille andmeid töös kasutatakse, mistõttu on nende maakondade lumikatte andmete aegread pikemad kui mujal.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud kolm uurimisküsimust.

1. Kuidas mõjutab meri püsiva lumikatte näitajaid Pärnumaal?
2. Kuidas mõjutab reljeef püsiva lumikatte näitajaid Võrumaal?
3. Kuidas on muutunud Pärnu- ja Võrumaa püsiva lumikatte näitajad aastatel 1968/69–1997/98?

Antud magistritöö on liigendatud järgmisteks osadeks: 1. peatükis tutvustatakse varasemaid lumikatte uuringuid, mille hulgas enim keskendutakse antud magistritöö ühest eesmärgist lähtuvalt lumikatte pikaajaliste muutuste uuringute tutvustamisele. 2. peatükis tuuakse samuti varasemate uuringute ja muu teemakohase kirjanduse alusel välja ülevaade lumikatet mõjutavatest teguritest. 3. peatükis antakse tulenevalt magistritöös kasutatavatest andmetest ülevaade Eesti meteoroloogilise vaatlusvõrgu ajaloost ning tutvustatakse lumikatte mõõtmise meetodikat. Samuti antakse varasemate uuringute põhjal ülevaade lumikatte territoriaalsest jaotusest Eestis. 4. peatükis kirjeldatakse magistritöös kasutatud andmestikku ja meetodikat ning 5. peatükis tuuakse välja analüüsi tulemused.

1. Lumikatte uuringud

Lumikatet on uuritud paljudes riikides üle maailma. Suur osa uuringuid on keskendunud lumikatte muutustele seoses kliimasoojenemisega. Globaalse kliimasoojenemise tagajärjel on lumikatte kestus ja ulatus kahanenud. IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) andmetel on põhjapoolkeral lumikatte ulatus vähenenud kõige enam kevadkuudel (IPCC 2014). Aastatel 1922–2012 on märtsi- ja aprillikuus lumikatte ulatus põhjapoolkeral kahanenud 7%. Brown et al. (2010) uuringust Põhja-Ameerika, Euroopa ja Venemaa suurte laiuste (60. laiuskraadist põhja pool) lumikatte kohta selgus, et peaaegu kõikjal on lumikatte kestus perioodil 1972–2008 vähenenud 2–6 päeva kümnendi kohta. Ka Bulygina et al. (2009) uuringust selgub, et Venemaa põhjaosas on lumikatte kestus aastatel 1966–2007 vähenenud. Samuti on lumikatte kestus vähenenud Siberi lõunaosas ning Venemaa lääneosas (4–6 päeva kümnendi kohta). Samas näiteks Jakuutias ning päris Venemaa idaosas on lumikatte kestus 1966–2007 aastatel kümnendi kohta 2–8 päeva kasvanud.

Läänemere regiooni kliimamuutustest annab ülevaate teos „*Second assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*“ (BACC II Author Group 2015), kus tuuakse välja, et aastatel 1871–2011 on Läänemere piirkonna põhjaosas toimunud talvise õhutemperatuuri tõus 0,1°C dekaadi kohta. Talve keskmise õhutemperatuuri tõusuga seonduvalt on enamasti kogu Läänemere regioonis aset leidnud lumikatte kestuse ja paksuse vähenemine. Leedus on keskmine lumikatte kestus perioodil 1961–2010 vähenenud 17 päeva ning lumikatte maksimaalne paksus on samal perioodil vähenenud 3,5 cm (Gečaitė, Rimkus 2010). Lõuna-Rootsis on aastatel 1961–2003 keskmine lumikatte kestus vähenenud 20–40% (Larsson 2004). Lumikatte kestuse negatiivne trend tuleb esile veel ka näiteks Norras, Lätis, Poolas ning Läänemere piirkonna idaosas Venemaal (BACC II Author Group 2015).

Ka Eestis on läbi viidud uuringuid lumikatte ja selle pikaajaliste muutuste kohta. Esimese Eesti lumikatet puudutava uurimuse autor on Letzmann (1921), kes uuris lumikatte paksust Eesti ja Läti territooriumil aastatel 1891–1910. Tööst selgus, et lumikatte on kõige paksem enamasti veebruaris ning märtsi esimesel poolel. Kõige lumevaesemad piirkonnad on Lääne-Eesti saarte lääneosas, kus jaanuari teise dekaadi keskmine lumikatte paksus on 5 cm, samas kui Kesk- ja Ida-Eestis ulatub keskmine lumikatte paksus 18 cm-ni. Eesti lumikatte paksuse andmeid ajaperioodi 1923/24–1935/36 kohta on kasutatud kokkuvõtlikus töös „Andmeid Eesti kliimast“,

mille autoriks oli esimene eestlasest meteoroloogiprofessor Kirde (1939). Lumikatte soojuslikke omadusi on uurinud Liidemaa (1946), kes leidis, et lumikatte isoleeriv toime on seda suurem, mida madalam on õhutemperatuur ning et lumikatte temperatuur sügavuse kasvades tõuseb. Kui lumepinnal on temperatuurimuutused võrdlemisi suured, siis lume all oleva maapinna ööpäevased temperatuuri amplituudid on juba oluliselt väiksemad.

Eestis on välja antud ka mitmeid lumikatet puudutavaid atlaseid: näiteks Eesti NSV Kliimaatlas (1970) ja Eesti lumikatte atlas (2000). 2006. aastal ilmus ka Eesti lumikatte teatmik (Tooming, Kadaja 2006), mis annab ülevaate Eesti lumikatte jaotumusest ning ajalisest muutlikkusest aastatel 1961/62–2000/01. Lumikatte kestus on teatmiku andmetel sel perioodil vähenenud kokku 25,9 päeva. Kõige suurem kahanemine on toimunud märtsis (9,7 päeva) ja veebruaris (7,2 päeva). Samas Jaaguse (1997) järgi, kes uuris lumikatte kestuse muutust 104-aastase perioodi vältel (1890–1994), on lumikatte kestuse suurim vähenemine toimunud hoopis märtsis ja aprillis. Lumikatte paksuse suurim vähenemine on teatmiku andmetel perioodil 1961/62–2000/01 toimunud veebruari- ja märtsikuus, mil lumikatte paksus on 40 aastaga vähenenud umbes 10 cm. Siiski aegrea suhtelise lühiduse ja suure varieeruvuse tõttu ei olnud see trend statistiliselt usaldusväärne. Novembris, detsembris ja aprillis polnud samal perioodil aga lume paksuse vähenemine üldse täheldatav. Keskmine lumikatte paksuse suurim vähenemine on aastatel 1961/62–2000/01 toimunud Pandivere, Haanja ja Otepää kõrgustikul ning Kesk-Eestis, kus lumikatte on jäänud sel perioodil 16–20 cm õhemaks (Tooming, Kadaja 2006). Väikseim vähenemine on aga aset leidnud lumevaesematel rannikualadel (Jaagus, Kadaja 2006).

Lumikatte paksuse ja kestuse vähenemine on tulenenud keskmise õhutemperatuuri tõusust. Eesti erinevates jaamades on keskmine õhutemperatuur 20. sajandi teisel poolel tõusnud 1–1,7°C. Suurim soojenemine on aset leidnud Kagu-Eestis (Võrus) ning väikseim Loode-Eestis (Ristnas) (Jaagus 2005). Autorid, kes on uurinud lumikatte (ja albedo) ajalist ning territoriaalset varieeruvust Eestis, väidavad, et lumikatet tuleb käsitleda kliimatingimuste integraatori (Tooming, Kadaja 2001) ning kliimamuutuste indikaatorina (Jaagus 1996). Keskmise õhutemperatuuri tõusu tagajärjel väheneb lumikatte kestus, mistõttu väheneb ka maapinna albedo ja seetõttu tõuseb maapinna temperatuur ning lume sulamine kiireneb veelgi. Toominga (1996) kinnitusel on lumikatte-albedo sedalaadi positiivne tagasiside eriti märgatav Põhja-Euroopa riikide talve lõpus ning kevade alguses.

2. Lumikatte mõjutavad tegurid

Lumikatte kujuneb välja mitme erineva ilmaelemendi koostoimel. Nagu on välja toodud ka käesoleva töö eelmise peatüki lõpus, määravad lumikatte tekkimise ja püsimise õhutemperatuur ning maapinna temperatuur. Kui maapinna temperatuur on üle 0°C, siis maha sadanud lumi sulab. Mõõdukatel geograafilistel laiustel lauskmaal toimub lumikatte sulamine enamasti soojade õhumasside tagajärjel. Päikesekiirguse tõttu sulab vaid kolmandik lumest ning vihmade tagajärjel üldiselt veelgi vähem, sest vihmaveega lumele üle kanduv soojushulk on väike. Märkatav mõju lume sulamisele on vihmal aga juhul, kui vihmavee temperatuur on kõrge ning sadu esineb koos tugeva ja sooja tuulega (Tooming, Kadaja 2006).

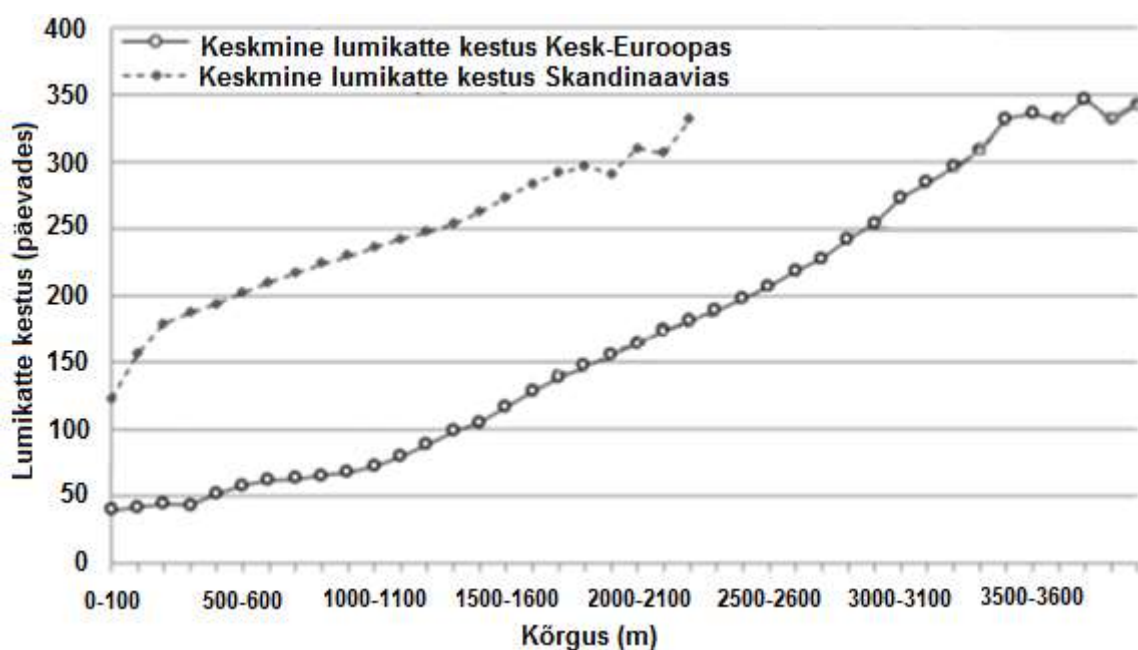
Lumikatte paksust mõjutavad lumesadude kestus ja intensiivsus, aga ka vihm, uue peale sadava lume raskus ning vahelduvad sulad, mille tagajärjel lumi tiheneb ning lumikatte paksus väheneb. Lumikatte tekkimist ja sulamist (ja kestust) aga ka lumikatte paksust mõjutavad seega mitmed tegurid nagu õhutemperatuur, maapinna temperatuur, sademete hulk ja liik, päikesekiirgus ning tuul ja selle kiirus. Nimetatud tegurid on aga mõjutatud pinnamoest ning aluspindade eripärasusest maismaa ja mere vahel, mistõttu käsitletakse antud töös just reljefi ja mere mõju lumikattele.

2.1. Reljefi mõju lumikattele

Mäestikud koosnevad mäeahelikest ning nendevahelistest orgudest ja nõgudest. Mäestike absoluutne kõrgus võib ulatuda mitme tuhande meetrini ning pikkus tuhandete kilomeetriteni. Oluliselt väiksema absoluutse kõrgusega (200–500 m) positiivsed pinnavormid on kõrgustikud, kus esinevad künkad ja nõod. Siiski on ka kõrgustikud ümbrusest kõrgemad alad, mis mõjutavad sarnaselt mäestikega, kuigi väiksemas ulatuses, õhumasside liikumist ning võrreldes madalamate aladega kujuneb ka seal välja mõneti teistsugune kliima. Kuna atmosfääris õhutemperatuur kõrguse kasvades langeb (1 km kohta keskmiselt 6°C), siis on mäestike ja kõrgustike kliimale võrreldes madalamate aladega iseloomulik madalam õhutemperatuur. Lisaks on mäed ja kõrgustikud takistuseks õhumasside liikumisele. Nende ületamiseks tõuseb õhumass kõrgemale ja jahtub, veeaur kondenseerub ning tekivad sajupilved. Võrreldes madalikega iseloomustab seega mägede ja kõrgustike kliimat ka suurem pilvisus ning sademete hulk. Kõige enam sajab mägede ja kõrgustike tuulepealsetel nõlvadel. Suurema sademete hulga

ning jahedama kliima ja sellest tingitud harvemate sulailmade tõttu, tekib mägedes ja kõrgustikel võrreldes madalate ja tasaste piirkondadega tihti paksem lumikatte, mis ka kauem aega maas püsib.

Reljeefi mõju lumikatte kestusele on uurinud mitmed autorid. Dietz et al. (2012) Euroopa lumikatte kohta tehtud uuringust, mis hõlmas aastaid 2000–2011, selgus, et lumikatte kestus seostub kõrgusega. Lumikatte kestuse pikenedes toob kaasa varasem lumikatte tekkimine ning hilisem sulamine kõrgematel aladel, nt Alpides ja Skandinaavia mäestik, võrreldes madalamate ja soojemate piirkondadega. Uuringus kasutati globaalse SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) kõrgusmudeli andmeid ning leiti, et Kesk-Euroopas Alpides pikeneb keskmine lumikatte kestus 400–1000 m kõrgusel iga 100 m kohta 4 päeva ning kõrgusel 1000–3000 m kasvab keskmine lumikatte kestus iga 100 m kohta juba 10 päeva. Ka Skandinaavia maades (Soome, Rootsi, Norra) pikeneb keskmine lumikatte kestus kõrguste kasvades (joonis 1). Tulenevalt põhjapoolsemast asendist on aga üldiselt Skandinaavia maade (ja Skandinaavia mäestiku) keskmine lumikatte kestus samadel kõrgustel 150 päeva pikem kui Kesk-Euroopa riikides (ja Alpides) (Dietz et al. 2012).



Joonis 1. 2000.–2011. aastate keskmine lumikatte kestus sõltuvalt kõrgusest Kesk-Euroopas ja Skandinaavias (Dietz et al. 2012)

Lumikatte kestuse erinevused sõltuvalt kõrgusest tulevad välja ka Falarzi (2004) 1948/49–1997/98. aastate kohta tehtud uuringust Poolas. Pikaajaline keskmine lumikatte (≥ 1 cm) kestus

on väikseim Lääne-Poolas (alla 50 päeva) ning see kasvab Ida- ja Kirde-Poola suunas (üle 80 päeva). Kõige kauem on lumi maas aga Lõuna- ja Edela-Poola aladel olevates mäestikes (Karpaatides, Sudeetides), kus kõrgemal kui 600 m püsib lumikate maas vähemalt 3 kuud. Karpaatide mäestikku kuuluvate Tatrata mäeaheliku kõrgeimates tippudes (2000–2655 m) on lumikate keskmiselt maas enam kui 200 päeva. Uuringus toodi välja ka keskmine maksimaalne lumikatte paksus, mis sarnaselt lumikatte kestusega on väikseim Lääne-Poolas (kuni 15 cm) ning kasvab Kirde-Poola suunas, kus keskmine maksimaalne paksus on enam kui 30 cm. Mägedes kasvab lume paksus enamasti kõrguse kasvades. Tatrates metsapiirist kõrgemal ulatub keskmine maksimaalne lumikatte paksus üle 150 cm.

Ka Petkova et al. (2008) andmetel sõltuvad nii maksimaalne lume paksus kui ka lumikatte kestus suuresti kõrgusest. Bulgaarias Varnas (39 m) on keskmine maksimaalne lumikatte paksus 10–12 cm, samas kui Botevi mäel (2376 m) ulatub see 150 cm-ni ning lumikatte kestus samades paikades varieerub 12 päevast kuni 188 päevani aastas.

Mäestikes ja kõrgustikel ei ole lumikatte näitajad aga mitte igal pool ühesugused. Lume ladestumine ning lumikatte paksus ja kestus olenevad suuresti mägede ja küngaste nõlvade ekspositsioonist ehk orienteeritusest ilmakaarte ja valitsevate tuulte suhtes. Nõlva ekspositsioonist ilmakaarte suhtes sõltub sellele jõudev päikesekiirguse hulk. Põhjapoolkeral saavad lõunapoolsed nõlvad võrreldes põhjapoolsete nõlvadega päeva jooksul enam päikesekiirgust. Seda eriti talvisel ajal, mil päike on madalal horisondi kohal ning põhjanõlvad jäävad varju. Lumikatet mõjutab nõlva ekspositsioon ilmakaarte suhtes kõige enam keskmistel laiustel (eriti 30–55 laiuskraadi vahel). Seal sulab lumi lõunanõlvadel enamasti kiiremini kui põhjanõlvadel ning lumikatte kestus on seega lõunanõlvadel tihtipeale lühem. Ekvatoriaalsel alal paistab aga päike peaaegu võrdselt kõikidele nõlvadele ning arktelistel laiustel on päike nii madalal, et selle nõlva soojendav mõju on väike, mistõttu see lumikatet nii palju ei mõjuta kui keskmistel laiustel (National Avalanche Center).

Nõlva ekspositsioonist valitsevate tuulte suhtes oleneb lumikatte jaotumine nõlvadel. Tasastel aladel kujuneb tuulevaikse ilmaga enamasti peaaegu ühtlane lumikate. Tuisu korral tekivad aga hanged ning lumikatte paksus võib piiratud alal väikese aja jooksul muutuda. Võrreldes tasaste ja madalate aladega on lumikatte paksus oluliselt ebaühtlasem mäestikes ning kõrgustikel. Suur osa sademeid sajab maha mäe tuulepealsel küljel, mistõttu võib seal kujuneda talvel lumikate kõige paksemaks. Samas ei pruugi see aga alati nii olla, sest tuule lund liigutava ja

ümberpaigutava mõju tõttu liigub lumi tuulepealsel nõlval alt ülespoole. Nõlva ülaosast ja laelt transpordib tuul aga lume tihti hoopis tuulealusele nõlvale, kus see ladestub ning moodustuvad lumekuhjatised. Kitsad nõlvade laed on seetõttu tuulte toimel lumevaesed ning tuulealusel nõlval võib esineda paks lumikate. Lume äraanne tuulepealselt nõlvalt tuulealusele on kõige intensiivsem lühikeste ja laugete nõlvade puhul. Lume liikumise intensiivsus sõltub muidugi ka tuule kiirusest (Palo 2004).

2.2. Mere mõju lumikattele

Esimene lumi, mis 60ndatel laiuskraadidel võib mõnikord maha sadada juba oktoobris ja vahel harva ka septembris, ei jää tavaliselt suhteliselt sooja maapinna tõttu püsima. Seda eriti aga rannikualadel, kus suvest veel soe meri soojendab ka õhku. Vee suure soojusmahtuvuse tõttu jahtuvad mere veetemperatuur ja ühtlasi ka mere kohal oleva õhu temperatuur talve jooksul palju aeglasemalt kui õhutemperatuur maismaa kohal. Mere soojendava mõju tõttu on rannikualadel ja saartel talveilmad tihti pehmemad kui sisemaal. Kontinentaalsema kliimaga sisemaa aladel, kus mere soojendav mõju puudub ning lume tuleku ajaks on õhk ja maapind jahedamad, võib esimene lumi püsima jääda (Tooming, Kadaja 2006). Kui sügisel omab meri rannikualadele soojendavat mõju, siis kevadel ja suve alguses on vastupidi: rannikuäärsed paigad on enamasti jahedamad kui sisemaa, sest meri, mis soojeneb maapinnast aeglasemalt, omab jahutavat efekti. Külma talve jooksul moodustub rannikumerele ka jää. Kõige varem tekib jää madalates suletud mereosades (Mardiste 1997, Jaagus 2006). Kuna jää sulamine ja vee soojenemine võtavad aega, siis saabub suvine soe ilm rannikualadel enamasti hiljem kui sisemaal. Merevee ja -jää soojuslik inerts muudab talvise ilmastiku rannikul ka aastati väga muutlikuks. Pehmetel talvedel meri ei jäätu ning rannikul püsivat lumikattet ei teki, samas kui sisemaal, kus mere mõju puudub, võib olla samal ajal lumerohke talv. Külmadel talvedel ranniku ja sisemaa lumikatte kestuses aga oluline erinevus puudub.

Merelt maismaale liikudes suureneb hüppeliselt alupinna konarus ning seetõttu tugevneb õhu dünaamiline ja termiline turbulents, tekivad vertikaalsed õhuvoolud, moodustuvad pilved ja sageli sajab. Siiski päris rannikul on pilvisus võrreldes sisemaaga väiksem. Lagedal mererannikul on tuule kiirus suurem ning sajupilved kantakse tuulega rannikult eemale sisemaa poole, kuhu moodustub suuremate sademetega vöönd (Tarand jt. 2013). Selle tõttu on ka talvine lumikate päris rannikualal enamasti õhem kui sisemaal. Õhema lumikatte tõttu võib lumi

rannikul võrreldes sisemaaga kevadel varem täielikult ära sulada, hoolimata sellest, et soojad kevadilmad rannikule võrreldes sisemaaga enamasti hiljem jõuavad.

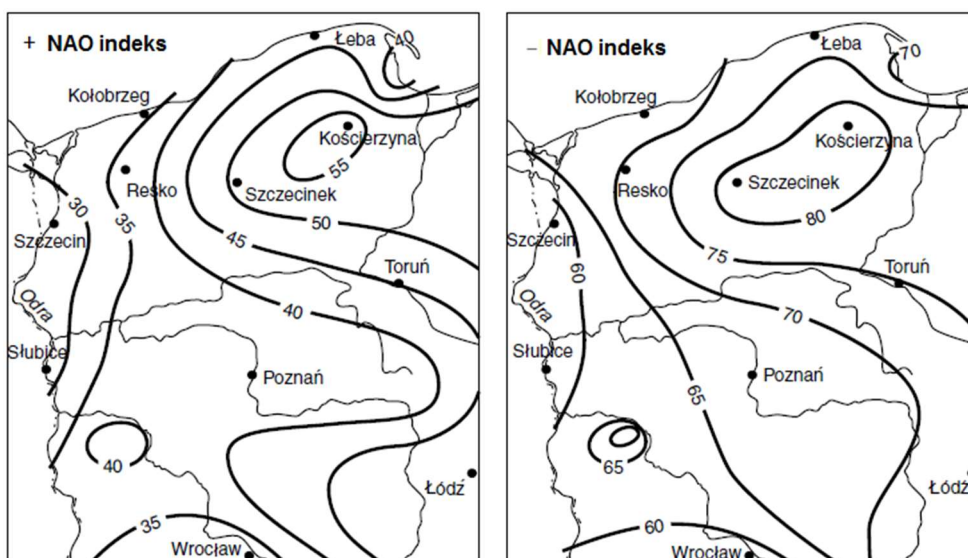
Eestis ja teistes Läänemere-äärsetes riikides tulenevad riigisisised kliimaerinevused rannikualade ja sisemaa vahel Läänemere mõjust. Nii on näiteks Soome Meteoroloogia Instituudi andmetel püsiva lumikatte tekkimise keskmine kuupäev aastatel 1981–2010 Soome rannikualadel hilisem kui sisemaal ning Soome põhjaosas. Rannikualadel tekib püsiv lumikate keskmiselt alles detsembri alguses või keskel, kuid päris Soome lõunaosa rannikualal tekib see keskmiselt alles detsembri lõpus või jaanuaris. Soome siseosas tekib püsiv lumikate aga keskmiselt novembris ning põhjaosas juba oktoobris. Varasem lumikatte sulamine toimub merele lähemal olevatel aladel. Rannikul sulab püsiv lumikate märtsis või aprillikuu alguses, Soome sisemaal ja keskosas aga alles aprilli keskel või lõpus ning Soome põhjaosas alles maikuu (Finnish Meteorological Institute).

Mere mõju lumikattele on uuritud ka näiteks Leedus ning Norras. Rimkus et al. (2014) uuringust selgub, et Leedus moodustub püsiv lumikate enamasti detsembrikuu teisel poolel ning sulab märtsi keskel. Mere mõju tõttu jääb talvine lumikate kõige õhemaks ranniku lähedal, sisemaal on see aga paksem. Leedu rannikualal on lumikate maas keskmiselt 63–67 päeva, kuid merest kaugemal idaosas ulatub lumikatte kestus üle 100 päeva. Sarnaselt on lumikatte kestus mere-äärsetel aladel lühem ka Norras. Schuler et al. (2006) andmetel on Norras väikseim keskmine päevade arv, mil ümbruse lumega kaetus ulatub üle 50%, läänerrannikul, kus lumi on maas aastas 0–75 päeva. Idarannikul on lumi maas keskmiselt 76–175 päeva. Sisemaal püsib lumi maas aga kuni 225 päeva ning mägedes veelgi kauem.

Kuigi enamasti on lumikate mere otsese mõju piirkonnas õhem kui sisemaal, siis võib ka rannikualadel siiski esineda väga suuri lumesadusid. Selliseid lumesadusid põhjustab rannikualadel järveefekt, mida võib nimetada ka mereefektiks. See nähtus seisneb eeskätt intensiivses aurumises ja sajupilvede tekkimises kui sooja veekogu kohale satuvad külmad õhumassid ning õhutemperatuur 1,5 kilomeetri kõrgusel on veekogu temperatuurist vähemalt 13°C madalam. Efekt tekib vaid suurte, vähemalt 80 km laiuste veekogude puhul ning tingimustes, kus tuule suund on suhteliselt püsiv. Tuul kannab sooja ja niiske õhu kalda-aladele ning lumi sajab maha just tuulepealsetes piirkondades, enamasti tuulepealsest rannikust mõnekümne kilomeetri kaugusel. Nii võib rannikualadel moodustada paksemgi lumikate kui kontinentaalsemal sisemaal. Järveefekt sai nime Põhja-Ameerika Suure järvistu järgi, kus seda

nähtust põhjustavad põhja poolt saabuvad külmad õhumassid (Kamenik 2011). Mereefekti tõttu esinevad tugevad lumesajud aga ka näiteks Jaapanis ja Põhja-Euroopa rannikualadel (Juga 2010). Eestis esineb mereefekt peamiselt põhjarannikul (Soome lahe kaldal) hilissügisel või talve alguses (Riigi Ilmateenistus 2010).

Lisaks Läänemerele mõjutab Euroopa riikide kliimat ka Atlandi ookeani kohalt mandrile jõudev mereline läänevool, mille tugevusest sõltub üldine talveilmade pehmus. Läänevoluu intensiivsus sõltub õhurõhu kõikumistest Islandi miinimumi ja Assoori maksimumi vahel. Seda vastandmargilist kõikumist nimetatakse Põhja-Atlandi ostsillatsiooniks (*North Atlantic Oscillation*, NAO) ning vastavat õhurõhu vahet väljendatakse NAO-indeksina. Positiivse indeksi korral on õhurõhu gradient Islandi miinimumi ja Assoori maksimumi õhurõhukeskmete vahel suur ning Atlandi ookeani põhjaosast jõuab Euroopa põhjaossa (sh Eestisse) tugev läänevool, mis toob endaga kaasa suhteliselt sooja, tuulise ja sajuse talveilma. NAO negatiivse indeksi korral on aga rõhukeskmed nõrgalt välja kujunenud ning õhurõhu vahe väike, mistõttu ookeanilt mandrile jõudev läänevool on nõrk ning Põhja-Euroopa talveilm kujuneb külmaks või lausa karmiks. Külmal talvedel esineb aga enamasti paksem ja pikemat aega kestev lumikate. Seega esineb lumikatte paksuse ja kestuse ning NAO-indeksi vahel enamasti negatiivne korrelatsioon (Spencer, Essery 2015, Falarz 2004). Bednorzi (2002) uuringust aastate 1960/61–1989/90 kohta selgub, et negatiivse NAO-indeksiga talvedel on keskmine lumikatte (≥ 1 cm) kestus Lääne-Poolas keskmiselt umbes 30 päeva pikem kui positiivse indeksi talvede keskmine lumikatte kestus (joonis 2).



Joonis 2. Keskmine lumikattega päevade arv positiivse (+) ja negatiivse (-) NAO indeksiga talvedel Lääne-Poolas aastatel 1960/61–1989/90 (Bednorz 2002)

3. Lumikate Eestis

3.1. Meteoroloogilise vaatlusvõrgu areng ja lumikatte mõõtmise ajalugu Eestis

Eesti meteoroloogiajaamades (MJ) on lumikate mõõdetud juba alates 1891. aastast ning 1920. aastatel loodi vaatlusvõrku täiendama ka hüdrometeoroloogiapostid (HMP). Hiljem laienes võrk veelgi, sest põllumajanduse edendamiseks ja täpsemate vaatluste tegemiseks loodi agrometeoroloogilised postid ehk majandite ilmavaatluspostid. Majandid olid Nõukogude Liidus aastatel 1929–1933 kollektiviseerimise käigus loodud põhiliselt põllumajanduse või kalandusega tegelevad kolhoosid ja sovhoosid. Eesti Nõukogude Sotsialistliku Vabariigi (ENSV) territooriumil toimus massiline kollektiviseerimine ja majandite rajamine aastatel 1949–1952. Umbes sel ajal alustati ENSV-s ka regulaarse agrometeoroloogilise vaatlusvõrgu loomisega, sest majandeid huvitas kohalik ilmapotentsiaal ning võimalikult efektiivne agrotehniliste võtete rakendamine.

Aastal 1956 loodi Kuusikule agrometeoroloogiajaam, mis hiljem (1964. aastal) viidi üle Jõgevale. Jaam allus Tallinnas asunud ENSV Hüdro meteoroloogia Valitsusele (HMV) ning ainsa põllumajanduslikule meteoroloogiale spetsialiseerunud jaamana organiseeris Jõgeva meteoroloogiajaam 1965. aastal Jõgeva rajoonis (ehk tänapäeval maakonnas) majandite vaatluspostide avamise. 1968. aastal avati majandite vaatluspostid ka Võru- ja Pärnumaal ning hiljem teisteski rajoonides. Nii toimusid agrometeoroloogilised vaatlused meteoroloogiajaamade juures või majandite vaatluspostides kõigis praegustes maakondades v.a Hiiumaal (Raudsepp, Keppart 2011). Meteoroloogiajaamad ning hüdro meteoroloogiapostid olid riiklikud ilmavaatlusvõrgu jaamad, majandite vaatluspostid olid aga mitteriiklikud ilmavaatluspunktid, mille tööd juhiti HMV agrometeoroloogiaosakonnast Tallinnast ning agrometeoroloogiajaamast Jõgevalt. Majandite postides viidi lumikatte vaatluste kõrval läbi ka vaatlused õhu- ja mullatemperatuuri, sademete hulga ja atmosfäärinähtuste jms kohta. (Majandi meteoroloogiaposti... 1992). Ilmavaatlusvõrk oli suurim 1970.–1980. aastatel, mil lisaks riiklikule süsteemile tegutses Eestis korraga rohkem kui kakssada majandite vaatlusposti. (Klaas 2005, Raudsepp, Keppart 2012). Jõgeva agrometeoroloogiajaam koordineeris juhatajate ning insener-agrometeoroloogi H.-M. Raudsepa eestvedamisel ja juhendamisel 180 majandi

vaatlusposti tööd. Neist majanditest saatsid vaatluste tegijad, kelleks enamikes majandites oli üks majandi poolt tasustatud inimene (agronoom), vaatlusandmed Jõgeva agrometeoroloogiajaama. Jõgeval koguti vaatluspostide igapäevased meteoandmed kokku ning kontrolliti. Viidi läbi ka andmetöötlus ning maakondade tarbeks koostati seal põllumajandusaasta agrometeoroloogilised iseloomustused ja kliimateatmikud. Majandite andmed saadeti ka aruannetena ENSV H MV-le (Raudsepp, Keppart 2011).

Eesti taasiseseisvumise järel majandid kaotati ning statsionaarne vaatlusvõrk hakkas seetõttu vähenema. Talunikel jätkus raha vaid olulisimate tööde jaoks, mistõttu vaatlejate tasustamine lõppes ning agrometeoroloogilised vaatlused enamikes postides katkesid. 1991. aastal loodi Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut (EMHI), mille haldusalasse kuulus Jõgeva agrometeoroloogiajaam kuni 2001. aastani, mil see jaam jätkas tööd ainult meteoroloogiajaamana (Raudsepp, Keppart 2012). 2002. aastal võeti pärast Eesti taasiseseisvumist ja majandite kadumist alles jäänud vaatlusvõrk üle Eesti Loodusuurijate Seltsi poolt. 1853. aastal asutatud ja pidevalt tegutsenud Eesti Loodusuurijate Seltsi juurde loodi 2002. aastal Ilmahuviliste sektsioon ning Jõgeva ilmahuvikeskus (Eesti Loodusuurijate Selts). Ilmahuvikeskusesse laekuvad igapäevaseid mõõtmisi teostavate ilmahuviliste vaatlusandmed tänapäevalgi. 2014/15. aasta talvel laekusid lumikatte andmed 32-st vaatluskohast, sh nii Pärnumaalt kahest kohast (Tihemetsa, Tori) kui ka Võrumaalt kahest kohast (Raiste, Mõniste). Ilmahuvikeskuses leitakse andmetest olulised agrometeoroloogilised näitajad ning koostatakse koos Riigi Ilmateenistuse (endine EMHI) andmetega lumikatte paksuse ja teiste meteoroloogiliste näitajate jaotuse kaardid (Eesti Teaduste Akadeemia... 2013). Riigi Ilmateenistuse meteoroloogiajaamade võrk on tänaseks automatiseeritud ning lumikatte mõõtmine toimub automaatsete anduritega kokku 26 mõõtejaamas üle Eesti. Siiski mõnel pool viiakse lumikatte mõõtmisi lisaks läbi ka manuaalselt.

3.2. Lumikatte mõõtmine agrometeoroloogilises vaatlusvõrgus

Agrometeoroloogilises vaatlusvõrgus mõõdeti lumikatte paksust ning hinnati ümbruse lumega kaetuse astet. Kui visuaalsel hindamisel oli nähtava ümbruse lumega kaetus üle poole ehk kuus palli või enam, siis loeti see päev lumikattega päevaks (Tammets 2012). Lumikatte paksuse mõõtmised viidi nii meteoroloogiajaamades, hüdrometeoroloogiapostides kui ka majandite

vaatluspostides läbi manuaalselt lumelattide abil. Mõõtmise metoodika oli aga mitteriiklikes majandite vaatluspostides ning riiklikes jaamades mõnevõrra erinev.

Lumikatte mõõtmine majandites toimus kindla korra alusel, et tagada vaatluste usaldatavus ja võrreldavus. Vaatlusposti ülesandeks oli meteoroloogiliste ja agrometeoroloogiliste vaatluste tegemine, vaatlusandmete ülesmärkimine, töötlemine ja edastamine majandi juhtidele. Lumikatte paksust mõõdeti püsilumelati järgi iga päev kell 8–9 hommikul. Püsilumelattide ühikuks on sentimeeter ning lati alumine ots on tavaliselt teritatud, sest paigaldamisel tuleb latid vähemalt 40–50 cm ulatuses maasse lüüa. Meteoroloogiliste vaatluste tarbeks rajati 5x6 m suurusega väljakud, mille pikemad küljed orienteeriti põhja-lõuna suunas. Väljak rajati tuulele igast küljest avatud ning ümbruskonna maastikule iseloomulikku kohta. Lähematest hoonetest ja puuderühmadest pidi väljak jääma vähemalt nende 10-kordse kõrguse kaugusele. Püsilumelatt paigaldati vaatlusväljakule. Lume kuhjumise korral sellele väljakule, paigaldati latt aga lähimale tasasele ja lagedale põllule. Majandite vaatluspostide organiseerimisel, vaatlusväljaku asukoha väljavalimisel ja rajamisel osutasid abi ENSV HMTV ja Jõgeva agrometeoroloogiajaama töötajad. Samuti õpetasid agrometeoroloogiajaama töötajad ka vaatlejaid vaatlusi läbi viima ning kontrollisid nende tööd (Majandi meteoroloogiaposti... 1992).

Püsilumelattid on lumikatte mõõtmisel mõnes kohas kasutusel tänapäevalgi ning metoodika mõõtmisel ei erine varasemast. Lumikatte paksust määratakse olles püsilumelattist 2–3 m kaugusel ning kummardudes silmadega lumepinna kõrgusele. Lume paksus mõõdetakse 1 cm täpsusega, kusjuures paksuseks loetakse lati jaotis, mille juures on lume pind valdavalt, seega lati juurde kogunenud väikest hange või ärapuhutud kohta ei arvestata. Kui maas on lumekirme ning selle paksus jääb alla 0,5 cm, määratakse lume paksuseks 0 cm (Majandi meteoroloogiaposti... 1992).

Erinevalt majandite vaatluspostidest mõõdeti riiklikes postides (MJ, HMP) lumikatte paksust kolme lumelati abil, mis paigutati vähemalt 10 m küljepikkusega võrdkülgse kolmnurga tippudesse. Kirja pandi lattide lugemid eraldi ning nende põhjal arvutati aritmeetiline keskmine (Tooming, Kadaja 2006, Enno 2012).

3.3. Lumikatte territoriaalne jaotus Eestis

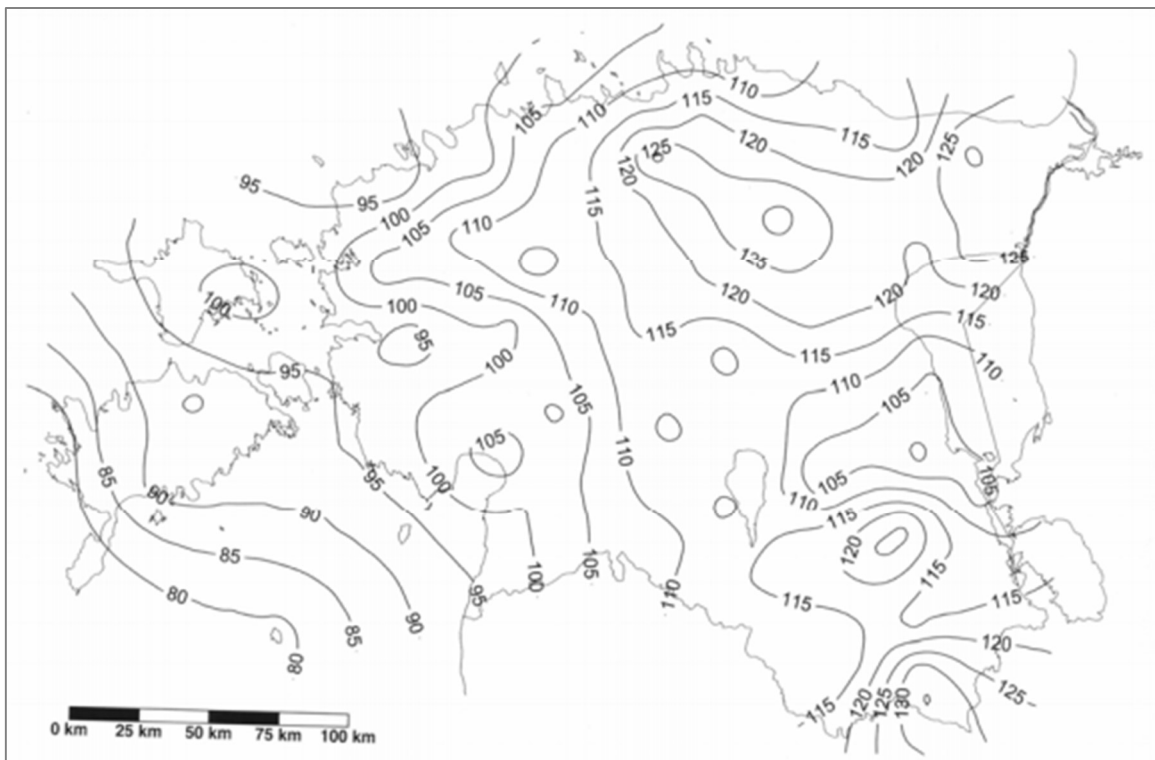
Eesti asub Ida-Euroopa lauskmaa loodenurgas 57°30'–59°50' põhjalaiusel. Võrreldes teiste samadel laiuskraadidel paiknevate aladega Aasias või Ameerikas on Eesti keskmised õhutemperatuurid mere mõju tõttu kõrgemad. Selle peamiseks põhjuseks on Atlandi ookeani kohalt Eestisse jõudev läänevool. Eestisesed kliimaatilised erinevused saarte ja rannikualade ning sisemaa vahel on aga tingitud Läänemereäärsest asendist. Läänemeri põhjustab Eestis õhutemperatuuri suure territoriaalse varieeruvuse. Temperatuurirežiimi alusel eristatakse Eestis kaht kliimaatiliselt erinevat piirkonda: läänepoolsemat läänemerelist kliimavaldkonda ning idapoolsemat Sise-Eesti kliimavaldkonda, kus Läänemere mõju on väiksem (Raik 1967). Mere mõju kliimale avaldub eeskätt Lääne-Eesti rannikul. Soome lahe rannikul on mere mõju aga oluliselt nõrgem, sest võrreldes Läänemere põhiosaga on Soome laht nii laiuselt kui veemassilt väiksem ning lahele on iseloomulik suhteliselt suur jääpäevade arv. Lisaks vähendab mere mõju Eesti põhjarannikule Balti klint ning tuulealune asend valitsevate tuulte suhtes (Hade 1997).

Merelise kliimaga aladel on talvine õhutemperatuur võrreldes sisemaaga kõrgem. Nagu mujal Euroopaski, langeb ka Eestis keskmine õhutemperatuur üldiselt talviti läänest itta. Kõige soojem on talviti Saaremaa ja Hiiumaa äärmisel läänerrannikul, mida mõjutab valdavalt jäävaba Läänemere keskosa. Tarand jt. (2013) andmetel oli aastatel 1966–2010 Lääne-Eesti saarte lääneosas (Vilsandil, Sõrves, Ristnas) talve (detsember–veebruar) keskmine õhutemperatuur $-1,4^{\circ}\text{C}$, samas kui Ida-Eestis oli see samal perioodil üle -5°C .

Mere soojendav mõju ning rannikualade õhutemperatuuri kontrast sisemaaga väheneb mere jäätumisel. Püsivate külmailmade korral hakkab rannikul tekkima kaldajää, mis talve jooksul laieneb. Kõige varem tekib merejää madalates ja suletud mereosades nagu Pärnu lahes ja Väinamere idaosas (Mardiste 1997). Näiteks perioodil 1949/50–2003/04 tekkis merejää Pärnu lahel keskmiselt 24. novembril, samas kui Kihnu rannikul alles 1. detsembril (Jaagus 2006). Pärnu lahes ja Väinameres soodustab merejää varasemat teket mere piiratud sügavus ja osaline isoleeritus tuulte eest. Näiteks kaugele sisemaale ulatuvas madalas Pärnu lahes ei esine võrreldes tuultele avatud ning sügavamaga veega rannikuga jääteket takistavat suurt lainetust. Madal laht ka jahtub võrreldes sügavamate mere osadega kiiremini. Perioodil 1950/51–2004/05 tekkis kinnisjää igal aastal ainult Pärnu lahes, avamere rannikul ei tekkinud seda aga pea pooltel talvedel (Sooäär 2006). Kardiste (1997) on leidnud, et merejää paksus on suurim piirkondades,

kus jää merele kõige varem tekib, mistõttu toimub ka jää sulamine enamasti kõige hiljem just neis paigus. Merejää avaldab jahutavat mõju ümbritsevale kaldale, muutes selle külmemaks. Aastatel 1949/50–2000/01 oli keskmine külmaperioodi (mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur oli püsivalt alla 0°C) algus Sõrves 25. detsembril, Kihnus 17. detsembril, kuid Pärnu lahe kaldal (Pärnus), kus merejää moodustub kõige varem, juba 4. detsembril (Jaagus 2003).

Lisaks merele mõjutab õhutemperatuuri ka koha kõrgus. Kagu-Eesti kõrgustikel on keskmised õhutemperatuurid madalamad kui madalikel. Suurema absoluutse kõrguse tõttu on Haanja kõrgustikul temperatuur keskmiselt 1–2°C madalam kui Kagu-Eesti madalates piirkondades (Jaagus 1999). Talvisest õhutemperatuurist sõltub suuresti lumikatte kestus. Toominga, Kadaja (2006) andmetel oli perioodil 1961/62–2000/01 Saaremaa lääneosas talve keskmine lumikatte kestus alla 85 päeva, Pärnumaa edela- ja kaguosa rannikul kestis lumikatte sel perioodil keskmiselt alla 100 päeva. Samas Pärnu lahe põhjakaldal kestis lumikatte pikema merejää kestuse tõttu keskmiselt üle 105 päeva. Kagu-Eestis ulatus lumikatte kestus aga enamasti üle 115 päeva, kusjuures Haanja kõrgustiku keskosas oli lumikatte kestus üle 130 päeva (joonis 3).

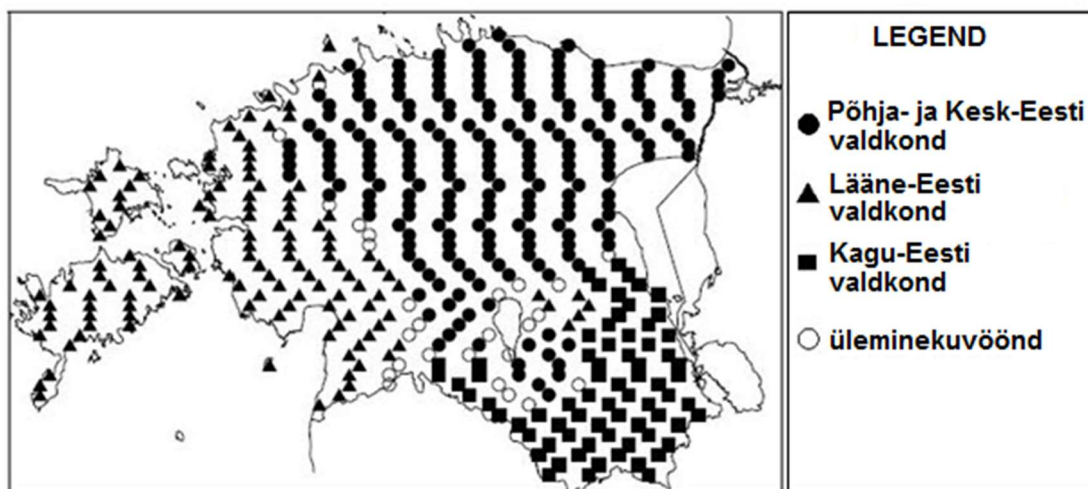


Joonis 3. Talve keskmine lumikatte kestus päevades (aastatel 1961/62–2000/01) (Tooming, Kadaja 2006)

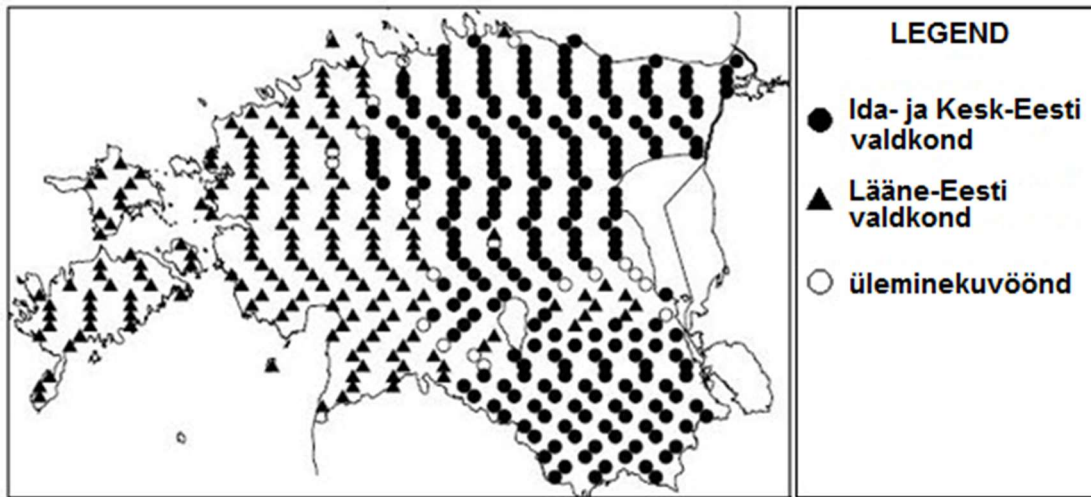
Mere ning absoluutse kõrguse mõju lumikatte kestusele tuli välja ka Jaaguse (1997) uuringust, kust selgus, et mandrilise kliimaga aladel oli perioodil 1920/21–1994/95 talvede lumikatte kestus keskmiselt 100–120 päeva, kuid rannikualadel kõigest 80–100 päeva. Kõige väiksem oli lumikatte kestus Saaremaa läänerannikul. Kõige kauem (120–130 päeva) oli sel perioodil lumikate maas kõrgustikel, nii Kagu-Eestis (Haanja ja Otepää kõrgustikul) kui ka Pandiveres aga ka metsastes piirkondades Alutagusel ja Kõrvemaal (Jaagus 1997).

Meri ja kõrgus mõjutavad ka lumikatte paksust. Rannikul on lumikate enamasti õhem kui sisemaal, kuna sademete hulk kasvab tuulepealselt rannikult (Eestis lääne- ja edelarannikult) sisemaa poole. Rannikul on sademeid vähe, kuid 20–60 km kaugusel rannajoonest tekib suuremate sademetega vöönd (Tarand jt. 2013). Perioodil 1961/62–2000/01 oli veebruari keskmine lumikatte paksus Saaremaa lääneosas alla 10 cm ning Pärnumaa rannikualadel alla 14–16 cm. Kesk-Eestis ulatus lumikatte paksus üle 18–20 cm. Kõige paksem oli lumikate aga kõrgustikel, eriti Haanja kõrgustiku keskosas, kus see ulatus üle 26 cm. (Jaagus, Kadaja 2006). Keskmine maksimaalne lumikatte paksus oli perioodil 1963–1996 Haanja kõrgustiku keskosas Mauris ja Haanjas lausa 42–49 cm (Tooming, Kadaja 1999). Kõrgustike paksem lumikate tuleneb madalamast õhutemperatuurist võrreldes madalate piirkondadega, mistõttu esineb kõrgustikel harvem ja nõrgemaid lume paksust kahandavaid sulasid.

Jaagus, Kadaja (2006) on lumikatte režiimi andmete põhjal loonud Eesti territooriumi rajoneeringu, mille järgi jaguneb Eesti lumikatte paksuse alusel kolmeks valdkonnaks: Põhja- ja Kesk-Eesti, Lääne-Eesti, Kagu-Eesti (joonis 4). Lumikatte kestuse alusel jaguneb Eesti aga kaheks valdkonnaks: Kesk- ja Ida-Eesti ning Lääne-Eesti (joonis 5).



Joonis 4. Eesti rajoneering lumikatte paksuse alusel (Jaagus, Kadaja 2006)



Joonis 5. Eesti rajoneering lumikatte kestuse alusel (Jaagus, Kadaja 2006)

Esimene lumi sajab Eestis maha enamasti novembris, vahel ka varem. Püsima jääb lumikate enamasti detsembris või jaanuaris. Tavaliselt kujuneb püsiv lumikate kõige esimesena välja kõrgustikel ning võrreldes Lääne-Eestiga ka üldiselt kontinentaalsema kliimaga aladel Kagu- ja Kirde-Eestis (Jaagus 1996). Haanja kõrgustikul kujuneb püsiv lumikate välja keskmiselt juba novembri lõpus või detsembri esimestel päevadel, mis on peaaegu 10 päeva varem kui Kagu-Eesti tasandikualadel (Jaagus 1999). Rannikul tekib püsiv lumikate aga mere mõju tõttu kõige hiljem. Mere soojendav mõju on suurim talve esimesel poolel, hiljem rannikulähedane vesi jäätab ning õhutemperatuuride ja lumikatte territoriaalne erinevus Eestis väheneb (Jaagus 1996). Muu rannikualaga võrreldes jäätuvad kõige varem madalad ja tuulte eest varjatud mere osad nagu Pärnu laht ja Väinameri.

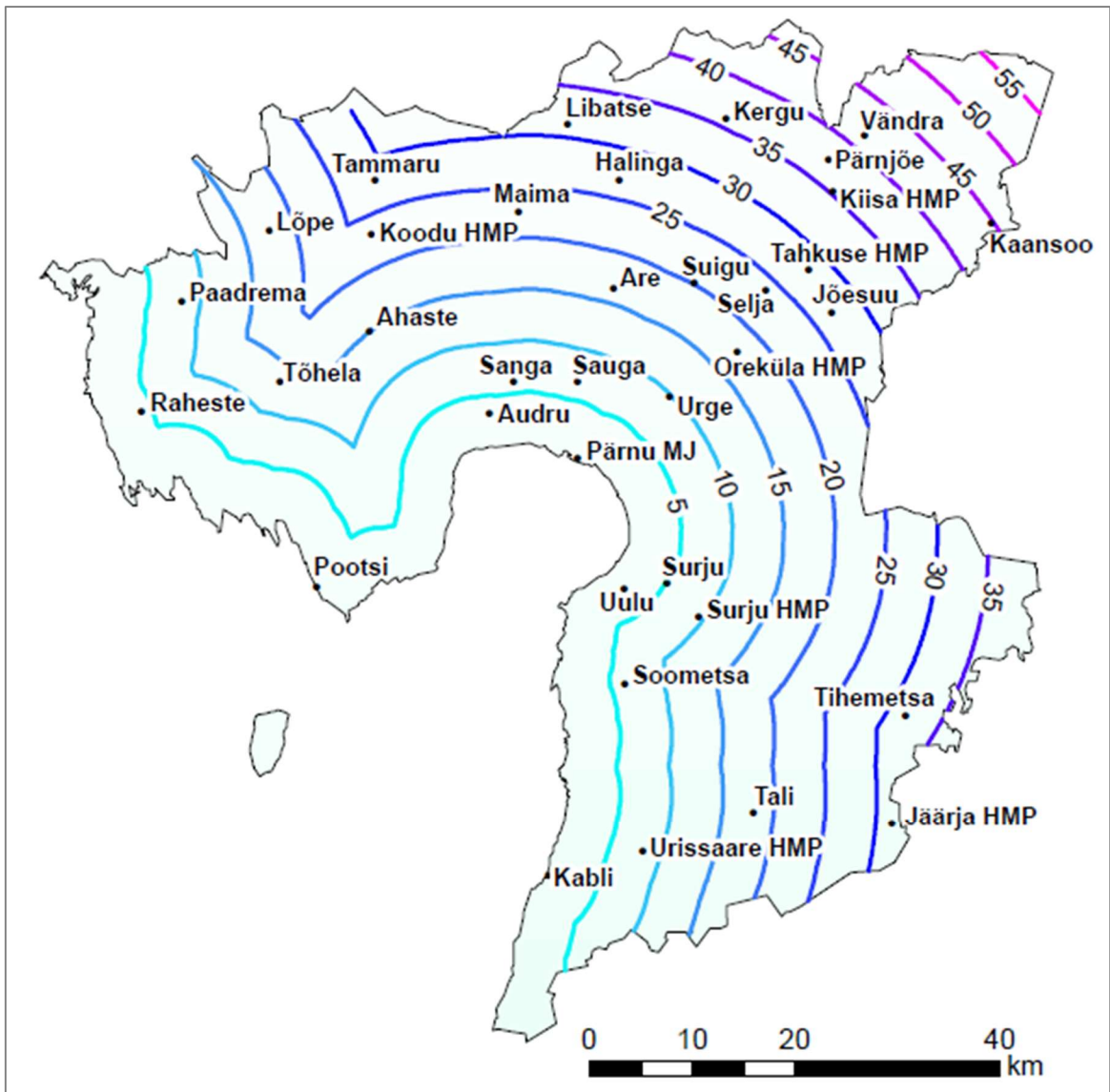
Sulama hakkab lumi Eestis enamasti märtsis või aprilli esimesel poolel (Tammets 2012). Kevadel saabuvad soojad õhumassid peamiselt kagust ja lõunast ning seetõttu sulab lumi esimesena Kagu-Eesti piirkonnas, v.a sealsetel kõrgustikel, kus lumikate püsib võrreldes muude Eesti piirkondadega maas hoopis kõige kauem. Kõrgustikel on õhutemperatuur madalam ning talve jooksul moodustub seal enamasti paksem lumikate, mis ka kauem maas püsib. Haanja kõrgustikul sulab lumi täielikult keskmiselt alles 8.–10. aprilli paiku, mis on rohkem kui nädala võrra hiljem Kagu-Eesti tasandikualadest (Jaagus 1999). Toominga, Kadaja (1999) andmetel oli perioodil 1962–1995 keskmine lumikatte kestus Võru ümbruses 120 päeva, kuid Haanja kõrgustiku keskosas 136 päeva.

4. Andmed ja metoodika

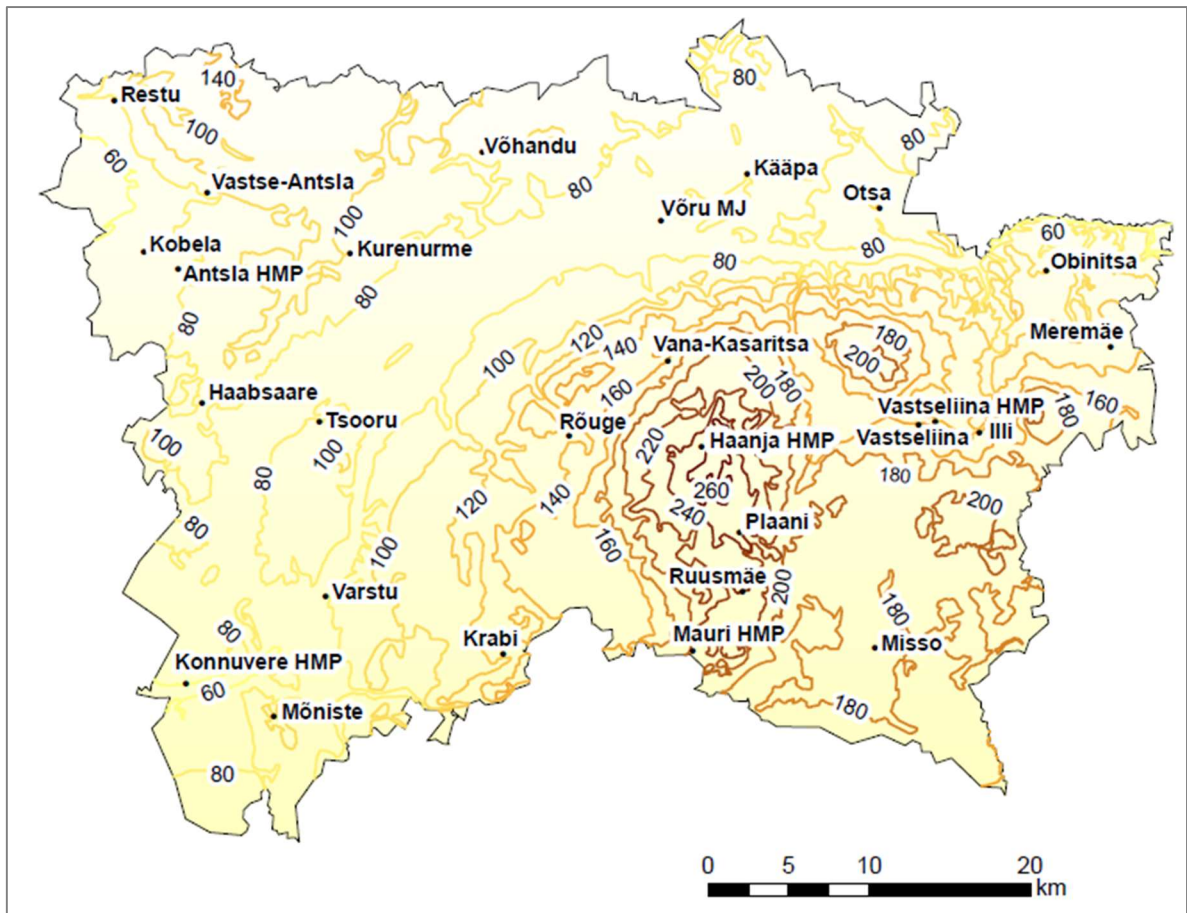
Käesolevas magistritöös kasutatakse EMHI Jõgeva agrometeoroloogiajaama poolt koostatud andmestikke: Võrumaa, sh Haanja looduspargi ja Karula rahvuspargi kliima (1995) ning Pärnumaa kliima (1993). Mõlema maakonna mõõtmiskohtade andmetest kasutatakse püsiva lumikatte tekkimise ja sulamise kuupäeva andmeid, samuti andmeid püsiva lumikatte kestuse (päevades) ning talve maksimaalse lumikatte paksuse (cm) kohta. Pärnumaal kasutatakse nimetataud andmeid perioodil 1968/69–1987/88 ning Võrumaal perioodil 1968/69–1990/91. Trendianalüüsis kasutatakse nii Pärnu- kui Võrumaalt üksnes nende vaatluskohtade andmeid, mis töötasid ka pärast Eesti taasiseseisvumist ning mille kohta on olemas pikem aegrida perioodil 1968/69–1997/98. Kõik töös kasutatavad lumikatte andmed on kalendriaasta ajasammuga.

Nimetatud lumikatte näitajate andmed pärinevad Pärnumaalt Pärnu meteoroloogiajaamast (MJ), seitsmest hüdrometeoroloogiapostist (HMP) ning 28 mitteriiklikust endise majandi vaatluspostist (kokku 36. jaamast/postist) (joonis 6). Trendianalüüsis kasutatavate pikema aegreaga jaamasid ja poste on Pärnumaal kokku 12: Pärnu MJ, Oreküla HMP, Tahkuse HMP, Kiisa HMP, Koodu (Koonga) HMP, Jäärja HMP ning Sanga, Urge, Suigu, Libatse, Tali ja Tihemetsa majandipostid. Lumikatte andmete analüüsist on välja jäetud kõikide Pärnumaa jaamade/postide lumikatte andmed kuuel aastal (aastatel 1972/73, 1974/75 ja 1988/89–1991/92), sest siis ei kujunenud püsivat lumikatet.

Võrumaalt pärinevad lumikatte näitajate andmed Võru meteoroloogiajaamast, viiest hüdrometeoroloogiapostist ning 21 majandi vaatluspostist (kokku 27. jaamast/postist) (joonis 7). Trendianalüüsis kasutatavate pikema aegreaga jaamasid ja poste on Võrumaal kokku 10: Võru MJ, Haanja HMP, Konnuvere HMP, Mauri HMP, Vastseliina HMP ning Mõniste, Krabi, Rõuge, Misso ja Kurenurme majandipostid. Lumikatte andmete analüüsist on välja jäetud kõikide Võrumaa jaamade/postide lumikatte andmed kahel talvel (aastatel 1974/75 ja 1991/92), sest siis ei kujunenud püsivat lumikatet.



Joonis 6. Merest erineval kaugusel (km) paiknevad vaatluskohad Pärnumaal



Joonis 7. Erinevatel kõrgustel (m) paiknevad vaatluskohad Võrumaal

Mõlema maakonna jaamade/postide lumikatte näitajate (tekkimise ja sulamise kuupäev, kestus, maksimaalne paksus) andmeridades esines ka puuduvaid väärtuseid, mis asendati võttes aluseks puuduoleva koha jaoks kõige lähema ja iseloomulikuma mõõtmiskoha andmed. Seda teadmiseks, et lumi sajab enamasti lähestikku paiknevates kohtades ühtedel ja samadel päevadel sarnases koguses. Analüüsis kasutatavate andmete puhul lähtuti aga põhimõttest, et nii üksikutel aastatel kui ka üksikutel jaamadel/postidel on olemas üle 50% originaalseid mõõtmistulemusi, mis tähendab, et tuletatud väärtusi on aasta ja/või mõõtmiskoha kohta käivates andmetes alla poole.

Magistritöös kasutatavate Pärnu- ja Võrumaa jaamade/postide võimalikult täpsed asukohaandmed on saadud Jõgeva agrometeoroloogiajaama kunagise insener-agrometeoroloog H.-M. Raudsepa käest, kelle juhendamisel majandite vaatluspostid neis maakondades töötasid. Töös kasutatavates andmestikes on välja toodud enamike Pärnu- ja Võrumaa jaamade kaugus merest (km) ning kõrgus merepinnast (m). Puuduolevad jaamade/postide kaugused merest leiti kasutades Maa-ameti Maainfo kaardirakenduse mõõtmisvahendit ning puuduvaid absoluutse

kõrguse andmed leiti kasutades Maainfo kaardirakenduse asukoha määramise vahendit ning vastavalt määratud koha kõrgusinfo andmeid.

Arvutuste tegemisel kasutati tabelarvutusprogrammi *Microsoft Excel*. Andmelünkade täitmise järgselt kontrolliti graafiliselt lähteandmete vastavust normaaljaotusele, kust selgus, et kõik andmed ei vasta normaaljaotusele. Seetõttu leiti töös Pärnu- ning Võrumaa kõigi vaatluskohtade püsiva lumikatte näitajate aegriade mediaani väärtused ja kvartiilihaarded. Selleks, et teha kindlaks, kas püsiva lumikatte andmed sõltuvad Võrumaal koha absoluutsest kõrgusest (m) leiti lumikatte andmete ja koha kõrguse vahel Pearsoni korrelatsioonikordajad (r). Pärnumaal leiti korrelatsioonikordajad vastavalt lumikatte andmete ja mere kauguse (km) vahel. Lisaks leiti Pärnumaal täiendavalt korrelatsioonikordajad ka püsiva lumikatte andmete ja koha absoluutse kõrguse vahel (m), et teha kindlaks, kas ja kuivõrd mõjutab lisaks merele Pärnumaal lumikatet ka reljeef. Selleks, et teada saada, kuidas muutub lumikate merest kaugenedes Pärnumaal ning kõrguse kasvades Võrumaal, viidi mõlema maakonna püsiva lumikatte näitajatega läbi ka lineaarne regressioonanalüüs ning leiti tõusukordajad. Kõik töösse lisatud lumikatte näitajate kaardid koostati programmi ArcGIS Desktop versiooni 10.2 abil, kus interpoleerimisel kasutati pöördkaugusega kaalutud interpoleerimist (*Inverse distance weighted*, IDW).

Magistritöös hinnati ka nii Pärnu- kui Võrumaa lumikatte näitajate pikemaajalisi muutusi. Lumikatte trendid leiti vaid mõlema maakonna pikkade aegriadega (1968/69–1997/98) vaatluskohtade andmete alusel. Lineaarse trendi tõusu väärtused leiti kasutades Sen'i mitteparameetrilist meetodit (Sen 1968). Trendi olulisust kontrolliti Mann-Kendalli testi abil, mis ei eelda andmestiku normaaljaotust ning mille abil saab analüüsida suhteliselt lühikesi ja auklikke aegridu. Mann-Kendalli testi peamine põhimõte trendi arvutamisel on kindlaks teha paarikaupa üksteisele järgnevate aegria väärtuste vahel esinevate erinevuste olemasolu. Igat elementi võrreldakse kõigi eelnevate aegria väärtustega (Mann 1945, Kendall 1955). Mann-Kendalli testi statistikute arvutamiseks kasutati Soome Meteoroloogia Instituudi poolt Exceli jaoks välja töötatud makrot *MAKESENS 1.0* (Salmi et al. 2002). Trend loeti $p < 0,05$ tasemel statistiliselt usaldusväärseks, kui testi statistiku absoluutväärtus oli vähemalt 1,96. Lõpuks võrreldi töös ka Pärnu- ja Võrumaa püsiva lumikatte näitajate omavahelisi erinevusi, mille puhul valiti ühtseks uurimisperioodiks aastad 1968/69–1987/88. Võrreldi ka kahe maakonna püsiva lumikatte trendide erinevusi ühtsel perioodil 1968/69–1997/98.

5. Tulemused ja arutelu

5.1. Lumikatte näitajad Pärnumaal ja nende seos koha kaugusega merest

Pärnumaa asub Edela-Eestis Liivi lahe põhjarannikul. Pärnumaa naabermaakonnad on loodes Läänemaa, põhjas Raplamaa, kirdes Järvamaa, idas Viljandimaa, läänes Saaremaa ning lõunas piirneb Pärnu maakond Lätiga. Pärnumaa reljeef on valdavalt tasane. Suur osa maakonnast paikneb Pärnu madalikul, kus absoluutkõrgused jäävad alla 20 m. Maakonna kõrgemad alad jäävad kaguossa, kus paikneb Sakala kõrgustiku edelaserv. Antud töös kasutatavatest vaatluskohtadest asusid Sakala kõrgustikul ning seega ka kõige kõrgemates paikades kolm järgmist vaatluskohta: Tali (56 m), Jäärja HMP (69 m) ning Tihemetsa (66 m). Kõik teised vaatluskohad asuvad madalamal (kuni 35 m kõrgusel) (lisa 1). Kui välja arvata Sakala kõrgustik, siis võrreldes muu Pärnumaaga jääb pisut kõrgem ala ka maakonna äärmisesse kirdeossa, kus paiknesid Kergu (35 m), Vändra (33 m) ja Pärnjõe (30 m) vaatluspostid. Selleks, et hinnata Pärnumaal mere mõju lumikattele, on leitud korrelatsioonid ka lumikatte näitajate ja Pärnumaa vaatluskohtade kõrguste vahel, et saadud korrelatsioone omavahel võrrelda ning mitte mere mõju lumikattele ülehinnata.

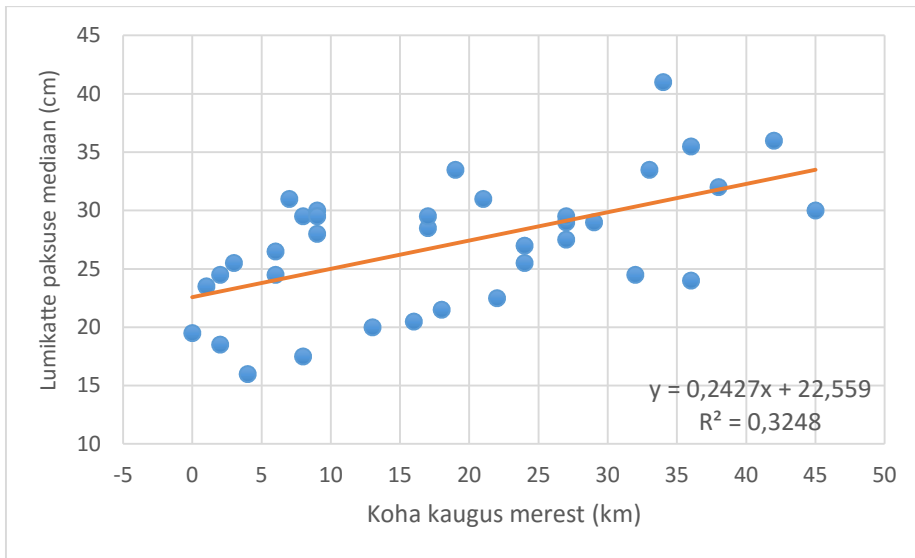
Analüüsist selgus, et lumikatte näitajate korrelatsioonide tugevus kaugusega merest (km) on suurem kui nende korrelatsioon koha absoluutse kõrgusega (m), v.a lumikatte paksuse puhul, millel on pisut tugevam seos koha kõrgusega. Samas kui eemaldada korrelatsioonianalüüsist kolm teistest oluliselt kõrgemat Pärnumaa vaatluskohta Sakala kõrgustikul (Tali, Jäärja HMP ning Tihemetsa), siis on korrelatsioonid kõikide lumikatte näitajate puhul tugevamad kaugusega merest (lisa 2). Seetõttu võib öelda, et kõrgus mõjutab Pärnumaal lumikatte näitajaid kõige enam Pärnumaa kaguosas, kuhu jääb Sakala kõrgustiku edelaserv ning mujal Pärnumaa piirkondades on lumikatte näitajad tugevamalt korreleerunud siiski kaugusega merest.

Lumikatte paksus

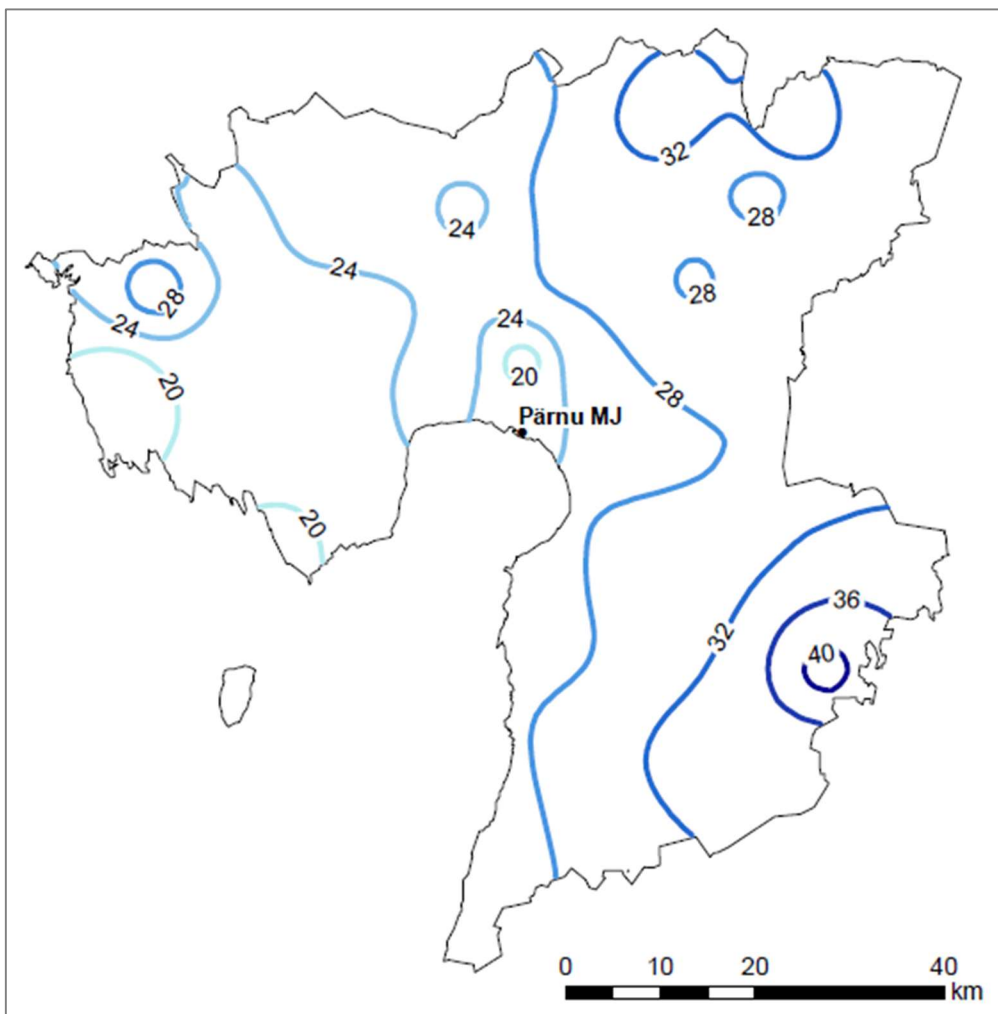
Lumikatte näitajate sõltuvust merest analüüsiti kasutades Pärnumaa vaatluskohtade andmeid aastatel 1968/69–1987/88. Tulemustest selgus, et Pärnumaa vaatluspostide talve maksimaalse lumikatte paksuse mediaani ja vaatluspostide kauguse vahel merest on keskmiselt tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,57, p < 0,01$). Seega sarnaselt varasemate uurimustega Eestist ja välismaalt (Jaagus, Kadaja 2006, Rimkus et al. 2014) selgus ka antud töös, et merest kaugemates piirkondades on lumikatte üldiselt paksem kui merele lähemal olevates paikades, sest rannikul on sademete hulk väiksem kui sisemaal ning mere soojendava mõju tõttu esineb rannikul rohkem sulasid, mille tõttu lumi tiheneb ja selle paksus kahaneb. Lumikatte paksus suureneb Pärnumaal merest kaugenedes iga 10 km-ga keskmiselt 2,43 cm (tabel 1, joonis 8). Kõige enam (üle 32 cm) on lund Pärnumaa äärmises kirde- ja kaguosas (joonis 9). Nagu eespool mainitud on lumikatte paksus Pärnumaa kaguosas aga seotud ka seal paikneva Sakala kõrgustiku edelaservaga, mille mõju paistab eriti välja Tihemetsa ümbruses, kus lumikatte paksus kõrguse kasvades kiiresti suureneb. Ka aastate 1968/69–1987/88 keskmine maksimaalne lumikatte paksus oli kõige suurem (41 cm) just Tihemetsas (merest 34 km kaugusel). Siiski Pärnumaa teistes piirkondades, kus reljeef on ühtlasem ja kõrgustes nii suuri erinevusi ei esine, tuleb mere mõju lumikatte paksusele paremini esile. Kõige õhem on lumikatte Pärnumaa edelaosas (eriti rannikul) ning Pärnu linna ümbruses, kus lumikatte paksus on alla 24 cm. Uurimisperioodi keskmiselt kõige õhem maksimaalne lumikatte (16 cm) esines merest 4 km kaugusel Rahestes. Pärnumaa keskosas on lumikatte paksus enamjaolt 28 cm või enam ning Pärnumaa kirdeosas ehk merest kõige kaugematel aladel, ulatub lumikatte üle 32 cm. Kõikide Pärnumaa vaatluskohtade kaugused merest (km) ning iga jaama püsiva lumikatte näitajate mediaanide väärtused perioodil 1968/69–1987/88 on välja toodud lisas 3.

Tabel 1. Pärnumaa lumikatte näitajate keskmine muutus merest kaugenedes 10 km võrra. Tasemel $p < 0,01$ statistiliselt olulised muutused on jämedas kirjas

Püsiva lumikatte näitajad	Muutus 10 km kohta
Maksimaalne lumikatte paksus (cm)	2,43
Maksimaalse lumikatte paksuse kvartiilihaare (cm)	0,74
Lumikatte tekkimise aeg (päevades)	-1,46
Lumikatte sulamise aeg (päevades)	0,96
Lumikatte kestus (päevades)	2,56
Lumikatte kestuse kvartiilihaare (päevades)	-4,37



Joonis 8. Maksimaalse lumikatte sõltuvus koha kaugusest merest Pärnumaal ($r = 0,57, p < 0,01$).
 Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 9. Pärnumaa lumikatte maksimaalne paksus (cm) mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1987/88

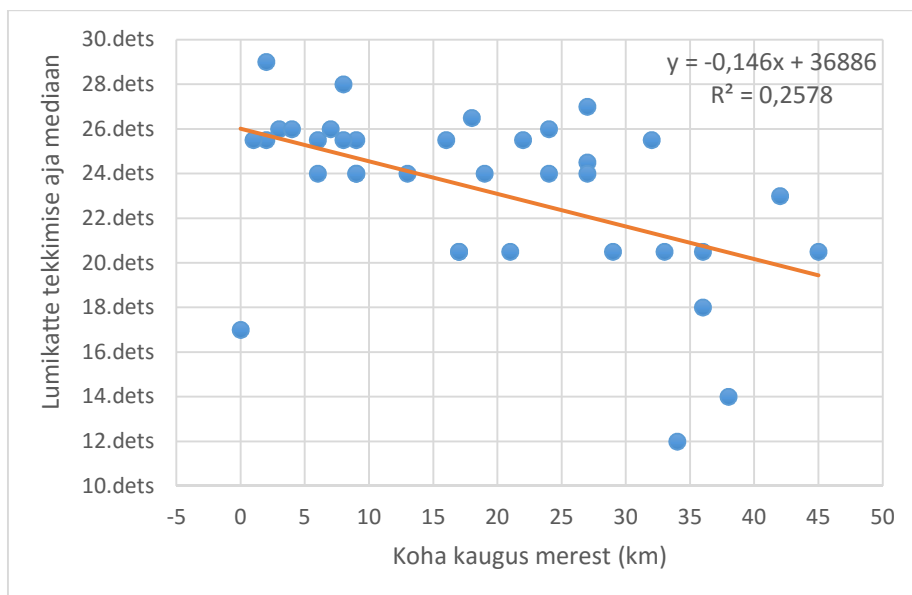
Maksimaalse lumikatte paksuse aastatevahelist absoluutset muutlikkust näitab kvartiilihaare. Perioodi 1968/69–1987/88 talve maksimaalse lumikatte paksuse aastatevahelise absoluutse muutlikkuse ja koha kauguse vahel merest esineb nõrk positiivne tasemel $p < 0,01$ mitteoluline seos ($r = 0,26$). Seega Pärnumaal merest kaugenedes lumikatte paksuse kvartiilihaare oluliselt ei muutu (tabel 1) ning seal ei saa eristada üksteisest oluliselt erineva lumikatte paksuse aastatevahelise muutlikkusega piirkondi.

Lumikatte tekkimine ja sulamine

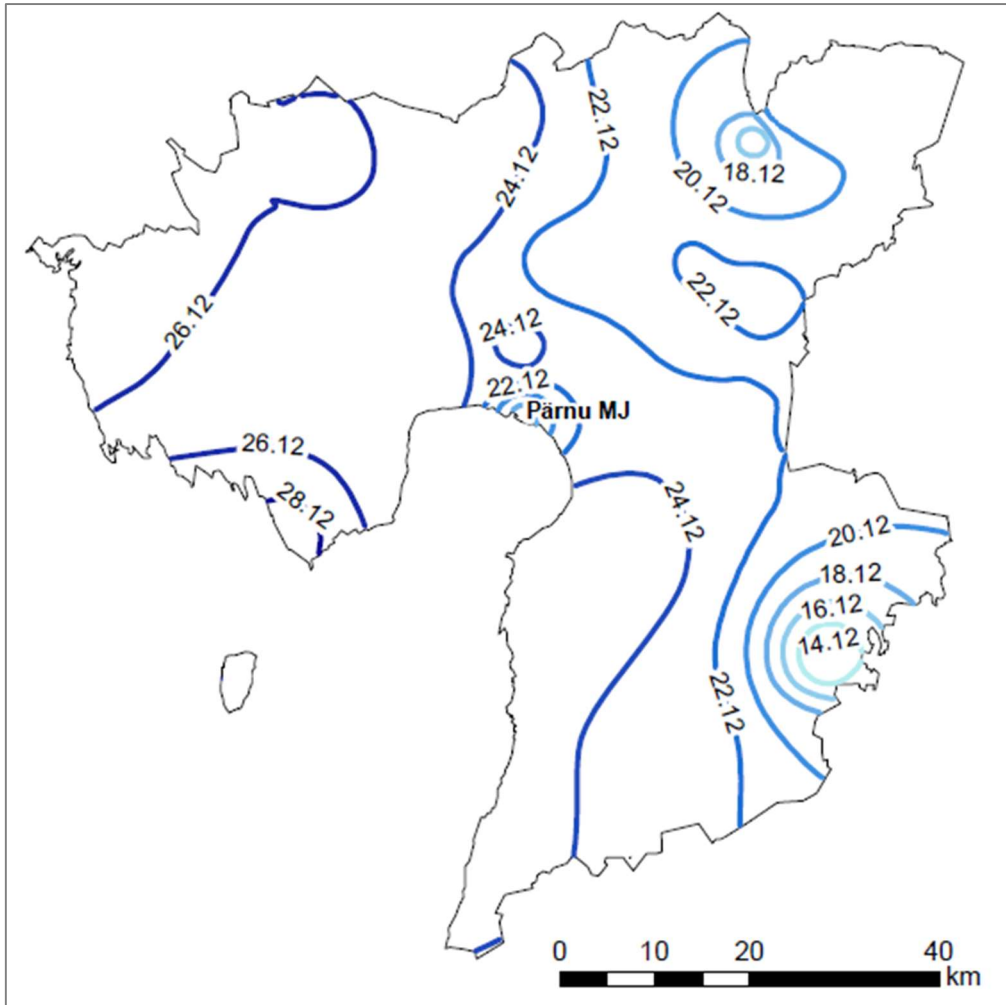
Vaadeldava perioodi Pärnumaa püsiva lumikatte tekkimise aja mediaani ning koha kauguse vahel merest esineb keskmiselt tugev negatiivne statistiliselt oluline seos ($r = -0,51$ $p < 0,01$). Sarnaselt teiste uuringute tulemustega (Jaagus 1996, Finnish Meteorological Institute) tekib ka Pärnumaal püsiv lumikate kõige hiljem just rannikualadel. Lumikatte tekkimise aeg muutub Pärnumaal merest kaugenedes iga 10 km-ga keskmiselt 1,46 päeva varasemaks (tabel 1, joonis 10). Püsiva lumikatte hilisem algus rannikul on seotud maismaast aeglasemalt jahtuva merega, mis hoiab ilma sügisel ja talve hakul rannikualal soojemana kui sisemaal. Kui Pärnumaa äärmises kirde- ja kaguosas jääb lumi püsivalt maha keskmiselt enne 20. detsembril, siis rannikualadel tekib püsiv lumikate üle nelja päeva hiljem, Pärnumaa edelaosa rannikul lausa 6 päeva hiljem (joonis 11). Kõige varem tekkis püsiv lumikate perioodil 1968/69–1987/88 Tihemetsas (12. detsembril) ning kõige hiljem merest 2 km kaugusel Pootsis (29. detsembril) (lisa 3).

Võrreldes muu rannikualaga tekib aga püsiv lumikate varem Pärnu lahe põhjakaldal. Perioodil 1968/69–1987/88 moodustus Pärnu linnas püsiv lumikate juba keskmiselt 17. detsembril, samas kui näiteks lähedal paiknevas Audrus alles 26. detsembril. Pärnu MJ andmete järgi on enamasti Pärnus vaatlusalusel perioodil püsiv lumikate tekkinud sarnasel ajal kui mujal Pärnumaa rannikul. Samas eristuvad mõned talved (nt 1975/76, 1979/80, 1985/86) muust rannikust oluliselt varasema püsiva lumikatte tekkimise aja poolest. Põhjuseks võib olla mitmes uuringus (Mardiste 1997, Jaagus 2006) selgunud Pärnu lahe varasem jäätumise aeg võrreldes muu rannikualaga. Merejää kohal on õhk külm ning tuuled, mis Pärnumaal puhuvad valdavalt läänest või edelast, toovad Pärnu lahe kohalt täiendava külma õhu lahe kaldale (eriti põhjakaldale). Madal õhu- ja maapinna temperatuur võimaldab aga sadanud lumel Pärnu lahe kaldal püsivalt maha jääda. Seega võib ka mujal Pärnumaa rannikul lumi maha sadada samadel kuupäevadel, kuid ei jää veel jäätumata ja seega soojendava mere mõju tõttu püsivalt maha.

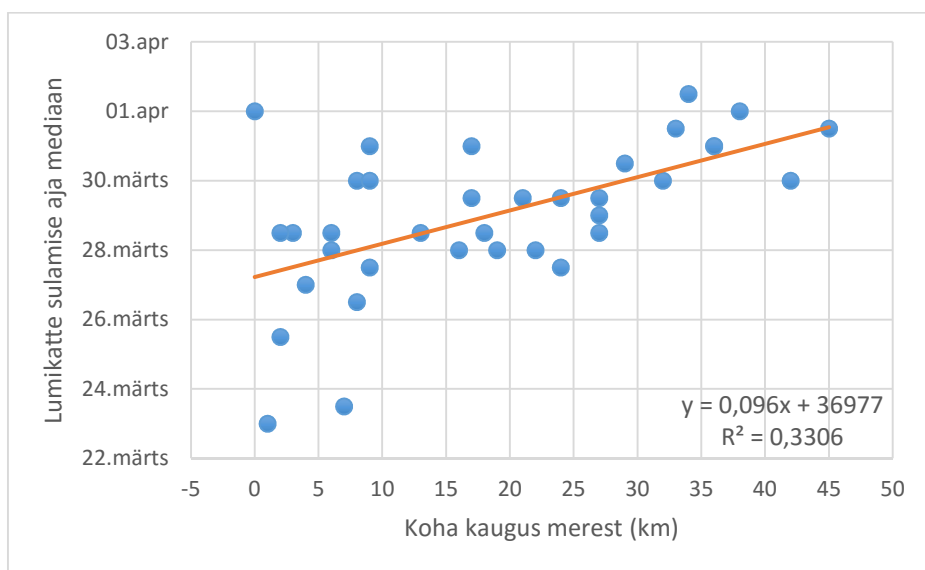
Pärnumaa püsiva lumikatte sulamise aja (perioodil 1968/69–1987/88) mediaani ning koha kauguse vahel merest esineb keskmiselt tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,57$, $p < 0,01$). Püsiva lumikatte sulamine toimub pisut varem merele lähemal paiknevates kohtades. Seda seetõttu, et rannikul kujuneb enamasti välja õhem lumikate kui merest kaugematel aladel (joonis 9) ning õhem lumi sulab kiiremini ära. Lumikatte sulamise aeg muutub Pärnumaal merest kaugenedes iga 10 km-ga keskmiselt 0,96 päeva hilisemaks (tabel 1, joonis 12). Rannikualal sulab püsiv lumikate keskmiselt enne 28. märtsi, Pärnumaa keskosas kuni kaks päeva hiljem ning Pärnumaa äärmises kirde- ja kaguosas sulab lumikate keskmiselt pärast 30. märtsi (joonis 13). Perioodil 1968/69–1987/88 sulas püsiv lumikate mediaani väärtuste põhjal kõige varem merele lähedal paiknevates Kablis ja Surjus (23. märtsil) ning kõige hiljem enamasti merest kaugemates paikades: Kiisa ja Jäärja HMP-s, Kergus, Kaansoos (31. märtsil) ning Tihemetsas ja Pärnjõel, aga ka Pärnu linnas (01. aprillil) (lisa 3). Lumikatte hilisem sulamine Pärnus (ja Pärnu lahe põhjakaldal) võrreldes muu rannikualaga on seotud merejää hilisemase sulamisega Pärnu lahel. Kuna sel lahel moodustuv jää on paksem kui ülejäänud rannikul, siis võtab sulamine kauem aega (Mardiste 1997). Näiteks kui Kihnu rannikul kadus merejää perioodil 1949/50–2003/04 keskmiselt 15. aprillil, siis Pärnu lahes alles 22. aprillil (Jaagus 2006). Pärnu MJ andmetel sulas püsiv lumikate perioodil 1968/69–1987/88 Pärnus võrreldes muu rannikuga märgatavalt hiljem enam kui pooltel talvedel.



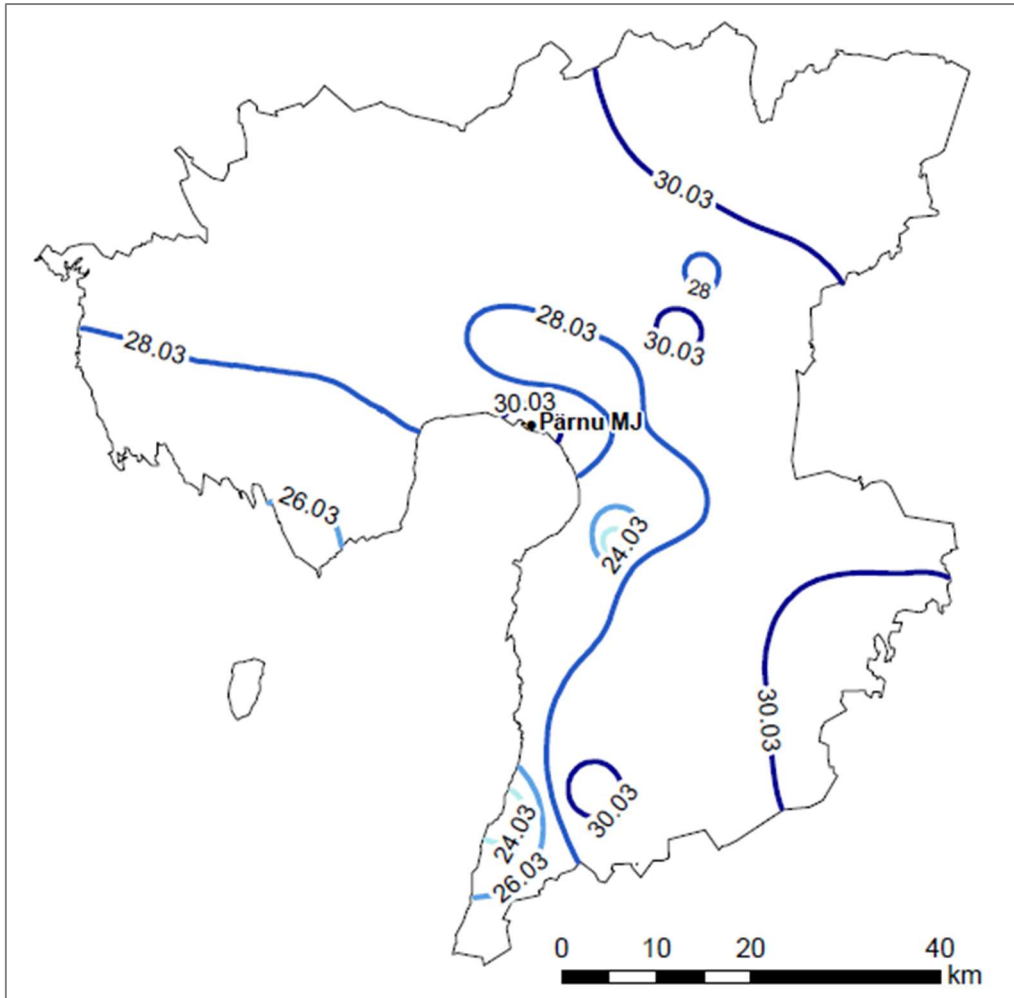
Joonis 10. Püsiva lumikatte tekkimise aja sõltuvus koha kaugusest merest Pärnumaal ($r = -0,51$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 11. Püsiva lumikatte tekkimise kuupäevad mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1987/88 Pärnumaal



Joonis 12. Püsiva lumikatte sulamise aja sõltuvus koha kaugusest merest Pärnumaal ($r = 0,57$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 13. Püsiva lumikatte sulamise kuupäevad mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1987/88 Pärnumaal

Lumikatte kestus

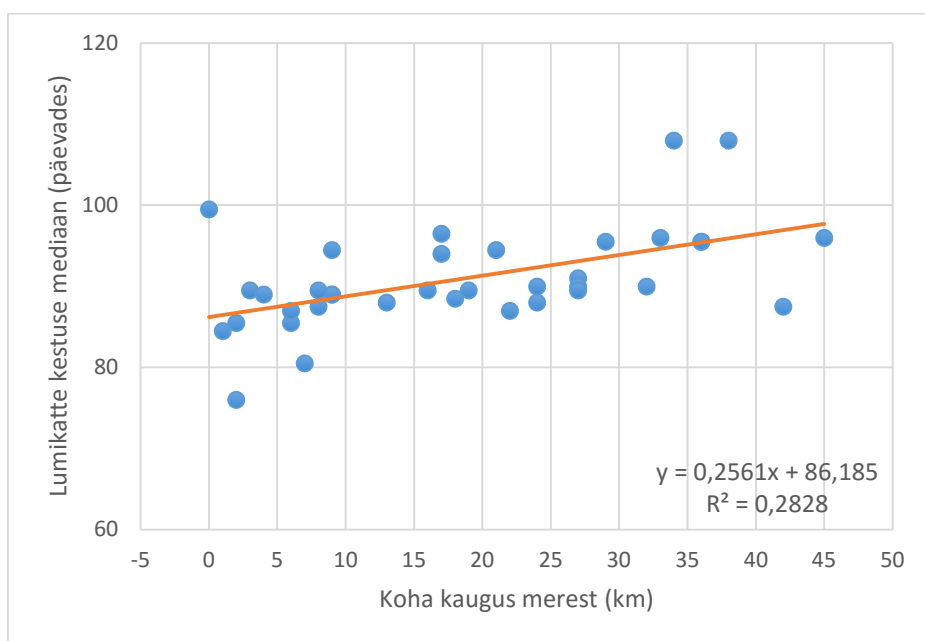
Pärnumaa 1968/69–1987/88 aastate püsiva lumikatte kestuse mediaani ja koha kauguse vahel merest esineb keskmiselt tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,53$, $p < 0,01$). Seega püsib merest kaugemates piirkondades lumi maas valdavalt kauem kui merele lähedal asuvates paikades. Rannikualade lumikatte lühemat kestust võrreldes merest kaugemate piirkondadega kinnitavad ka mitmed teised autorid nii Eestist (Jaagus 1997, Tooming, Kadaja 2006) kui ka välismaalt (Schuler et al. 2006, Rimkus et al. 2014). Pärnumaal muutub lumikatte kestus merest kaugenedes iga 10 km-ga keskmiselt 2,56 päeva pikemaks (tabel 1, joonis 14). Kõige väiksem on lumikatte kestus Pärnumaa edelaosas, eriti Pootsi ümbruses ning ka Pärnumaa kaguosa rannikul, kus lumi püsib maas alla 87 päeva (joonis 15). Pärnumaa keskosas püsib lumi maas 90 päeva või enam ning kõige pikem (üle 93–96 päeva) on püsiva lumikatte kestus Pärnumaa

äärmisses kirde- ja kaguosas, kus lumikate on enamasti ka kõige paksem. Keskmiselt kõige kauem (108 päeva) püsis aastatel 1968/69–1987/88 lumikate maas merest 38 km kaugusel Pärnjões ja 34 km kaugusel Tihemetsas. Viimases on küll lumikatte kestus sarnaselt paksusega seotud pigem suurema absoluutse kõrgusega kui mere mõjuga. Kõige vähem (76 päeva) püsis uurimisperioodil lumi maas aga Pootsis, kus kaugus mereni on ainult 2 km (lisa 3).

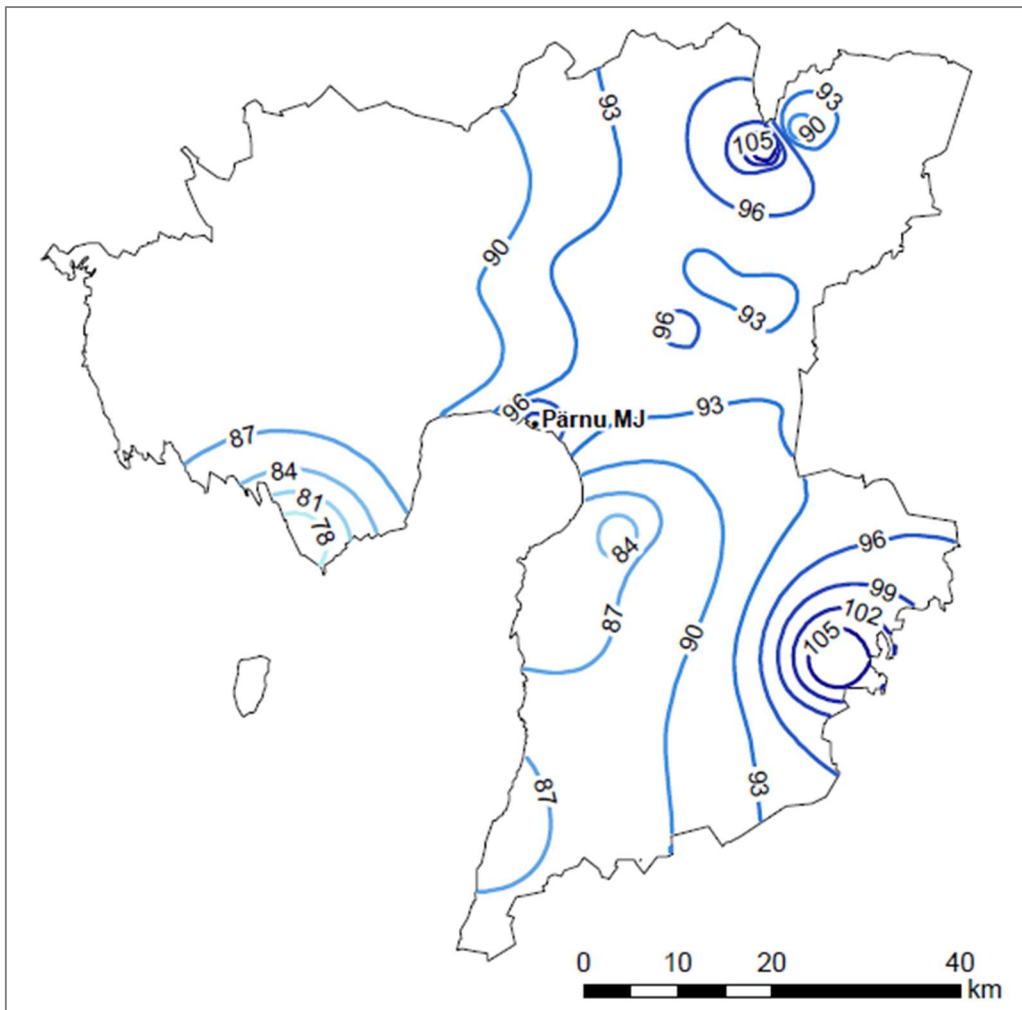
Lumikatte varasemase tekkimise ning hilisemase sualmise tõttu on püsiva lumikatte kestus mediaani väärtuste järgi pikk (100 päeva) ka Pärnu lahe põhjakaldal, kus lumikate on küllaltki õhuke (alla 24 cm). Nagu eespool välja toodud on Pärnu lahe kaldad mõjutatud lahe jäärežiimist. Pärnu lahes on jääkatte kestus pikem kui mujal rannikul. Näiteks oli aastatel 1949/50–2003/04 Pärnu lahel keskmine merejää kestus 137,8 päeva, samas kui Kihnu rannikul vaid 114,3 päeva (Jaagus 2006). Merejää pikema kestuse tõttu kestab külmaperiood, mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur on püsivalt alla 0°C, Pärnu lahe kaldal kauem kui mujal rannikul. Sooäär (2006) on magistritöös välja toonud, et aastatel 1950/51–2004/05 kestis külmaperiood Kihnus kokku 92 päeva, samas kui Pärnus lausa 106 päeva. Pikem külmaperiood võimaldab ka lumikattel kauem aega maas püsida. Sarnaselt käesolevas töös saadud tulemustega on ka Tooming, Kadaja (2006) leidnud, et Pärnu lahe põhjakaldal on talve keskmine lumikatte kestus võrreldes muu rannikualaga pikem (joonis 3). Ka pärast lume lõplikku sulamist algava kliimaatilise varakevade keskmine saabumiskuupäev perioodil 1966–2010 oli võrreldes ülejäänud Pärnumaa rannikualadega Pärnu lahe põhjakaldal mõnevõrra hilisem. Samas keskmine kliimaatilise suve (ööpäeva keskmise õhutemperatuuri püsiv tõus üle 13°C) saabumiskuupäev samal perioodil oli Pärnus juba suhteliselt varane võrreldes ülejäänud rannikualadega. See tuleneb madala Pärnu lahe kiiremast soojenemisest võrreldes muu rannikuga pärast merejääst vabanemist (Tarand jt. 2013).

Pärnumaa püsiva lumikatte kestuse kvartiilihaarde ja koha kauguse vahel merest esines perioodil 1968/69–1987/88 tugev negatiivne statistiliselt oluline seos ($r = -0,70$, $p < 0,01$). Püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus on suurem õhema lumikattega paikades mere lähedal, väiksem aga merest kaugemates ning pikema lumikatte kestuse ja suurema paksusega piirkondades. Lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus väheneb Pärnumaal merest kaugenedes iga 10 km-ga keskmiselt 4,37 päeva (tabel 1, joonis 16, 17). See näitab, et rannikualadel võivad aastati esineda suured erinevused lumikatte kestuses. Kui pehmetel talvedel, mil meri omab rannikualadele soojendavat mõju, on rannikul lund vähestel päevadel, siis karmidel talvedel, kui meri on jääs, on lumi rannikul maas kogu aeg ning

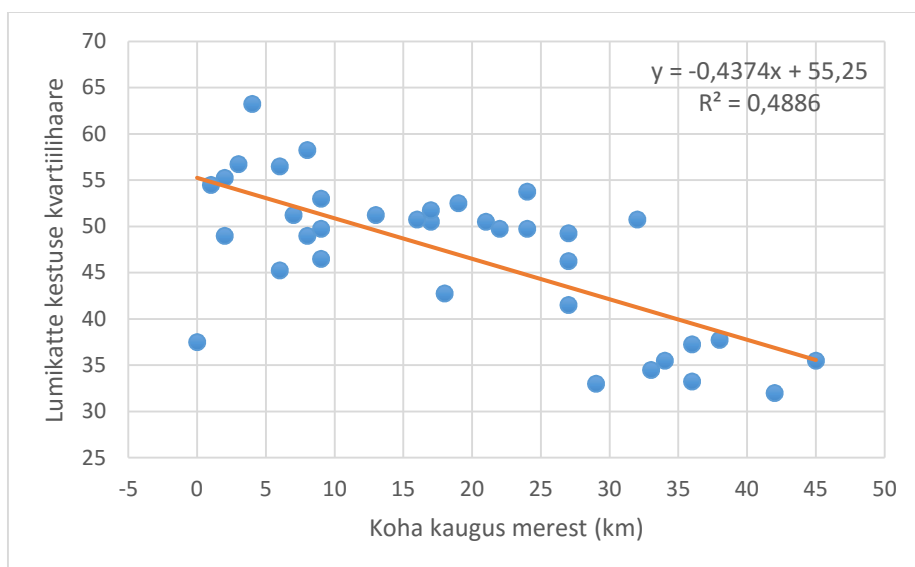
oluline erinevus sisemaaga puudub. Aastatel 1968/69–1987/88 oli Pärnumaal kõige väiksem lumikatte kestuse muutlikkus kvartiilihaarde põhjal (32 päeva) merest 42 km kaugusel Vändras, suurim (63 päeva) aga merest 4 km kaugusel Rahestes. Sarnaselt Pärnumaaga tuleb lumikatte kestuse muutlikkuse seos merega esile ka terve Eesti raames: näiteks on Saaremaa ja Kirde-Eesti vahel lumikatte kestuse aastatevahelise absoluutse muutlikkuse erinevus standardhälbe järgi üle 10 päeva. Kui Saaremaa lääneosas oli perioodil 1961/1962–2000/2001 keskmine lumikatte absoluutne muutlikkus üle 31 päeva, siis Kirde-Eestis alla 19 päeva (Jaagus, Kadaja 2006). Sarnane seos ilmneb ka Leedus, kus lumikatte kestuse muutlikkus on suurim väikseima lumikatte kestusega piirkonnas Leedu läänerannikul (Rimkus et al. 2014).



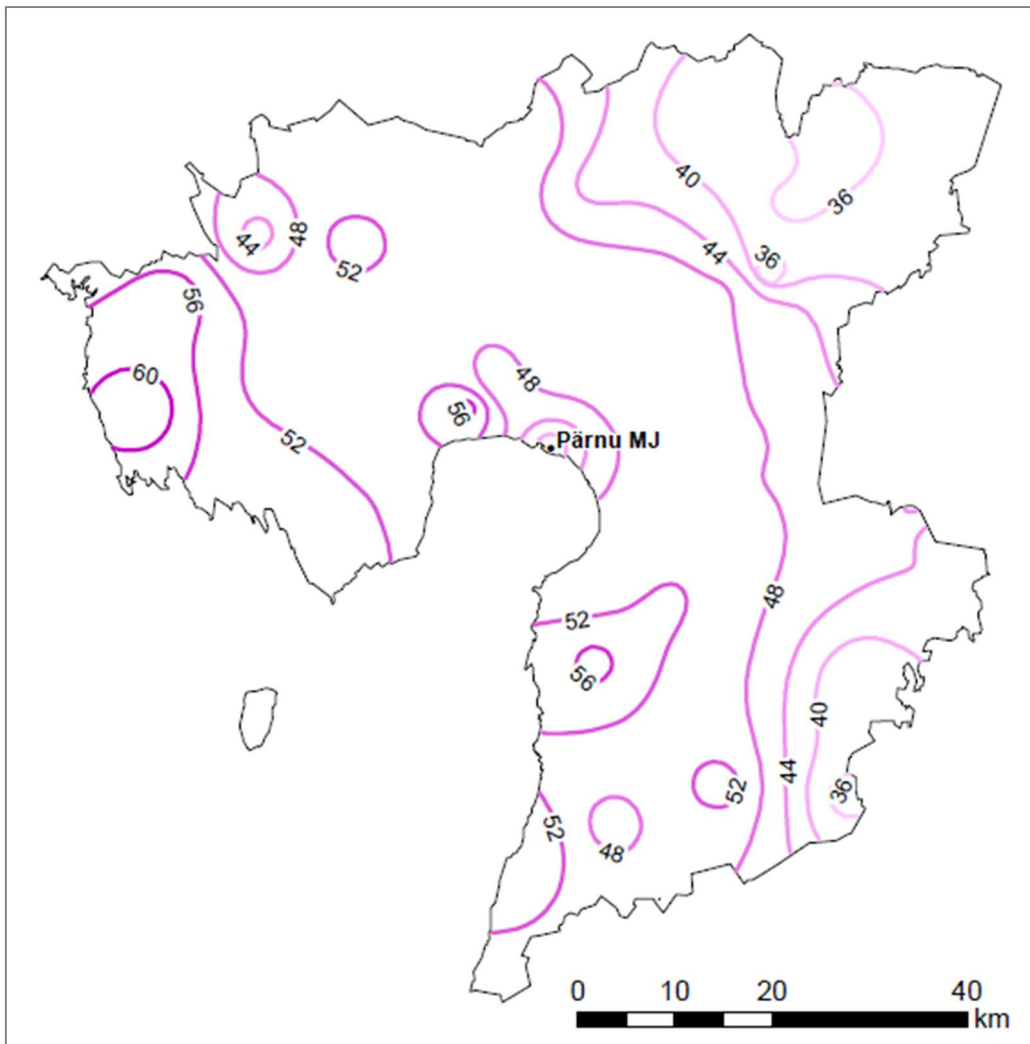
Joonis 14. Püsiva lumikatte kestuse sõltuvus koha kaugusest merest Pärnumaal ($r = 0,53$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 15. Pärnumaa püsiva lumikatte kestus (päevades) mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1987/88



Joonis 16. Püsiva lumikatte kestuse kvartiilihaarde sõltuvus koha kaugusest merest Pärnumaal ($r = -0,70, p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 17. Püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus (päevades) aastatel 1968/69–1987/88 Pärnumaal

5.2. Lumikatte näitajad Võrumaal ja nende seos koha absoluutse kõrgusega

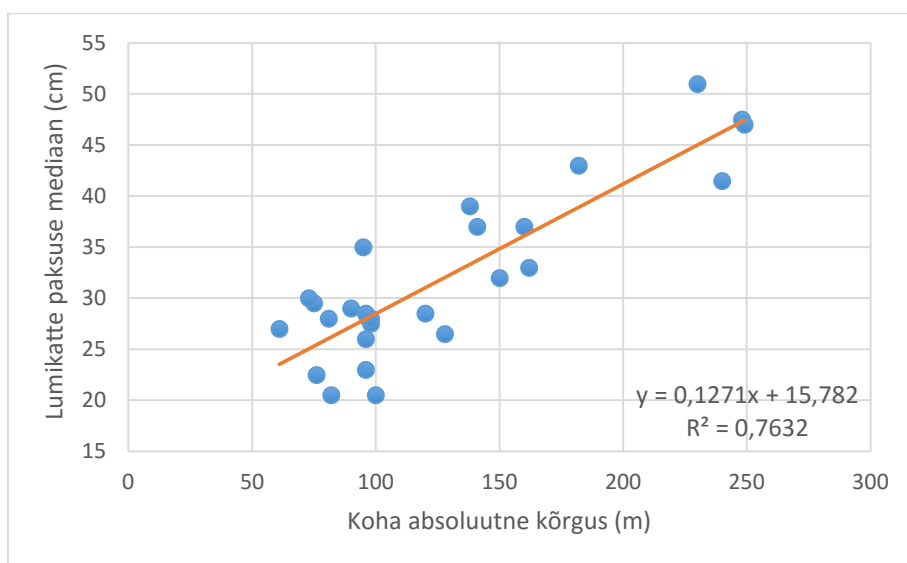
Kagu-Eestis paikneva Võrumaa naabermaakonnad on läänes ja loodes Valgamaa ja põhjas Põlvamaa. Idas piirneb Võrumaa aga Venemaa Pihkva oblastiga ning lõunas Lätiga. Võrumaa põhjaosas paikneb osa Kagu-Eesti lavamaast, loodeossa ulatub aga Otepää kõrgustiku lõunaserv. Maakonna keskosa läbib Võru orund. Võrumaa kaguosasse jääb Haanja kõrgustik, mille keskosas paikneb Haanja–Ruusmäe küngastik (umbes 180 km²), kus suurte küngaste laed küündivad enam kui 250 m üle merepinna ning küngaste nõlvade kalle on enamasti kuni 30 kraadi. Kõrgustiku kõrgeim punkt merepinnast on Suur Munamägi (317,2 m). Haanja kõrgustiku äärealal paiknevad aga väiksemad künkad, kuplid ning ürgorgud.

Lumikatte paksus

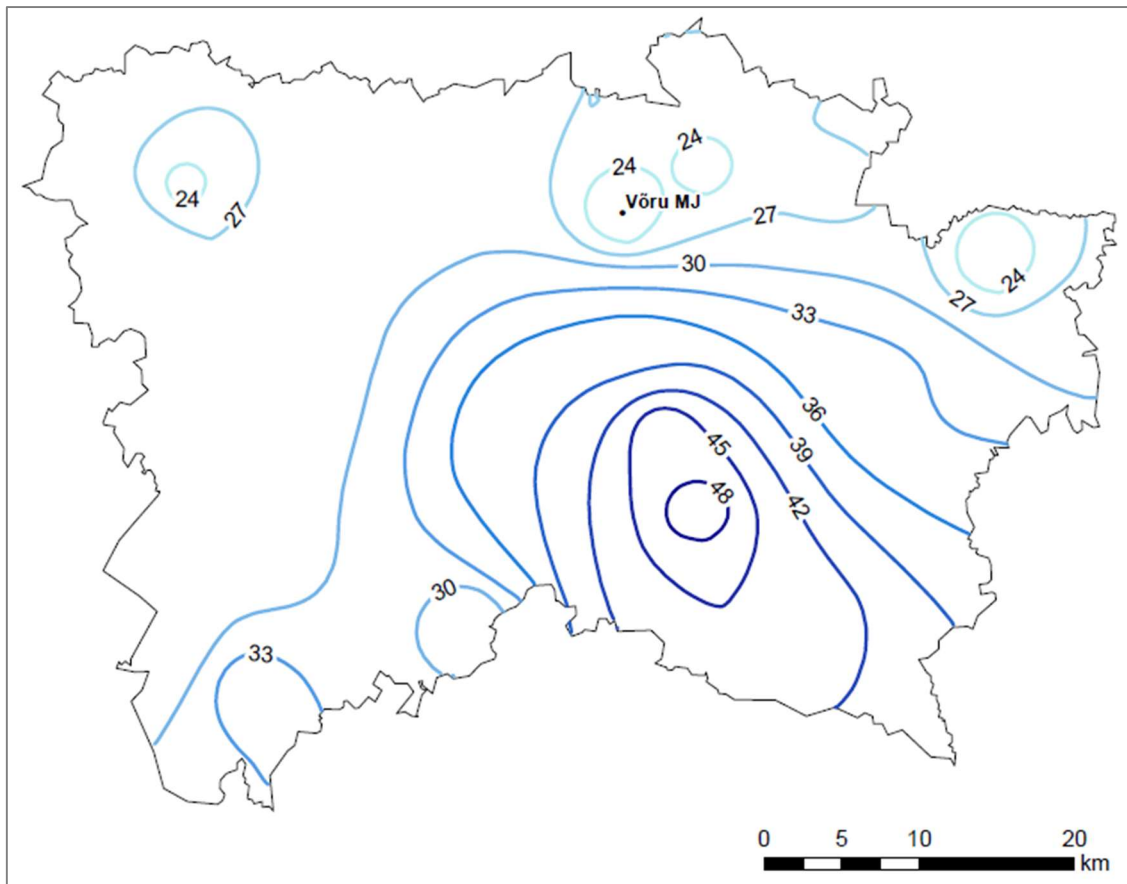
Lumikatte näitajate sõltuvust kõrgusest analüüsiti kasutades Võrumaa vaatluskohtade andmeid aastatel 1968/69–1990/91. Tulemustest selgus, et Võrumaa vaatluspostide lumikatte maksimaalse paksuse mediaani ning vaatluspostide asukoha absoluutse kõrguse vahel esineb tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,87$, $p < 0,01$), mis tähendab, et keskmine maksimaalne lumikatte paksus on Võrumaal suurim kõrgustikul. Haanja kõrgustik avaldab mõju õhumasside liikumisele. Kuivõrd kõrguste kasvades alaneb õhutemperatuur, siis Haanja kõrgustiku ületamisel õhumass jahtub ning tekivad sademed, mistõttu on kõrgustik võrreldes madalamate piirkondadega rohkema lumega paik. Seda enam, et madalama õhutemperatuuri tõttu esineb kõrgustikul võrreldes madalamate ja soojemate piirkondadega talve jooksul vähem sulailmasid, mille tagajärjel lumi tiheneks ja selle paksus väheneks. Käesolevast tööst selgus, et lumikatte maksimaalne paksus suureneb Võrumaal iga 10 m kõrguse lisandumisel keskmiselt 1,27 cm (tabel 2, joonis 18). Võrumaa keskosas, umbes 80 m kõrgusel, on lumikatte maksimaalne paksus ligikaudu 30 cm, kuid Haanja kõrgustiku äärealal, umbes 140–160 m kõrgusel, on lumikatte paksus ligikaudu juba 36–39 cm. Kõrgustel, mis ulatuvad üle 200 m, on keskmine lumikatte maksimaalne paksus 42 cm või enam. Kõige paksem on lumikatte Haanja kõrgustiku keskosas (joonis 19). Mitmete autorite andmetel on maksimaalne lumikatte paksus Haanja kõrgustiku keskosas keskmiselt ligi pool meetrit (Vassiljev et al. 2010, Jaagus 1999, Tooming, Kadaja 1999). Seda kinnitavad ka antud magistritöö andmed. Mediaani järgi esines aastatel 1968/69–1990/91 kõige suurem (51 cm) maksimaalne lumikatte paksus Plaanis (230 m), kuid paks oli lumikatte ka teistes Haanja kõrgustiku kõrgemates kohtades asunud vaatluskohtades (näiteks Haanja HMP-s 48 cm ning Ruusmäel 47 cm). Keskmiselt kõige õhem (21 cm) maksimaalne lumikatte esines aga sel perioodil Võru meteoroloogiajaamas (82 m) ja Obinitsas (100 m). Kõikide Võrumaa vaatluspostide ning meteoroloogiajaama asukohtade absoluutsed kõrgused (m) ning iga jaama keskmised püsiva lumikatte näitajad perioodil 1968/69–1990/91 on välja toodud lisas 4.

Tabel 2. Võrumaa lumikatte näitajate keskmine muutus kõrguse kasvades 10 m võrra. Tasemel $p < 0,01$ statistiliselt olulised muutused on jämedas kirjas

Püsiva lumikatte näitajad	Muutus 10 m kohta
Maksimaalne lumikatte paksus (cm)	1,27
Maksimaalse lumikatte paksuse kvartiilihaare (cm)	0
Lumikatte tekkimise aeg (päevades)	-0,87
Lumikatte sulamise aeg (päevades)	0,56
Lumikatte kestus (päevades)	1,81
Lumikatte kestuse kvartiilihaare (päevades)	-1,64



Joonis 18. Maksimaalse lumikatte sõltuvus koha absoluutsest kõrgusest Võrumaal ($r = 0,87$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



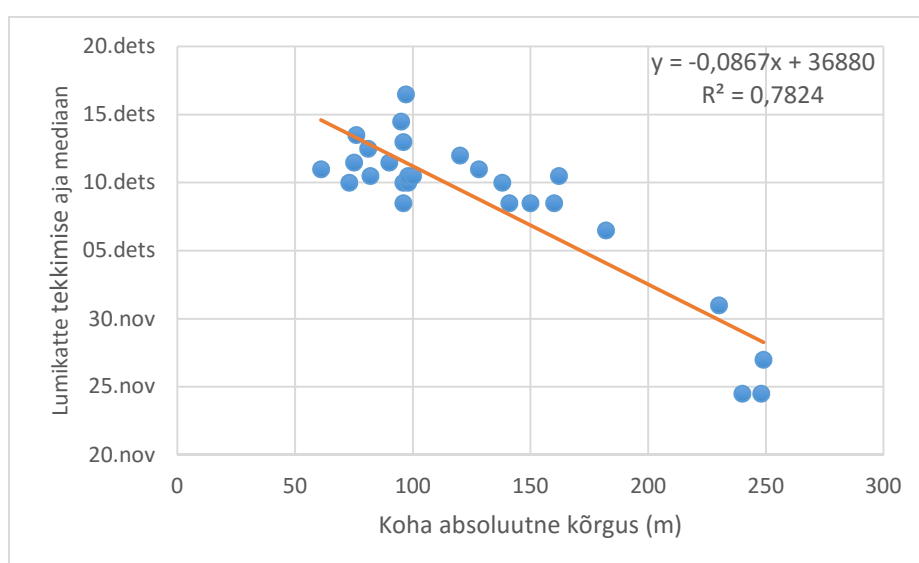
Joonis 19. Võrumaa maksimaalne lumikatte paksus (cm) mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1990/91

Aastate 1968/69–1990/91 maksimaalse lumikatte paksuse kvartiilihaarde ja koha absoluutse kõrguse vahel Võrumaal seost ei esinenud (tabel 1). See tulemus on sarnane Pärnumaa vastavale tulemusele, kus maksimaalse lumikatte paksuse aastatevahelise absoluutse muutlikkuse ja koha kauguse vahel merest esines nõrk, kuid statistiliselt mitteoluline seos. Jaagus, Kadaja (2006) on leidnud, et üldiselt oli Eestis aastatel 1961/62–2000/01 lume paksuse aastatevaheline muutlikkus suurim samades piirkondades, kus esines paksem lumikate, sest suuremate väärtuste korral on võimalik suurem varieeruvus. Käesolevas magistritöös Pärnu- ja Võrumaa näitel selline seos siiski ei avaldunud ning kummaski maakonnas lume paksuse kvartiilihaare eri piirkondades asuvate jaamade vahel eriti ei erinenud. Põhjus võib olla selles, et Pärnu- ja Võrumaa lumisemate piirkondade lumikatte paksuse suurema võimaliku varieeruvuse (suuremate väärtuste tõttu) kompenseerib nende piirkondade aastati stabiilsem lumikatte paksus, sest võrreldes õhema lumikattega aladega (rannikupiirkond, Võrumaa madalamad alad) esineb lumisemates piirkondades (merest kaugemad alad, Haanja kõrgustik) harvem ja nõrgemaid sulasid. Pärnu- ja Võrumaa lumevaesematel aladel on lumikatte paksuse muutlikkus

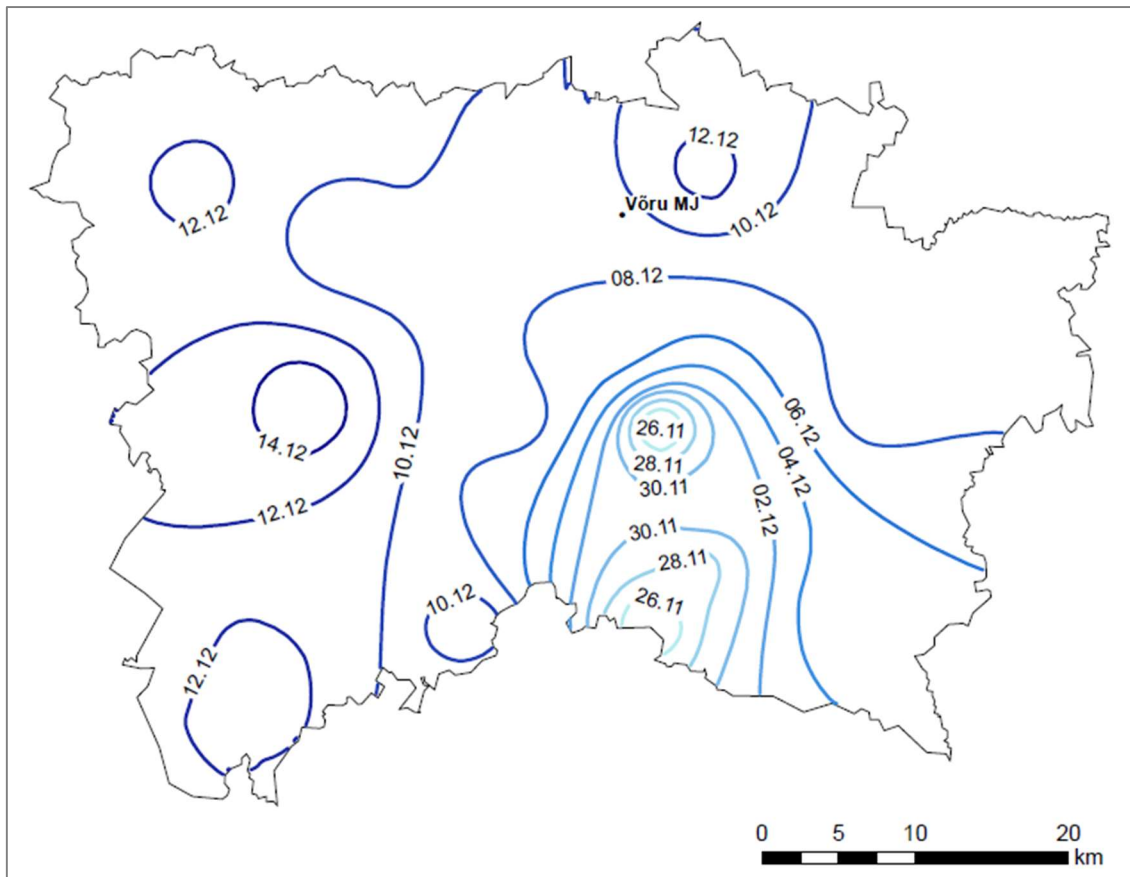
aastati sagedaste sulade tõttu suur, kuid õhemast lumikattest tingitud väiksemate väärtuste tõttu ei saa seal lumikatte paksus varieeruda nii suures ulatuses kui lumistes piirkondades.

Lumikatte tekkimine ja sulamine

Aastate 1968/69–1990/91 püsiva lumikatte tekkimise aja mediaani ning koha absoluutse kõrguse vahel esineb tugev negatiivne statistiliselt oluline seos ($r = -0,88$, $p < 0,01$), mis tähendab, et varem tekib püsiv lumikate kõrgemates piirkondades. Püsiva lumikatte tekkimise aeg muutub iga 10 m kõrguse lisandumisel keskmiselt 0,87 päeva varasemaks (tabel 2, joonis 20). Lääne-Võrumaal ning Kääpa ümbruses moodustub püsiv lumikate keskmiselt pärast 10. detsembrit. Võrumaa kesk- ja põhjaosas tekib püsiv lumikate juba paar päeva varem. Haanja kõrgustikul, umbes 160 m kõrgusel, kujuneb püsiv lumikate ligikaudu 6. detsembril ning kõrgustiku kõrgeimas osas Haanja-Ruusmäe piirkonnas, aga ka Mauris, tekib püsiv lumikate juba novembri lõpus (joonis 21). Seda kinnitavad ka Jaaguse (1999) andmed, mille järgi kujuneb Haanja kõrgustikul püsiv lumikate välja keskmiselt novembri lõpus või detsembri esimestel päevadel ehk peaaegu 10 päeva varem kui Kagu-Eesti tasandikualadel. Suurema absoluutse kõrguse tõttu on Haanja kõrgustiku õhutemperatuur võrreldes madalate piirkondadega keskmiselt 1–2°C madalam (Jaagus 1999), mistõttu jääbki seal maha sadav lumi varem püsima kui madalamatel tasandikualadel. Perioodil 1968/69–1990/91 moodustus püsiv lumikate keskmiselt kõige varem (24. novembril) Mauri HMP-s (240 m) ja Haanja HMP-s (248 m) ning kõige hiljem, 16. detsembril, Tsoorus (97 m) (lisa 4).



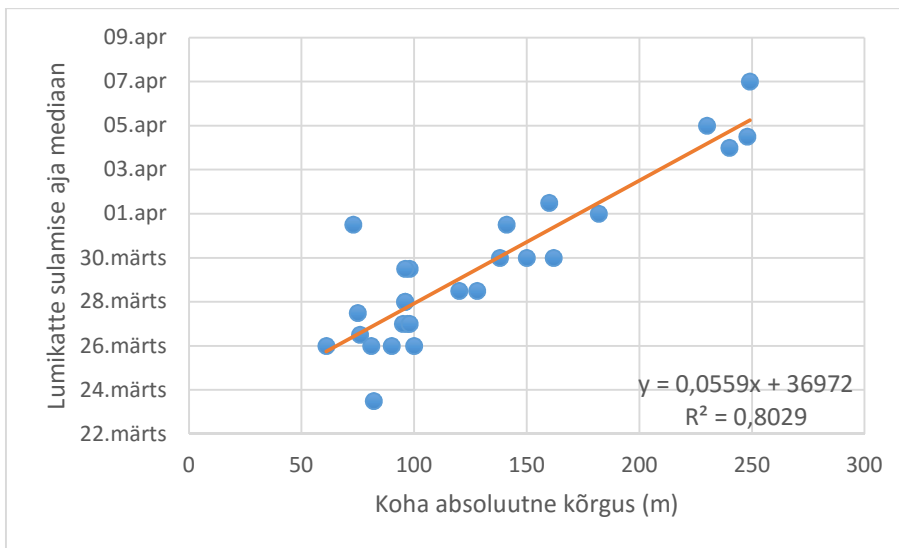
Joonis 20. Püsiva lumikatte tekkimise aja sõltuvus koha absoluutsest kõrgusest Võrumaal ($r = -0,88$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



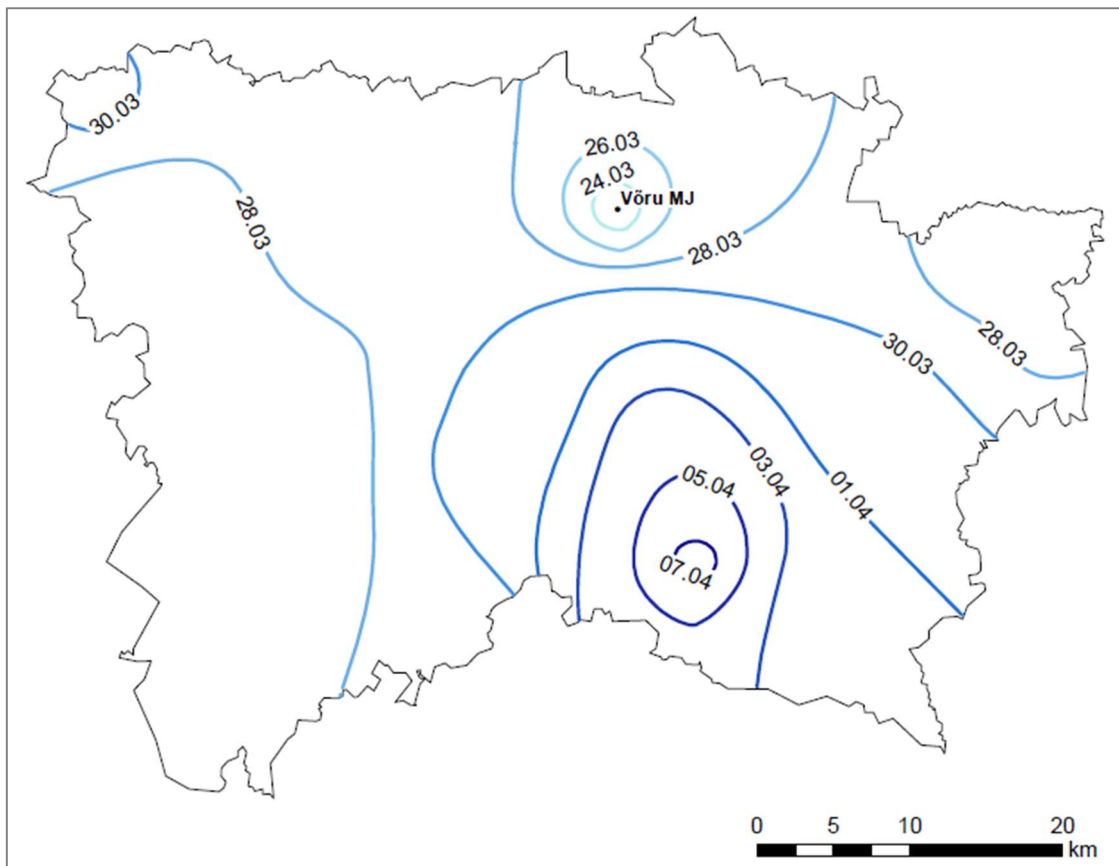
Joonis 21. Püsiva lumikatte tekkimise kuupäevad mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1990/91 Võrumaal

Perioodi 1968/69–1990/91 püsiva lumikatte sulamise aja mediaani ning koha absoluutse kõrguse vahel esineb tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,90$, $p < 0,01$), mis tähendab, et püsiv lumikate sulab varem madalamates piirkondades ning on kevadel kauem maas Haanja kõrgustikul. Püsiva lumikatte sulamise aeg Võrumaal muutub iga 10 m kõrguse lisandumisel keskmiselt 0,56 päeva hilisemaks (tabel 2, joonis 22). Kuna Haanja kõrgustikul on talvine õhutemperatuur madalam kui Võrumaa tasandikualadel, siis esineb seal talvel vähem sulailmasid ning moodustub paksem lumikate, mis kevadel ka kauem maas püsib. Kui Võrumaa lääneosas ja Võru linna ümbruses sulab lumi juba keskmiselt valdavalt enne 28. märtsi, siis umbes 140–160 m kõrgusel Haanja kõrgustiku äärealal sulab lumi keskmiselt vähemalt üle kahe päeva hiljem. Kõrgustiku keskosas püsib lumikate maas aga lausa aprillikuu esimeste päevadeni (joonis 23). Mediaani järgi sulas püsiv lumikate perioodil 1968/69–1990/91 keskmiselt kõige varem (23. märtsil) Võru MJ-s ning kõige hiljem (7. aprillil) kõrgeimas vaatluskohas Ruusmäel (lisa 4). Ka Jaaguse (1999) andmetel püsib lumi kevadel maas kõige

kauem just Võrumaa kõrgustikualal: Haanja kõrgustikul toimub lume täielik sulamine keskmiselt 8.–10. aprilli paiku, kuid Kagu-Eesti tasandikualadel nädala võrra varem.



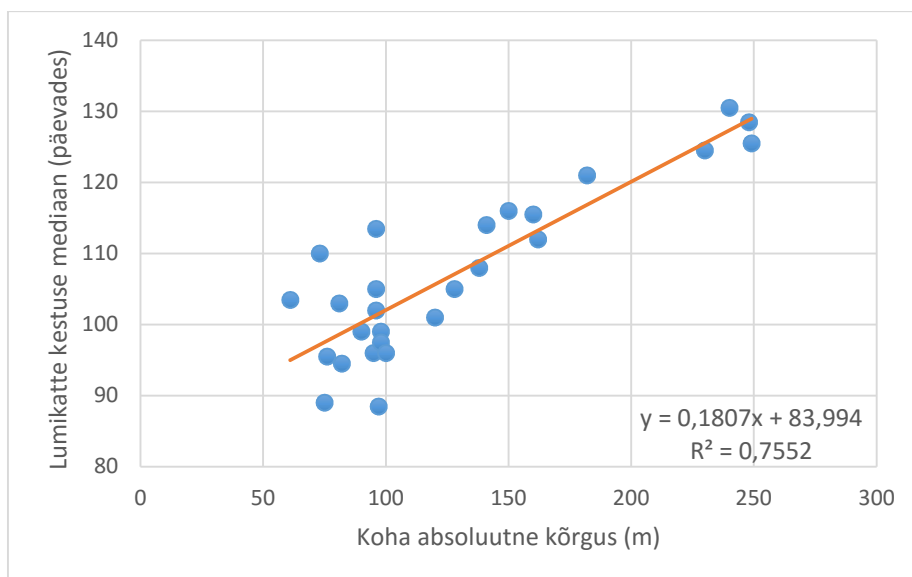
Joonis 22. Püsiva lumikatte sulamise aja sõltuvus koha absoluutsest kõrgusest Võrumaal ($r = 0,90$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



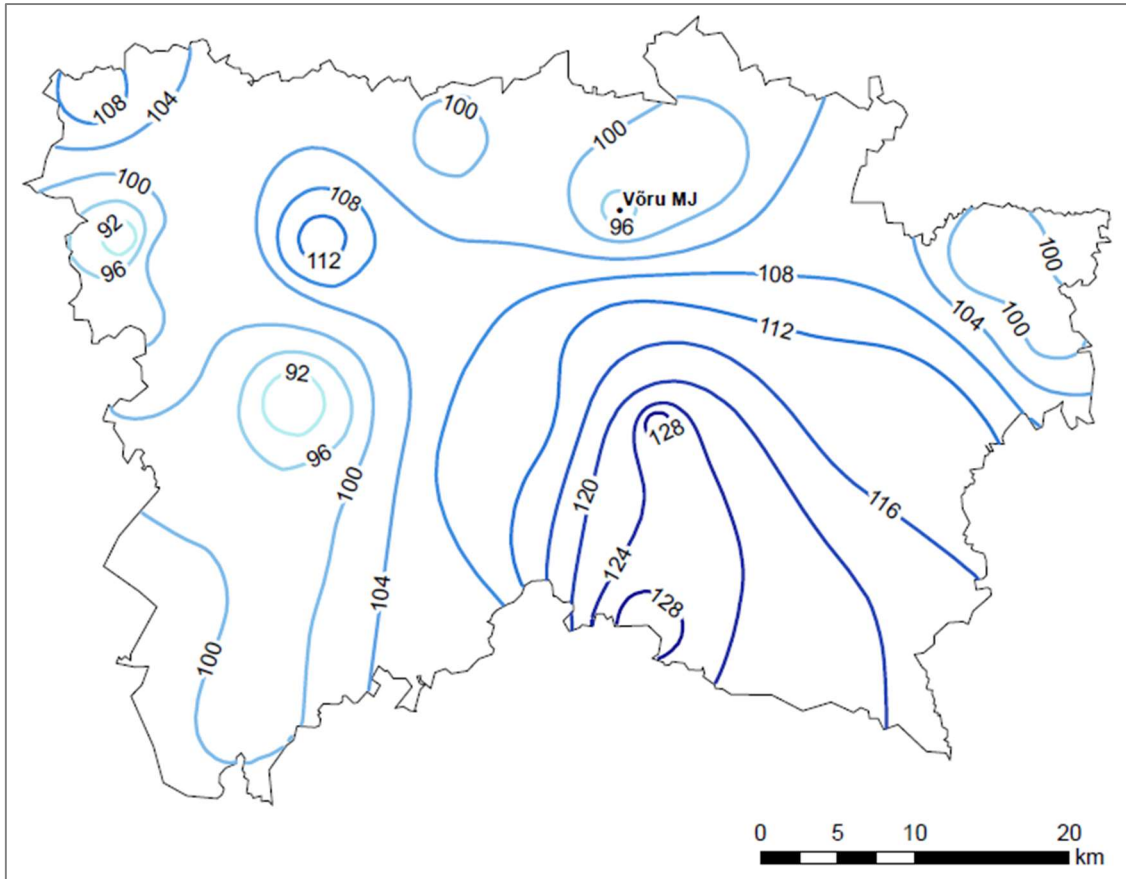
Joonis 23. Püsiva lumikatte sulamise kuupäevad mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1990/91 Võrumaal

Lumikatte kestus

Võrumaa püsiva lumikatte kestuse mediaani (perioodil 1968/69–1990/91) ja koha absoluutse kõrguse vahel esineb tugev positiivne statistiliselt oluline seos ($r = 0,87$, $p < 0,01$). See näitab, et Haanja kõrgustikul on lumikatte kestus võrreldes madalamate piirkondadega pikem. Püsiva lumikatte kestus muutub Võrumaal iga 10 m kõrguse lisandumisel keskmiselt 1,81 päeva pikemaks (tabel 2, joonis 24). Lumikatte varasemast tekkimisest ning hilisemast sulamisest tingitud lumikatte pikemat kestust Haanja kõrgustikul võrreldes madalamate aladega kinnitavad ka teiste autorite andmed (Jaagus 1997, Kadaja, Tooming 1999, Tooming, Kadaja 2006). Käesolevas töös selgus, et kui Võrumaa põhja- ja lääneosas püsib lumi maas keskmiselt alla 104 päeva, siis Haanja kõrgustikul püsib lumi valdavalt kauem. Kõrgustiku jalamil, 120 m kõrgusel, kestab püsiv lumikate enamasti üle 108 päeva. 160 m kõrgusel on keskmine püsiva lumikatte kestus juba valdavalt üle 112 päeva ning 200 m kõrgusel suure osas üle 120 päeva (joonis 25). Keskmiselt kõige kauem (125–131 päeva) oli püsiv lumikate aastatel 1968/69–1990/91 maas Võrumaa kõrgeimates vaatluspostides: Plaanis, Mauri HMP-s, Haanja HMP-s ning Ruusmäel. Keskmiselt kõige vähem aega (89 päeva) püsis lumi aga sel perioodil maas 75 m kõrgusel Kobelas.

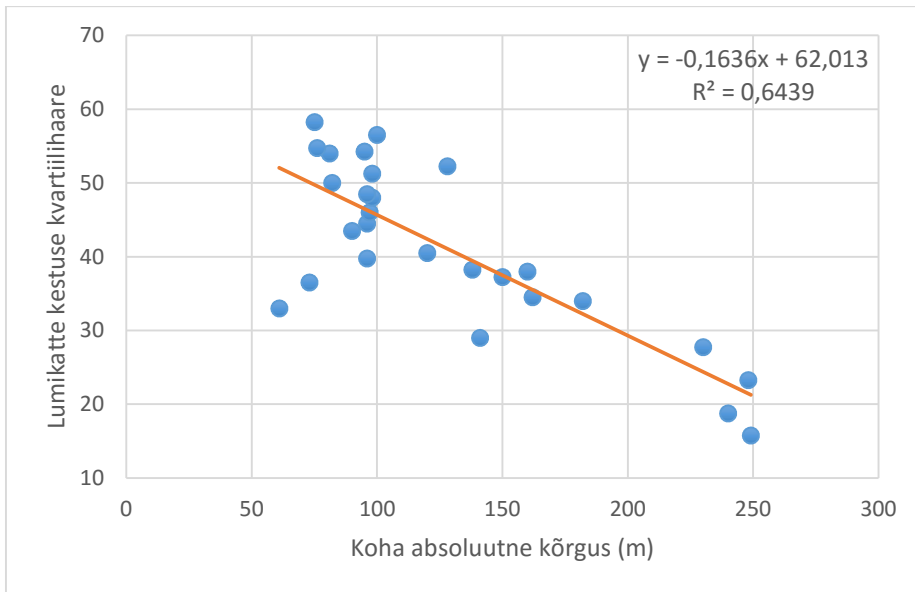


Joonis 24. Püsiva lumikatte kestuse sõltuvus koha absoluutsest kõrgusest Võrumaal ($r = 0,87$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2

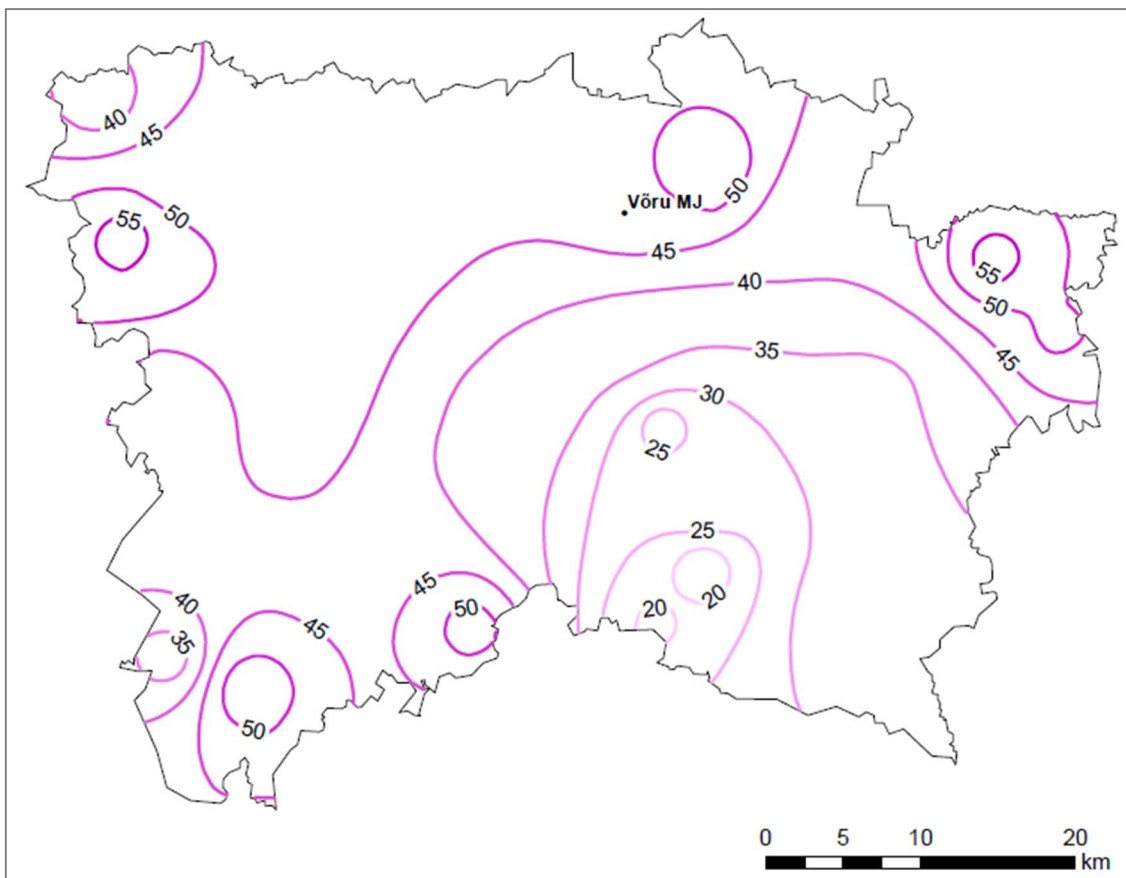


Joonis 25. Võrumaa püsiva lumikatte kestus (päevades) mediaani väärtuste põhjal aastatel 1968/69–1990/91

Vaadeldava perioodi püsiva lumikatte kestuse kvartiilihaarde ja koha absoluutse kõrguse vahel esineb tugev negatiivne statistiliselt oluline seos ($r_s = -0,80$, $p < 0,01$). Seega on Võrumaa kõrgemates paikades püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus väiksem kui madalamates piirkondades. Püsiva lumikatte kestuse muutlikkus muutub Võrumaal iga 10 m kõrguse lisandumisel keskmiselt 1,64 päeva väiksemaks (tabel 2, joonis 26). Perioodil 1968/69–1990/91 oli kõige väiksem püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus (16 päeva) Võrumaa kõrgeimas vaatluskohas Ruusmäel (249 m) ning suurim muutlikkus (58 päeva) oli 75 m kõrgusel Kobelas, kus sel perioodil esines ka kõikidest vaatluskohtadest kõige väiksem keskmine püsiva lumikatte kestuse aeg. Kõrgustikel ei ole lumikatte kestuses erinevused aastate viisi väga suured, sest lumi on seal madalama õhutemperatuuri tõttu maas ja püsib üsna pikalt ka pehmetel talvedel, mil madalamates ja soojemates kohtades ei pruugi püsivat lumikatet tekkidagi või jääb selle kestus lühikeseks. Karmidel talvedel on lumi aga ühtviisi maas nii kõrgustikel kui madalates piirkondades.



Joonis 26. Püsiva lumikatte kestuse kvartiilihaarde sõltuvus koha absoluutsest kõrgusest Võrumaal ($r = -0,80$, $p < 0,01$). Joonisele on lisatud regressioonivõrrand ja determinatsioonikordaja R^2



Joonis 27. Püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus (päevades) aastatel 1968/69–1990/91 Võrumaal

5.3. Lumikatte näitajate trendid aastatel 1968/69–1997/98 Pärnu- ja Võrumaal

Lumikatte näitajate trendide kindlakstegemisel kasutati Mann-Kendall testi ning vaid nende Pärnu- ja Võrumaa vaatluskohtade andmeid, kus need olid olemas 30-aastase perioodi (1968/69–1997/98) kohta. Statistiliselt oluliseks peeti lumikatte näitajate trende tasemel $p < 0,05$. Arvestades golaabset kliimasoojenemist ning varasemaid lumikatte trendide uuringuid Eestis (Jaagus 1997, Tooming, Kadaja 2006) võib eeldada, et lumikatte kestust ja paksust iseloomustab nii Pärnu- kui Võrumaal kahanemistendents. Analüüsist selguski, et aastatel 1968/69–1997/98 on Pärnumaal märgata lumikatte kestuse ja maksimaalse paksuse üldist vähenemist, kuid trendid ei ole ühegi vaatlusjaama puhul statistiliselt olulised. Samuti ei ole statistiliselt olulised ka lumikatte tekkimise ja sulamise aja trendid, kuigi üldiselt on lumikatte sulamine Pärnumaal muutunud mõnevõrra varasemaks. Püsiva lumikatte tekkimise aeg ei ole Pärnumaal enamasti muutunud. Lumikatte näitajate muutused uurimisperioodil on välja toodud tabelis 3. Peamised põhjused, miks trendid ei osutunud statistiliselt oluliseks on lumikatte suur muutlikkus. Suure ajalise varieeruvusega muutujate puhul on trendi olulisus väiksem. Tähtsam põhjus on aga lühike aegrida (30 aastat), millest lisaks puudusid veel kuue talve (aastatel 1972/73, 1974/75 ja 1988/89–1991/92) andmed, mil Pärnumaal ei tekkinud püsivat lumikatet.

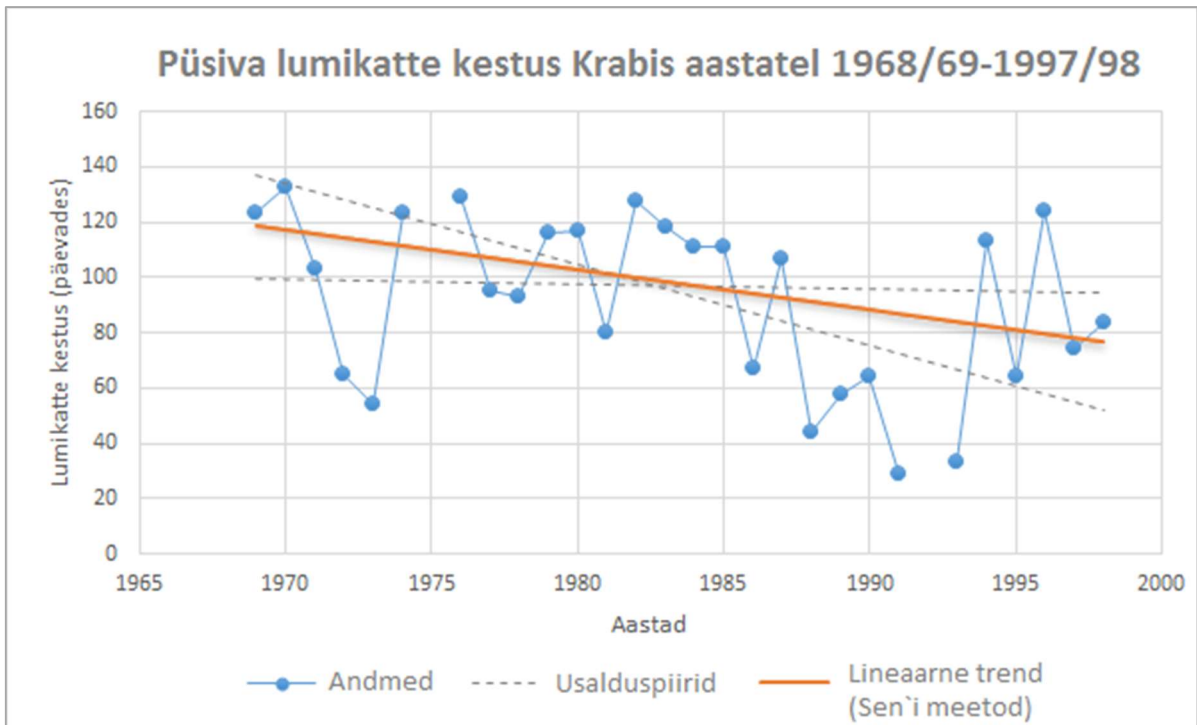
Tabel 3. Püsiva lumikatte tekkimise, sulamise ja kestuse ning maksimaalse paksuse muutused perioodil 1968/69–1997/98 Pärnumaal. Statsitiliselt olulisi ($p < 0,05$) muutusi ei esinenud

Vaatluskoht	Tekkimine (päevades)	Sulamine (päevades)	Kestus (päevades)	Maksimaalne paksus (cm)
Pärnu MJ	0	-8	-4	6
Sanga	20	-9	-29	-19
Urge	10	-14	-25	-7
Suigu	4	-5	-15	-8
Oreküla HMP	0	-16	-13	-15
Tahkuse HMP	0	-22	-17	-14
Kiisa HMP	8	-11	-6	-15
Libatse	6	-17	-15	-8
Koodu HMP	0	-17	-15	-8
Tali	0	0	-7	-4
Jäärja HMP	1	-12	-1	-8
Tihemetsa	-3	-5	10	-6

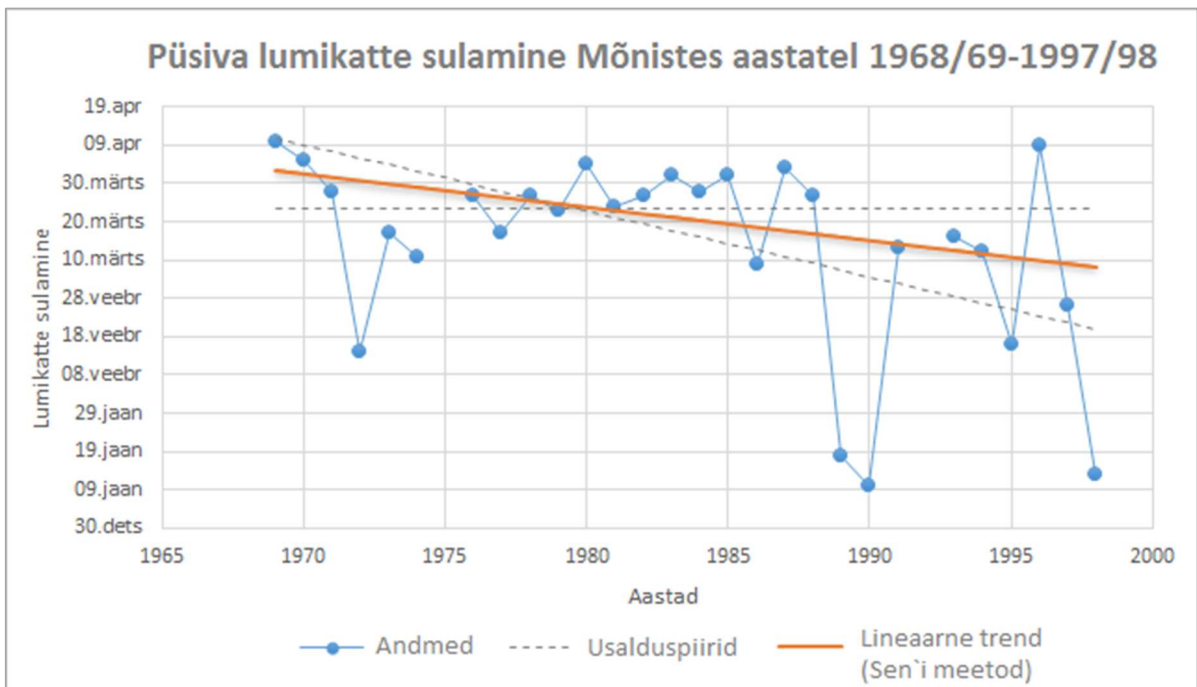
Võrumaa lumikatte näitajate trendianalüüsil selgus, et ajavahemikul 1968/69–1997/98 on sarnaselt Pärnumaaga ka Võrumaal märgata lumikatte kestuse üldist vähenemise tendentsi. Ainukese vaatlusjaamana on lumikatte kestuse kahanemise trend aga statistiliselt oluline Krabis, kus sel perioodil on lumikatte kestus kokku vähenenud 43 päeva (joonis 28). Haanja kõrgustiku keskosas ilmnes 30-aastase perioodi jooksul mõningane püsiva lumikatte kujunemise varasemaks muutumine (Mauri HMP-s 20 ja Haanja HMP-s 18 päeva). Siiski üheski vaatluskohas lumikatte varasema tekkimise trend statistiliselt oluline ei olnud. Veelgi enam on aga Võrumaal perioodil 1968/69–1997/98 varasemaks muutunud lumikatte sulamise aeg. Statistiliselt olulised trendid lumikatte varasemase sulamise kohta esinevad Mõnistes ning Krabis, kus püsiva lumikatte lagunemine on 30-aastase perioodi jooksul muutunud varasemaks kokku vastavalt 26 ja 32 päeva (joonis 29, 30). Maksimaalses lumikatte paksuses aga aastatel 1968/69–1997/98 Võrumaal olulisi muutusi ei esinenud. Võrumaa lumikatte näitajate muutused uurimisperioodil on välja toodud tabelis 4.

Tabel 4. Püsiva lumikatte tekkimise, sulamise ja kestuse ning maksimaalse paksuse muutused perioodil 1968/69–1997/98 Võrumaal. Statsitiliselt olulised ($p < 0,05$) muutused on esitatud jämedas kirjas

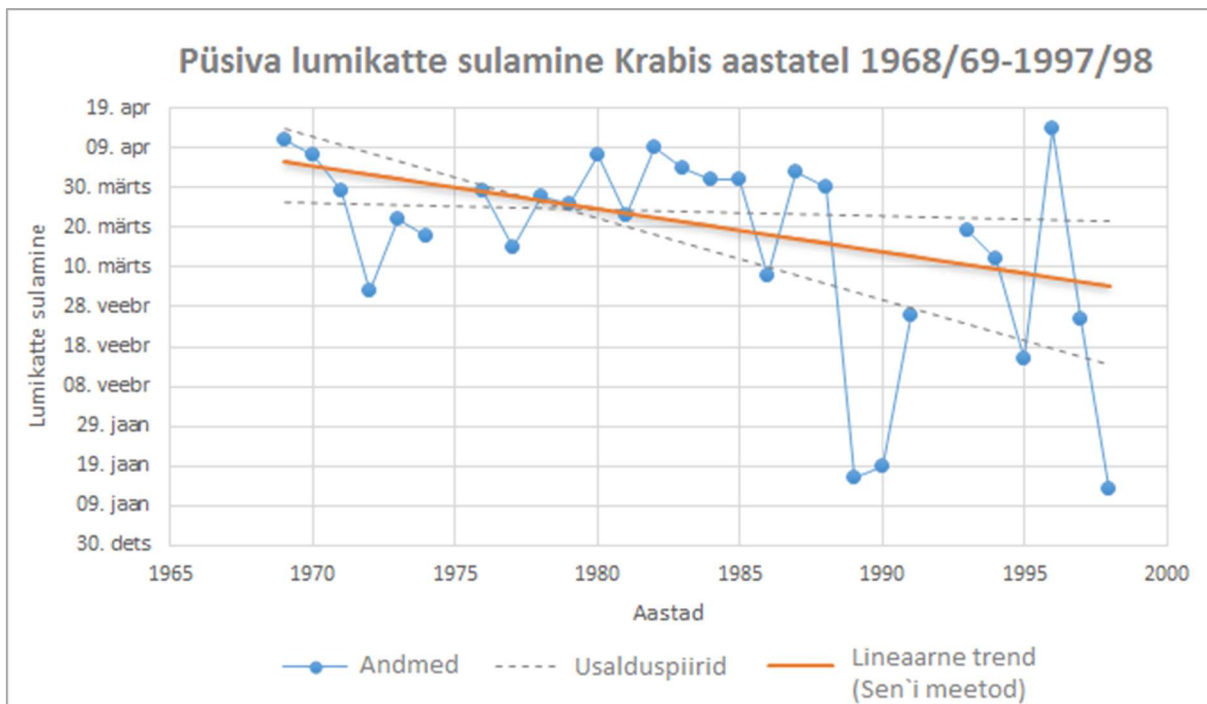
Vaatluskoht	Tekkimine (päevades)	Sulamine (päevades)	Kestus (päevades)	Maksimaalne paksus (cm)
Võru MJ	-3	-11	-25	1
Konnuvere HMP	-10	-24	-29	-11
Mõniste	-6	-26	-32	-17
Krabi	2	-32	-43	-6
Rõuge	-5	-18	-30	-10
Haanja HMP	-18	-9	11	0
Mauri HMP	-20	-15	2	-3
Misso	4	-11	-18	-9
Vastseliina HMP	-15	-6	5	5
Kurenurme	-3	-19	-35	-9



Joonis 28. Püsiva lumikatte kestuse aegrida Krabis perioodil 1968/69–1997/98 ja selle lineaarne trend ($p < 0,05$)



Joonis 29. Püsiva lumikatte sulamise aegrida Mõnistes perioodil 1968/69–1997/98 ja selle lineaarne trend ($p < 0,05$)



Joonis 30. Püsiva lumikatte sulamise aegrida Krabis perioodil 1968/69–1997/98 ja selle lineaarne trend ($p < 0,05$)

5.4. Pärnu- ja Võrumaa lumikatte näitajate ja trendide võrdlus

Võrdlemaks läänemereselise kliimavaldkonda kuuluva Pärnumaa püsiva lumikatte andmete ja Sise-Eesti kliimavaldkonda kuuluva Võrumaa lumikatte andmete omavahelisi erinevusi, valiti ühtseks uurimisperiodiks aastad 1968/69–1987/88. Võrdlusest selgus, et keskmine maksimaalne lumikatte paksus on suurem Võrumaal. Perioodil 1968/69–1987/88 oli keskmine maksimaalne lumikatte paksus Võrumaal 34 cm, samas kui Pärnumaal 27 cm. Püsiva lumikatte maksimaalse paksuse keskmine aastatevaheline absoluutne muutlikkus sel perioodil oli mõlemas maakonnas sarnane: Võrumaal 16 cm ja Pärnumaal 18 cm (tabel 5).

Püsiva lumikatte kestus oli uurimisperiodil pikem Võrumaal, kus see oli keskmiselt 113 päeva, samas kui Pärnumaal vaid 91 päeva. Püsiva lumikatte kestuse erinevus kahes maakonnas tuleneb peamiselt erinevast püsiva lumikatte tekkimise ajast. Võrumaal tekkis püsiv lumikatte perioodil 1968/69–1987/88 keskmiselt 9. detsembril, kuid Pärnumaal alles 14 päeva hiljem ehk 23. detsembril (tabel 5). Suur erinevus kahe maakonna püsiva lumikatte tekkimise keskmistes kuupäevades samal perioodil tuleneb peamiselt merelise kliima mõjust Pärnumaa lumikattele ning absoluutse kõrguse mõjust Võrumaal paikneva Haanja kõrgustiku lumikattele. Sügisel

ning talve hakul soojendab suvest veel soe meri ka rannikualasid, mistõttu seal ei moodustu püsiv lumikate nii vara kui sisemaal, kus mere soojendav mõju on oluliselt väiksem. Kõige varem tekib püsiv lumikate merest kaugel Haanja kõrgustikul, kus ka suurema kõrguse tõttu on õhutemperatuur madalam kui tasastes ja madalates piirkondades.

Kahe maakonna püsiva lumikatte keskmistes sulamise kuupäevades perioodil 1968/69–1987/88 suuri erinevusi ei esinenud. Pärnumaal sulab lumikate keskmiselt 28. märtsil ning Võrumaal 30. märtsil (tabel 5). Kui üldiselt sulab Võrumaa madalamates piirkondades lumikate sarnaselt Pärnumaa lumikattega märtsi lõpu poole, siis Haanja kõrgustikul on lumikate püsivalt maas kauem. Seal sulab lumikate alles aprilli alguses.

Püsiva lumikatte kestuse keskmine aastatevaheline absoluutne muutlikkus perioodil 1968/69–1997/98 oli suurem merelise kliimaga Pärnumaal, kus see ulatus lausa 47 päevani, samas kui Võrumaal oli keskmine muutlikkus sel perioodil 30 päeva (tabel 5). Erinevus kahe maakonna püsiva lumikatte kestuse ajalisel muutlikkuses tuleneb sellest, et merelise kliimaga Pärnumaal, eriti rannikul, võib pehmetel talvedel püsiv lumikate jääda lühikeseks, samas kui karmidel talvedel lumikatte kestuses võrreldes sisemaaga suuri erinevusi ei esine. Kõrgustikel ei ole aga lumikatte kestuses erinevused aastate viisi nii suured, sest lumi püsib seal kõrgusest tingitud madalama õhutemperatuuri tõttu maas üsna pikalt ka pehmetel talvedel.

Võru- ja Pärnumaa trendianalüüs viidi läbi perioodi 1968/69–1997/98 kohta. Nii Võru- kui ka Pärnumaal on neil aastatel üldiselt märgata püsiva lumikatte kestuse lühenemist, kusjuures suurem vähenemine on aset leidnud Võrumaal. Mõlemas maakonnas on lumikatte kestus vähenenud eeskätt püsiva lumikatte sulamise aja varasemaks muutumise tõttu. Siiski Haanja kõrgustiku keskosas on uurimisperioodil püsiva lumikatte kestus jäänud enam-vähem samaks, sest mõningase varasemase sulamise kompenseerib seal pisut varasemaks muutunud püsiva lumikatte tekkimise aeg.

Tabel 5. Pärnu- ja Võrumaa keskmised lumikatte näitajad perioodil 1968/69–1987/88

Keskmsed lumikatte näitajad	Pärnumaa	Võrumaa
Maksimaalne lumikatte paksus (cm)	27	34
Maksimaalse lumikatte paksuse kvartiilihaare (cm)	18	16
Püsiva lumikatte kestus (päevades)	91	113
Püsiva lumikatte kestuse kvartiilihaare (päevades)	47	30
Püsiva lumikatte tekkimise aeg	23.dets	9.dets
Püsiva lumikatte sulamise aeg	28.märts	30.märts

Kokkuvõte

Lumikate on põhjamaades talvisel ajal üheks olulisemaks ilma üldist iseloomu kujundavaks nähtuseks, mis avaldab mõju nii loodusele kui ka inimtegevuse valdkondadele. Lumikatte kestust ja paksust mõjutavad pinnamood ning aluspindade eripärasus maismaa ja mere vahel. Käesoleva töö eesmärk oli analüüsida püsiva lumikatte näitajate sõltuvust mere kaugusest ja reljeefist Pärnumaal ning Võrumaal, samuti teha kindlaks pikaajaliste muutuste olemasolu nendes näitajates perioodil 1968/69–1997/98.

Magistritöös kasutati Pärnu- ja Võrumaa püsiva lumikatte tekkimise ja sulamise kuupäeva andmeid, samuti andmeid püsiva lumikatte kestuse ning talve maksimaalse lumikatte paksuse kohta. Pärnumaal kasutati nimetatud andmeid perioodil 1968/69–1987/88 ning Võrumaal perioodil 1968/69–1990/91. Trendianalüüsis kasutati nii Pärnu- kui Võrumaalt üksnes pikema aegreaga andmeid perioodil 1968/69–1997/98.

Pärnumaa püsiva lumikatte andmete analüüsist selgus, et maksimaalne lumikatte paksus on mediaani väärtuste põhjal kõige suurem Pärnumaa äärmises kirde- ja kaguosas ning kõige väiksem rannikualal, suurenedes merest kaugenemisel iga 10 km-ga keskmiselt 2,43 cm. Ka keskmine püsiva lumikatte kestus on kõige pikem Pärnumaa merest kaugematel aladel, pikenedes merest kaugenemisel iga 10 km-ga keskmiselt 2,56 päeva. Erandiks on aga Pärnu lahe põhjakallas, kus tulenevalt lahe jäärežiimist tekib lumikate võrreldes muu rannikualaga varem ja sulab hiljem. Madal ning tuulte eest isoleeritud Pärnu laht jäätab võrreldes ülejäänud Pärnumaa rannikuga varem. Merejää kohal olev külm õhk jahutab ka kallast ning võimaldab seal lumikattel varem püsivalt maha jääda. Kuna Pärnu lahes moodustuv jääkate on enamasti ka paksem kui mujal, siis selle sulamine võtab kauem aega ning Pärnu lahe kaldal püsib jahedate ilmade tõttu lumikate kevadel kauem maas. Püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus on Pärnumaal suurem õhema lumikattega paikades mere lähedal.

Võrumaa lumikatte andmete analüüsist selgus, et keskmine maksimaalne lumikatte paksus on suurim Haanja kõrgustiku kõrgeimas osas, kus see ulatub üle 45 m. Keskmiselt suureneb lumikatte paksus Võrumaal iga 10 m kõrguse lisandumisel 1,27 cm. Ka püsiva lumikatte kestus on kõige pikem just kõrgustiku keskosas. Lumikatte kestus pikeneb Võrumaal keskmiselt iga 10 m kõrguse lisandumisel 1,81 päeva. Kõrguse kasvades kahaneb õhutemperatuur ning lumi

jääb seetõttu püsivalt maha esimesena just kõrgustikul. Kuna võrreldes madalamate ja soojemate aladega esineb kõrgustikel talve jooksul harvem sulasid, siis moodustub seal paksem lumikate, mis kevadel ka kauem maas püsib. Püsiva lumikatte kestuse aastatevaheline absoluutne muutlikkus on Võrumaal väiksem paksema lumikattega aladel kõrgustiku keskosas ning suurem sarnaselt Pärnumaaga õhema lumikattega paikades.

Võru- ja Pärnumaa lumikatte trendianalüüsist selgus, et mõlemas maakonnas on perioodil 1968/69–1997/98 märgata üldist püsiva lumikatte kestuse lühenemist, mis on aset leidnud eeskätt lumikatte sulamise aja varasemaks muutumise tõttu. Haanja kõrgustiku keskosas muutus aga uurimisperioodil varasemaks ka püsiva lumikatte tekkimise aeg, mistõttu seal püsiva lumikatte kestus aastatel 1968/69–1997/98 oluliselt ei muutunud.

Dependence of snow cover on the relief and the distance from the sea on the example of Võru and Pärnu County

Annika Arro

Summary

The snow cover during the winter time in the northern countries is usually the most important factor that influences the weather and it has an impact on the nature and several areas of human activity. The duration and the thickness of the snow cover are influenced by the landscape and the peculiarity of the subsoil of the mainland and the sea. The aim of the paper is to analyse the dependence of the factors of permanent snow cover on the distance from the sea and the landscape in Pärnu County and Võru County, and to establish long-term changes in the factors during the period 1968/69–1997/98.

The Master's thesis uses the date of the formation and melting of the permanent snow cover, the duration of the snow cover and the data of the maximum snow depth in winter collected in Pärnu County from the total of 36 observation sites during the period 1968/69–1987/88 and 27 observation sites in Võru County during the period 1968/69–1990/91. In the trend analysis only the data with the longer timeline in Pärnu and Võru County are used 1968/69–1997/98.

The paper establishes the median values and interquartile range of the time series of the permanent snow cover factors in all observation sites of Pärnu and Võru County. In order to find out how the snow cover changes when moving away from the sea in Pärnu County and in case of increasing the height in Võru County, a linear regression analysis with the indicators of the permanent snow cover in both counties is carried out. The applied Sen method shows the rising linear trend values of the snow cover factors in Pärnu and Võru County and the relevance of the trend is verified by Mann-Kendall test. All charts of the snow cover factors are compiled by using the program ArcGIS 10.2.

The analysis of the permanent snow cover factors in Pärnu County shows that the average maximum thickness of the snow cover is the biggest in the north-eastern and south-eastern parts

of Pärnu County and the smallest in the coastal region, and increases about 2,43 cm when moving away from the coast after every 10 km on average. Also the longest duration of the snow cover in Pärnu County is further from the sea, extending 2,56 days when moving away from the sea after every 10 km. The exception is the northern shore of the Pärnu Gulf, in which due to the ice regime the snow cover forms earlier and melts later in comparison with the rest of the coastal area. The Pärnu Gulf is shallow and protected from the winds and is covered by ice earlier than the rest of the coast in by the Pärnu Gulf. The cold air above the ice cools down the coast and enables the snow cover persist permanently during the season. As the ice cover formed in the Pärnu Gulf is thicker than elsewhere, the melting also requires more time and in cooler days the snow cover remains longer on the coast of the Pärnu Gulf in spring. The absolute variability of the permanent snow cover in Pärnu County throughout the years is bigger in places with thinner snow cover by the sea.

The analysis of the snow cover data of Võru County shows that the average maximum snow depth is bigger in the highest part of Haanja Upland, where it reaches over 45 m. On average the snow cover thickness in Võru County increases by 1,27 cm when 10 m of height is added. Also the duration of the permanent snow cover is the longest in the central part of the upland. The duration of the snow cover also increases in Võru County by 1,81 days when 10 meters of height is added. With the increase of height the air temperature drops and the snow cover remains permanent firstly on the ground in the upland. As there is less melting in the upland in winter in comparison with the lower and warmer areas, a thicker snow cover is formed there, which also persist longer on the ground in spring. The absolute variability of the duration of the snow cover within the compared years is smaller in Võru County in areas with thicker snow cover in the central part of the upland and bigger like in Pärnu County in areas with thinner snow cover.

The trend analysis of the snow cover in Võru and Pärnu County shows that in both counties during 1968/69–1997/98 the decrease of the duration of the general permanent snow cover was detected, which mainly occurred due to the fact that melting started earlier in the year. In the central part of Haanja Upland the time of the formation of the permanent snow cover became also earlier during the research period due to which the duration of the permanent snow cover in 1968/69–1997/98 did not change considerably.

Tänuavaldused

Tänan oma juhendajat professor Jaak Jaagust, kes andis oma panuse magistritöö valmimisse. Samuti tänan Helle-Mare Raudseppa töös kasutatud vaatluspunktide asukoha andmete määramise eest ning Kiira Mõisjat abi eest kaartide valmistamist puudutavates küsimustes.

Kasutatud kirjandus

- BACC II Author Group. 2015. Second assessment of climate change for the Baltic Sea Basin. Recent Change–Terrestrial Cryosphere. SpringerOpen, 117–129
- Bednorz, E. 2002. Snow cover in Western Poland and macro-scale circulation conditions. *International Journal of Climatology*, 22, 533–541
- Brown, R., Derksen, C., Wang, L. 2010. A multi-data set analysis of variability and change in Arctic spring snow cover extent, 1967–2008. *Journal of Geophysical Research*, 115, D16111
- Bulygina, O. N., Razuvaev, V. N., Korshunova, N. N. 2009. Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades. *Environmental Research Letters*, 4, 4:045026
- Dietz, A. J., Wohner, C., Kuenzer, C. 2012. European Snow Cover Characteristics between 2000 and 2011 Derived from Improved MODIS Daily Snow Cover Products. *Remote Sensing*, 4, 2432–2454
- Eesti NSV kliimaatlas. 1969. Eesti NSV Hüdrometeoroloogia Teenistuse Peavalitsus, Tallinn, 210
- Eesti Teaduste Akadeemia aastaraamat XVIII (45). 2013. Mõtus, L., Varlamova, G. (koost.). Tallinn, 153
- Falarz, M. 2004. Variability and trends in the duration and depth of snow cover in Poland in the 20th century. *International Journal of Climatology*, 24, 1713–1727
- Gečaitė, I., Rimkus, E. 2010. Sniego dangos režimas Lietuvoje. *Geografija* 46, 17–24
- Hade, S. 1997. Lumikatte paksuse ajaline ja ruumiline muutlikkus Eesti territooriumil. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool, Geograafia instituut, Tartu

IPCC. 2014. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 317–382

Jaagus, J. 1996. Spatial and temporal variability of snow cover duration in Estonia. Estonia. Geographical Studies. Punning, J. M., Merikalju, L., Kaare, T. (toim.). Estonian Academy Publishers, Tallinn, 43–59

Jaagus, J. 1997. The impact of climate change on the snow cover pattern in Estonia, *Climatic Change*, 36, 1:65–77

Jaagus, J. 1999. Kagu-Eesti kliimaresursside ülevaade. Valik Kagu-Eesti regionaalse arengu programmi töödest. Niilo, L., Niilo, K. (koost.). Eesti Regionaalarengu Sihtasutus, Tallinn, 52–67

Jaagus, J. 2003. Muutused Eesti rannikumere jääoludes 20. sajandi teisel poolel. Jaagus, J. (toim.). *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*, 93, 143–152

Jaagus, J. 2005. Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 83, 77–88

Jaagus, J. 2006. Trends sea ice conditions in the Baltic Sea near the Estonian coast during the period 1949/50–2003/04 and their relationships to large-scale atmospheric circulation. *Boreal Environment Research*, 11, 169–183

Jaagus, J., Kadaja, J. 2006. Eesti rajoneerimine lumikatte režiimi alusel. Kaasik, M., Post, P. (toim.). *Publicationes Geophysicales Universitatis Tartuensis*, 50, 191–204

Juga, I. 2010. Sea-effect snowfall – a special hazard for road traffic in the coastal areas of Finland. Finnish Meteorological Institute.

Kamenik, J. 2011. Kahe talve põhijooned. *Horisont* 2/2011

- Kendall, M. G. 1955. Rank correlation methods. Oxford, England, Hafner Publishing Co.
- Kirde, K. 1939. Andmeid Eesti kliimast. Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi teaduslikud väljaanded, 3, 153
- Kopanev, I. D. 1978. Snezhnyi pokrov territorii CCCP, Gidrometeoizdat, Leningrad, 181
- Kotlyakov, V. M. 1999. The worlds atlas of snow and ice resources: A review. Mapping Sciences and Remote Sensing, 36, 1:28–44
- Larsson, M. 2004. Can effects from global warming be seen in Swedish snow statistics? Examensarbete vid institutionen för geovetenskaper, 90, University of Uppsala, Sweden
- Letzmann, J. 1921. Die Höhe der Schneedecke im Ostbaltischen Gebiet. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis, Dorpat, A III, 65
- Liidemaa, H. 1946. Soojuse ringvool lumikattes. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis. Füüsika ja keemia, 1
- Majandi meteoroloogiaposti vaatluste juhend. 1992. Eesti Põllumajanduse Infokeskus, Tallinn, 46
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica, 13, 245–259
- Mardiste, H. 1997. Kuidas Läämerel tekib ja kaob jää. Eesti Loodus, 4, 168–170
- Palo, T. 2004. Lumikatte mikrokliimaatiline jaotumine Haanja kõrgustiku näitel. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool, Geograafia instituut, Tartu
- Petkova, N., Koleva, E., Alexandrov, V. 2008. Winter Climate Variability at Danube Plane, North Bulgaria. National Institute of Meteorology and Hydrology – BAS. XXIV th Conference of the Danubian Countries, 2–4 June, Bled Slovenia

Pärnumaa kliima. 1993. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi Jõgeva agrometeoroloogiajaam, Jõgeva

Raik, A. 1967. Eesti kliimaatilisest rajoneerimisest. Eesti Loodus, 2, 65–70

Raudsepp, H.-M., Keppart, L. 2011. 90 aastat ilmavaatlusi Jõgeval. Jaagus, J. (toim.). Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 109, 228–241

Rimkus, E., Kažys, J., Butkutė, S., Gečaitė, I. 2014. Snow cover variability in Lithuania over the last 50 years and its relationship with large-scale atmospheric circulation. Boreal Environment Research, 19, 337–351

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality, 31

Schuler, D. V., Beldring, S., Førland, E. J., Roald, L. A., Skaugen, T. E. 2006. Snow cover and snow water equivalent in Norway: current conditions (1961–1990) and scenarios for the future (2071–2100). Norwegian Meteorological Institute, no. 01/2006

Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association, 63, 1379–1389

Sooäär, J. 2006. Eesti rannikumere jäärežiimi ajalis-ruumiline muutlikkus ajavahemikul 1950/51–2004/05. Magistritöö, Tartu Ülikool, Loodusgeograafia ja maastikuökoloogia õppetool, Tartu

Spencer, M., Essery, R. 2015. Scottish snow cover dependence on the North Atlantic Oscillation index. Hydrology Research, DOI: 10.2166/nh.2016.085

Tammets, T. 2012. Eesti ilma riskid. Kallis, A. (toim.). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, Eesti Entsüklopeediakirjastus, 2012, 89–94

Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. 2013. Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu 412–418

Tooming, H. 1996. Changes in surface albedo and air temperature at Tartu. *Tellus*, 5, 722–726

Tooming, H., Kadaja, J. 1999. Lumikate ja aluspinna albeedo Eestis. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*, 85, 61–72

Tooming, H., Kadaja, J. 2001. Snow cover depth and water equivalent in Estonia. Third study conference on BALTEX. Meyverk, J. (editor). International BALTEX Secretariat. Public. No 20, 231–232

Tooming, H., Kadaja, J. 2006. Eesti lumikatte teatmik. Kallis, A. (toim.). Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, Eesti Maaviljeluse Instituut, Tallinn-Saku, 504

Vassiljev, P., Palo, T., Kull, A., Külvik, M., Bell, S., Kull, A., Mander, Ü. 2010. Forest Landscape Assessment for Cross Country Skiing in Declining Snow Conditions: the Case of Haanja Upland. Estonia. *Baltic Forestry*, 16, 2:280–295

Võrumaa, sh Haanja looduspargi ja Karula rahvuspargi kliima. 1995. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi Jõgeva agrometeoroloogiajaam, Jõgeva

Internetiallikad:

Eesti Loodusuurijate Selts. Ilmahuviliste sektsioon.

[WWW] <http://elus.edicypages.com/sektsioonid/ilmahuviliste-sektsioon> (15.03.2016)

Enno, S.-E. 2012. Ilma vaatlemine ja ennustamine. [WWW]

<https://dSPACE.ut.ee/bitstream/handle/10062/24920/index.html> (28.02.2016)

Finnish Meteorological Institute. Snow statistics. [WWW] <http://en.ilmatieteenlaitos.fi/snow-statistics> (24.02.2016)

Klaas, E. 2005. Ilmahuvilised pidasid Jõgeval kokkutulekut. [WWW]
<http://www.vooremaa.ee/ilmahuvilised-pidasid-jogeval-kokkutulekut/> (15.03.2016)

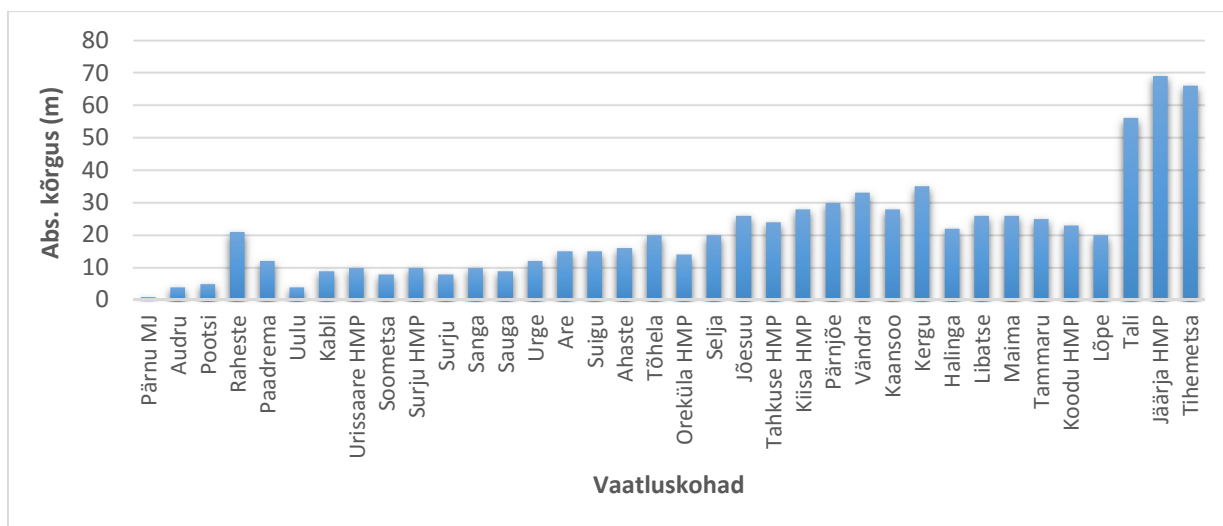
National Avalanche Center. Aspect. The compass direction a slope faces (i.e. North, South, East, or West.). [WWW] <http://www.fsavalanche.org/aspect/> (28.02.2016)

Raudsepp, H.-M., Keppart, L. 2012. Külmalinnas on ilma vaadeldud juba 90 aastat. [WWW]
http://www.eestiloodus.ee/artikkel4348_4314.html (15.01.2016)

Riigi Ilmateenistus. 2010. Nn järve-efekti lumest. [WWW]
<http://www.ilmateenistus.ee/2010/12/nn-jarve-efekti-lumest/> (22.02.2016)

Lisad

Lisa 1. Pärnumaa vaatluskohtade absoluutsed kõrgused (m)



Lisa 2. Pärnumaa vaatluskohtade lumikatte näitajate Pearsoni korrelatsioonikordajad koha kaugusega merest (km) ning koha absoluutse kõrgusega (m) nii kõikide vaatluskohtade puhul kui ka kolme koha (Tali, Jäärja HMP, Tihemetsa) eemaldamisel. Tasemel $p < 0,01$ statistiliselt olulised korrelatsioonid on välja toodud jämedas kirjas

Pearsoni korrelatsioonikordajad		
	kaugus merest (km)	koha abs. kõrgus (m)
Püsiva lumikatte tekkimine	-0,51	-0,47
Püsiva lumikatte sulamine	0,57	0,43
Püsiva lumikatte kestus	0,53	0,49
Maksimaalne lumikatte paksus	0,57	0,60
Pearsoni korrelatsioonikordajad kolme vaatluskoha eemaldamisel		
	kaugus merest (km)	koha abs. kõrgus (m)
Püsiva lumikatte tekkimine	-0,46	-0,32
Püsiva lumikatte sulamine	0,53	0,41
Püsiva lumikatte kestus	0,49	0,39
Maksimaalne lumikatte paksus	0,52	0,39

Lisa 3. Pärnumaa vaatluspostid, nende kaugus merest (km) ja lumikatte näitajate mediaani väärtused aastatel 1968/69–1987/88. Vaatluspostid on tabelis reastatud nende kauguse alusel merest

Vaatlusposti nimi	Vaatlusposti kaugus merest (km)	Maksimaalne lumikatte paksus (cm)	Püsiva lumikatte kestus (päevades)	Püsiva lumikatte tekkimise kuupäev	Püsiva lumikatte sulamise kuupäev
Pärnu MJ	0	20	100	17.dets	01.apr
Kabli	1	24	85	25.dets	23.märts
Pootsi	2	19	76	29.dets	25.märts
Uulu	2	25	86	25.dets	28.märts
Audru	3	26	90	26.dets	28.märts
Raheste	4	16	89	26.dets	27.märts
Soometsa	6	27	86	25.dets	28.märts
Sanga	6	25	87	24.dets	28.märts
Surju	7	31	81	26.dets	23.märts
Paadrema	8	30	88	28.dets	30.märts
Sauga	8	18	90	25.dets	26.märts
Urge	9	28	95	24.dets	27.märts
Urissaare HMP	9	30	89	24.dets	31.märts
Surju HMP	9	30	89	25.dets	30.märts
Tõhela	13	20	88	24.dets	28.märts
Ahaste	16	21	90	25.dets	28.märts
Oreküla HMP	17	30	97	20.dets	31.märts
Are	17	29	94	20.dets	29.märts
Lõpe	18	22	89	26.dets	28.märts
Tali	19	34	90	24.dets	28.märts
Suigu	21	31	95	20.dets	29.märts
Maima	22	23	87	25.dets	28.märts
Selja	24	27	90	24.dets	27.märts
Koodu HMP	24	26	88	26.dets	29.märts
Jõesuu	27	29	91	24.dets	29.märts
Tammaru	27	28	90	27.dets	29.märts
Halinga	27	30	90	24.dets	28.märts
Tahkuse HMP	29	29	96	20.dets	30.märts
Libatse	32	25	90	25.dets	30.märts
Jäärja HMP	33	34	96	20.dets	31.märts
Tihemetsa	34	41	108	12.dets	01.apr
Kiisa HMP	36	24	96	18.dets	31.märts
Kergu	36	36	96	20.dets	31.märts
Pärnjõe	38	32	108	14.dets	01.apr
Vändra	42	36	88	23.dets	30.märts
Kaansoo	45	30	96	20.dets	31.märts

Lisa 4. Võrumaa vaatluspostid, nende absoluutne kõrgus (m) ja lumikatte näitajate mediaani väärtused aastatel 1968/69–1990/91. Vaatluspostid on tabelis reastatud nende absoluutse kõrguse alusel

Vaatlusposti nimi	Vaatlusposti asukoha absoluutne kõrgus (m)	Püsiva lumikatte paksus (cm)	Püsiva lumikatte kestus (päevades)	Püsiva lumikatte tekkimise kuupäev	Püsiva lumikatte sulamise kuupäev
Konnuvere HMP	61	27	104	11.dets	26.märts
Restu	73	30	110	10.dets	31.märts
Kobela	75	30	89	11.dets	27.märts
Kääpa	76	23	96	13.dets	26.märts
Antsla HMP	81	28	103	12.dets	26.märts
Võru MJ	82	21	95	10.dets	23.märts
Varstu	90	29	99	11.dets	26.märts
Mõniste	95	35	96	14.dets	27.märts
Otsa	96	26	105	10.dets	28.märts
Vastse-Antsla	96	23	102	13.dets	28.märts
Kurenurme	96	29	114	08.dets	29.märts
Tsooru	97	28	89	16.dets	27.märts
Võhandu	98	28	99	10.dets	29.märts
Meremäe	98	28	98	10.dets	27.märts
Obinita	100	21	96	10.dets	26.märts
Haabsaare	120	29	101	12.dets	28.märts
Krabi	128	27	105	11.dets	28.märts
Rõuge	138	39	108	10.dets	30.märts
Vastseliina HMP	141	37	114	08.dets	31.märts
Illi	150	32	116	08.dets	30.märts
Vana-Kasaritsa	160	37	116	08.dets	01.apr
Vastseliina	162	33	112	10.dets	30.märts
Misso	182	43	121	06.dets	01.apr
Plaani	230	51	125	01.dets	05.apr
Mauri HMP	240	42	131	24.nov	04.apr
Haanja HMP	248	48	129	24.nov	04.apr
Ruusmäe	249	47	126	27.nov	07.apr

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Annika Arro

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Lumikatte sõltuvus reljeefist ja mere kaugusest Võrumaa ja Pärnumaa näitel“, mille juhendaja on Jaak Jaagus,
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **23.05.2016**