

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Loodusteaduskond

Meresüsteemide instituut

**METEOROLOOGILISTE PARAMEETRITE
KLIMATOLOOGILINE ANALÜÜS KURESSAARE
LENNUVÄLJAL JA NENDE MÕJU
LENNUTEGEVUSELE**

Bakalaureusetöö

Violetta Platonova

Juhendaja: Tiina Josepson

Tallinn

2017

Abstract

Climatological analysis of meteorological parameters for Kuressaare aerodrome and its impact on flight operations

Violetta Platonova, BA study, Institute of Marine Systems at Tallinn University of Technology

Kuressaare aerodrome meteorological observers provide current weather reports at aerodrome working hours, other time reports are provided by automatic weather observation system „Vaisala AWOS AviMet“.

Diploma thesis is that to find the impact on flight operations by such meteorological parameters as temperature, visibility and height of the base of the lowest cloud layer.

For that purpose, weather reports (manual observations and automatically saved reports by weather observation system „Vaisala AWOS AviMet“) in the period of five years were analyzed and compared by these three parameters. To get results, routine weather reports during these years for Kuressaare aerodrome have been worked through and on this base was compared the aeronautical climatological data for years 2011-2015.

Those climatological analysis gives us an overview of the meteorological situation at the biggest island's aerodrome of Estonia and ensures the safer flight operations in the future according to the results of research.

Keywords: Kuressaare aerodrome, aeronautical climatology, aeronautical meteorology, weather observation, flight operations

Resüme

Kuressaare lennuväljal teostatakse regulaarseid ilmavaatluseid ööpäevaringselt. Lennujaama lahtioleku aegadel teeb seda vaateleja ning väljaspool tööaega opereeritakse automaatse ilmavaatlussüsteemi „Vaisala AWOS AviMet“.

Lõputöö eesmärgiks on saada ülevaade kuidas erinevad meteoroloogilised parameetrid võivad mõjutada lennutegevuse toimingut. Nendeks parameetriteks on valitud temperatuur, nähtavus ja pilvede alumise piiri kõrgus.

Eesmärgi saavutamiseks on andmete analüüsi tulemusena tuvastatud ja numbriliselt tõestatud ajaperioodid nii ööpäeva lõikes kui ka aastases käigus, mil on esinenud enim lennutegevust soodustavad ja pärssivad meteoroloogilised elemendid. Uuritavateks aastateks on valitud aastad 2011 kuni 2015.

Käesoleva lõputöö näol on tegemist lennundusklimatoloogilise uurimistööga, mille eesmärk on aidata kaasa lennunduse ohutule ja efektiivsele toimimisele Kuressaare lennuväljal.

Märksõnad: Kuressaare lennuväli, lennundusklimatoloogia, lennundusmeteoroloogia, ilmavaatlused, lennutegevus

Sisukord

Abstract	2
Resümees	3
Sissejuhatus	5
1. ÜLEVAADE KURESSAARE LENNUVÄLJAST	7
1.1 Kuressaare lennuvälja kirjeldus.....	7
1.2. Kuressaare lennuvälja ajalugu.....	7
1.3. Kuressaare lennuvälja meteoroloogiateeninduse kirjeldus	8
1.4. Lennumeteoroloogiaaluse teabe vajalikkus.....	8
2. LENNUVÄLJADE FAKTILISE ILMA TEATED	10
2.1. Sissejuhatus	10
2.2. METAR JA SPECI teated	10
2.3. AUTO METAR teated	11
3. METEOROLOGILISTE PARAMETRITE MÕJU LENNUTEGEVUSELE 13	
3.1. Temperatuuri mõju lennutegevusele	13
3.2. Pilvisuse mõju lennutegevusele.....	14
3.3. Nähtavuskauguse mõju lennutegevusele.....	16
4. METEOROLOGILISTE PARAMETRITE KLIMATOLOOGILINE ANALÜÜS.....	17
4.1. Kasutatud andmed ja analüüsi meetodika	17
4.2. Temperatuuri ajaline muutlikkus.....	18
4.3. Nähtavuskauguse ajaline muutlikkus	20
4.4. Pilvisuse kõrguse ajaline muutlikkus	22
Kokkuvõte	25
Kasutatud kirjandus:.....	26
Lisad.....	28
Lisa 1.	28
Lisa 2.	30
Lisa 3.	32
Lisa 4.	33
Lisa 5.	34

Sissejuhatus

Eestis on viis rahvusvahelist lennuvälja, millel on kohustus tagada rahvusvaheliste standarditele vastav meteoroloogiateenus. Olulisim teenuseliik on operatiivteave ilmatingimuste kohta lennuväljal. Millisel kujul, kui sageli ja kuidas edastada teavet lennuvälja ilma kohta, see on reguleeritud rahvusvaheliste ja siseriiklike õigusaktidega ning riigid, kes on liitunud Rahvusvahelise Tsiviillennunduse Organisatsiooniga (ICAO), peavad järgima nõudeid, mis on kehtestatud nimetatud organisatsiooni dokumentides.

Eestis koostatakse lennundusklimatoloogiat ainult Tallinna lennujaama jaoks. Kuid peaks tegema seda iga lennuvälja kohta, sest klimatoloogiline teave on oluline lennuvälja käitamisele ja lennuoperatsioonide ettevalmistamisele.

Lõputöö eesmärgiks on saada ülevaade mis määral mõjutavad erinevad meteoroloogilised parameetrid lennutegevust ning milliste ilmastikutingimuste esinemine võib põhjustada tõrkeid õhustranspordi toimimises.

Üldiselt mõjutavad lennutegevust kõik meteoroloogilised elemendid, kuid saare lennujaama kliima omaduste ja lõputöö mahtu arvestades on käesolevas töös vaatluse all temperatuur, nähtavuskaugus ja pilvede alumise piiri kõrgus. Uurimise all on viis järjestikus olevat aasta (2011-2015).

Algandmed on saadud „log failidest“, kuhu iga kuu lõpus salvestatakse kokku kõik vaatlaja poolt ja automaatselt edastatud ilmated.

Tulemuste saamiseks töötati läbi 43 824 ilmatedet Kuressaare lennuvälja kohta ning igast teatest valiti temperatuuri, nähtavuskauguse ja pilvede alumise piiri kõrguse näitajad.

Lõputöö koosneb neljast peatükist. Esimene peatükk annab ülevaate lennuväljast ja lennumeteoroloogilise teabe vajalikkust. Teine peatükk on pühendatud lennuvälja faktiliste ilmateadete selgitamisele. Kolmandas peatükis kirjeldatakse meteoroloogiliste näitajate teoreetilist mõju lennutegevusele, kuidas võivad ilmatingimused mõjutada ohutu lendu. Viimane peatükk keskendub saadud andmete analüüsile.

1. ÜLEVAADE KURESSAARE LENNUVÄLJAST

1.1 Kuressaare lennuvälja kirjeldus

Kuressaare lennujaam asub Saaremaal Roomassaare poolsaarel 3 km kaugusel Kuressaare linnast. Lennuvälja pindala on 130 ha ning seal on kaks ristuvat lennurada. Esimene on suunaga 17/35, mille pikkus on 2000 m ja laius 30 m. Teise raja suund on 02/35, pikkus 799 m, ja laius 30 m. Lennuradade kandevõime on kuni 100 tonni. Lennujaam on avatud sise- ja välislendudele kõigil nädalapäevadel. Etteteatamisel teenindatakse võimalusel ööpäevaringselt ka väljaspool ametlikku tööaega. [9]

1.2. Kuressaare lennuvälja ajalugu

Lennunduse ajalugu Saaremaal sai alguse juhuse tahtel, kui norralane Hans Freankel ja rootslane Carlson sooritasid oma õhupalliga halbade ilmastikuolude tõttu hädamaandumine Atla lahe rannikul 17. detsembril 1904. aastal. Lisaks I Maailmasõja baaslennuväljadele ning postilennukite tarbeks loodud maandumispaikadele, kerkis 1930. aastal teisel poolel päevakorda tsiviilennuvälja ehitamise küsimus. [9]

Kuressaare lennuväli avati ametlikult 6. märtsil 1945. aastal. Hakkasid toimuma lennud Kuressaare ja Tallinna vahel. 1948. aastal moodustati lennujaama ja pilootide teenindamiseks kohapealne meteoroloogiateenistus. Lennuvälja meteoroloogiajaam kuulus ENSV Hüdrometeoroloogia Valitsuse vaatlusvõrku. 1991. aastast, kui loodi Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut (EMHI), oli Kuressaare lennuvälja meteoroloogia jaam EMHI ilmavaatlusjaam. Pärast automaatse ilmavaatlussüsteemi paigaldamist 2010. aastal sulges EMHI oma jaama ja ilmavaatluste eest hakkas vastutama lennujaam. Ilmavaatluste teostamine ja andmete edastamine sai Kuressaare lennujuhtimisüksuse lennujuhtide ülesandeks.

1.3. Kuressaare lennuvälja meteoroloogiateeninduse kirjeldus

Lennuvälja meteoroloogiateeninduse eesmärk on tagada õigeaegne ja kvaliteetne lennumeteoroloogiliste vaatluste teostamine ning lennumeteoroloogiateenuse osutamine tarbijatele. Regulaarsed ja spetsiaalsed lennumeteoroloogilisi vaatlusi lennuväljadel ja selle ümbruses teostatakse lennuliiklusteenindusüksuse tööajal, muul ajal Kuressaare lennuväljal salvestab ja edastab ilmavaatlussüsteem „Vaisala AWOS AviMet“ automaatselt regulaarseid ja spetsiaalseid ilmateateid. Vaatlusi teostavad vastava väljaõpe läbinud lennujuhid (edaspidi vaatljad).

Vaatleja ülesanne on tagada õigeaegne ja kvaliteetne lennumeteoroloogiaalne teabe edastamine tarbijatele; ilmateadete koostamine METAR/SPECI koodis ja edastamine aeronavigatsioonilise fikseeritud elekterside võrgu ATFN kaudu Eesti Riigi Ilmateenindusesse, Helsingi ning Londoni rahvusvahelistesse lennumeteoroloogilistesse andmepankadesse.

Meteoroloogilise nähtavuse, ilmastikunähtuste, pilvisuse hulga, vajadusel alapiiri (kui see on 10 000 jalga või madalam) ja liigi vaatlusi teostab vaatlja. Regulaarsed ilmavaatlused toimuvad vastavalt rahvusvahelistele kokkulepetele iga tunni tagant 50. minutiks, spetsiaalsed vaatlused vastavalt erikriteeriumitele. Ilmavaatlusi alustatakse 10 minutit enne lennuvälja avamist ning teostatakse lennujaama tööajal. Meteoroloogilisi vaatlusi tehes võib vaatlja üles märkida ainult seda, mida ta ise nägi. Kategooriliselt on keelatud vaatluste tulemustesse sisse kanda oletustel põhinevaid andmeid. [11]

1.4. Lennumeteoroloogiaaluse teabe vajalikkus

Meteoroloogiline informatsioon on vajalik lennuvälja käitajatele ja õhusõiduki meeskondadele lennueelseks planeerimiseks, õhusõiduki meeskondadele

lennueelseks kasutamiseks ning õhus olevatele õhusõidukitele. Meteoroloogiline informatsioon, millega varustatakse käitajaid ja õhusõiduki meeskondi peab vastama nõuetele lendude aja, lennukõrguste ja geograafilise ulatuse kohta. Nimetatud informatsioon kehtib kindla ajahetke või -perioodi ning peab tagama ohutu lennu kuni maandumiseni ettenähtud lennuväljale, kust on võimalik saada uut informatsiooni. [6]

2. LENNUVÄLJADE FAKTILISE ILMA TEATED

2.1. Sissejuhatus

Lennumeteoroloogilisi vaatlusi viiakse läbi seadmete ja/või visuaalsete vaatluste abil. Saadud informatsioon kasutatakse õhusõidukite õhukutõusuks, maandumiseks, marsruudil navigeerimiseks, lennuvõimekuse hindamiseks ja ilmaprognooside koostamiseks.

Vaatlusandmete põhjal koostatakse ilmateade, mida kasutatakse kohalikul lennuväljal ja/või edastatakse väljapoole lennujaama. Lennumeteoroloogiateavet lennunduses edastatakse ja võetakse vastu ülemaailmse aeronavigatsioonilise fikseeritud elekterside võrgu (ATFN) ja Ülemaailmse Meteoroloogia Organisatsiooni (WMO) globaalse sidesüsteemi kaudu.

2.2. METAR JA SPECI teated

METAR ja SPECI teadete koodi vormid on välja töötanud Maailma Meteoroloogia Organisatsiooni (WMO) poolt Rahvusvaheliste Tsiviillennunduse Organisatsiooni (ICAO) kehtestatud lennunduse nõuete alusel. METAR koodis ilmateade on regulaarne ettekanne ilma kohta, mis väljastatakse rahvusvahelistel lennuväljadel sõltuvalt lennuvälja lennutegevuse liigist ja sagedusest iga tunni 20. või 50. minutiks. SPECI teated on ebaregulaarsed ilmateated. Neid koostatakse ja edastatakse ainult siis, kui ilmaelementide väärtused vähenevad alla kehtestatud piirväärtuste või suurenevad üle kehtestatud piirväärtuste (Lisa 1).

Kuressaare lennuväljal toimuva lennutegevuse teenindamiseks väljastatakse METAR teade lennuvälja lahtiolekuaegadel iga tunni 50. minutiks. Ilmateadete edastamist alustatakse 10 minutit enne lennuvälja avamist ning lõpetatakse kui lennuvälja tööaeg lõppeb. [10]

METAR ja SPECI teadete ülesehitus on järgmine:

- 1) teate liigi identifitseering;
- 2) lennuvälja tähis;
- 3) ajagrupp;
- 4) maapinna tuule parameetrid;
- 5) nähtavus;
- 6) atmosfääri nähtused;
- 7) pilvede andmed;
- 8) õhutemperatuur ja kastepunkti temperatuur;
- 9) õhurõhk;
- 10) täiendav informatsioon.

Valdav enamik meteoroloogilisi elemente on automaatselt mõõdetav, kuid mõned parameetrid eeldavad parimateks tulemusteks vaatleja hinnangut, näiteks nähtavus, pilved ja atmosfääri nähtused. [10]

2.3. AUTO METAR teated

AUTO METAR teade on automaatselt väljastatud regulaarne ettekanne ilma kohta. Automaatsete ilmateadete kodeering ja sisu on analoogne, mis vaatleja poolt teostatud vaatluste puhul. Kuid on mõned erinevused: automaatne vaatlusteade sisaldab sõna AUTO, mis näitab, et tegemist on automaatselt edastatud teatega. Samuti on mõned puudused: meteoroloogilisi elemente (nt. nähtavuskaugus, pilveliigid, sademete liigid) ei ole automaatne ilmavaatlussüsteem võimeline tuvastama, kuna puuduvad vajalikud seadmed nende nõuetekohaseks fikseerimiseks.

Vaatleja määrab horisontaalset nähtavust visuaalselt ümberkaudsete orientiiride järgi. Kui nähtavus on eri suundades erinev, peab olema märgitud domineeriv nähtavus ja minimaalne nähtavus koos selle suunaga lennuvälja suhtes. Automaatses ilmteates on kajastatud 10 minuti keskmine nähtavus ning suund ei ole määratud. [10]

Pilvede kõrguse mõõtmiseks kasutatav andur fikseerib pilvede kõrguse vaid enda kohal. Vaatlejale avaneb vaade üle terve lennuvälja ja lennuvälja lähiümbruse, samuti saab vaatleja eristada pilvede liike.

Atmosfäärinähtete määramise korral ei ole võimalik kasutada koodi VC, mis viitab lennuvälja lähiümbruses raadiuses 8 - 16 km esinevatele ilmanähtustele. Automaatilmajaama andurid ei suuda tuvastada järgmisi nähtusi: lehterpilv, liivatorm, tolmutorm, liiva- või tolmutorm, suits, vulkaaniline tuhk, kohati või osaliselt esinev udu, pinna ja madaltuisk. Juhul kui esinevad nimetatud nähtused, siis on kasutusel kood UP. Kuid ilmteate lugejale jääb selgusetuks, millise nähtusega on tegemist. [10]

Seega, et tagada meteoroloogiateenuse osutamise kvaliteet ja järjepidevus, peab lennuvälja käitaja korraldama automaatsete ilmteadete pideva monitooringu, vältimaks ebakvaliteetsete ilmteadete edastamist kuna valede andmete või andmete puudumine ilmteadetes on otsene lennuohutust mõjutav tegur. [10]

3. METEOROLOOGILISTE PARAMEETRITE MÕJU LENNUTEGEVUSELE

3.1. Temperatuuri mõju lennutegevusele

Lennunduse jaoks on vajalik teada lennuvälja kohal asuva õhumassi omadusi. Õhutemperatuur on üks olulisemaid õhumassi omadustest, sest ta omakorda mõjub õhutihedust ja õhurõhku. Õhutemperatuuri tõusuga kaasneb õhutiheduse vähenemine, õhutemperatuuri langusega õhutiheduse suurenemine. Õhutiheduse muutus on oluline lendude, eriti kauglendude teostamisel. Praegu ulatuvad kauglennud sageli ühelt poolkeralt teisele. Tänapäevased võimsad lennukid võivad tuhandete kilomeetrite pikkusevahemaa katta vähema aja kui ööpäevaga, seega lend võib alata suvel ja lõppeda talves või vastupidi. Ka võib lend kulgeda päevast öösse või vastupidi; seoses sellega muutub küllalt palju ka õhutihedus. Sellepärast ongi pikkade lendude puhul õhutemperatuuri ja õhutiheduse muutuse arvestamine hädavajalik. [15]

Samuti on lennutegevusele väga ohtlikud madalad ja negatiivsed temperatuurid, sest negatiivsete temperatuuride korral veepiisad moodustavad jääks. Jääkihti maalähedases õhukihis paiknevatel esemetel, puuokstel, juhtmetel - nimetatakse jäiteks; kui aga jääkiht moodustub maapinnale, on tegemist kiilasjäega. Nii jäide kui ka kiilasjää tekivad allajahtunud sademetest (allajahtunud vihm, allajahtunud uduvihm, lumi koos allajahtunud veepiiskadega), mõnikord ka allajahtunud udust. Jäide tekib enamasti õhutemperatuurivahemikus 0°C kuni -3°C, kuid üksikutel juhtudel võib ladestuda ka tunduvalt madalama õhutemperatuuri korral (-10°C). [12]

Õhusõidukite jäätumiseks nimetatakse tahkete sademete kihi moodustumist õhusõidukitel ja nende osadel.

Õhusõidukite jäätumine on üks kõige ohtlikumaid meteoroloogilisi nähteid, sest jääkiht muudab lennumasinat aerodünaamilisi omadusi ja suurendab nende kaalu. [12]

Propellerlennukitel võib jäätumine põhjustada ohtlikku vibratsiooni. Jääladestus võib põhjustada aparatuuri valenäitusid, rikkuda raadiosidet. Õhusõiduki kabiini akende jäätumine raskendab piloodil ümbruse jälgimist ja maandumist. Jäätumisele alluvad nii lennukid, helikopterid kui ka dirižaablid. [12]

Põhimõtteliselt on jäätumine võimalik temperatuurivahemikus $+2^{\circ}\text{C}$ kuni -50°C nii pilvedes, udus kui ka sademetes. Suurem osa jäätumise juhtudest langeb vahemikku 0 kuni -20°C , eriti aga vahemikku 0°C kuni -10°C . [3]

Gaasiturbiinmootoritega lennukitel võib jäätumine esineda ka vahemikus 0°C kuni $+5^{\circ}\text{C}$, üksikutel juhtudel isegi kõrgema õhutemperatuuri juures. [3]

3.2. Pilvisuse mõju lennutegevusele

Pilved on kolloidne süsteem, mis koosneb õhus hõljuvaist väikestest veepiiskadest, jääkristallidest või mõlemaist. Pilved tekivad veeauru kondensatsiooni ning sublimatsiooni tagajärjel. Seejuures tiheneb veeaur õhus olevatele väikestele kübemetele, nii-nimetatud kondensatsioonituumadele. Kondensatsioonituumadeks on peamiselt meresoolade terakesed, kuid ka tahmaosakesed jm. Pilvede alumise pinna kõrguse järgi liigitatakse pilvi ülemise, keskmise ja alumise kihi pilvedeks. Nendele lisanduvad neljanda klassina vertikaalse arenguga pilved ehk konvektsioonipilved. Pilvede välimuse järgi liigitatakse pilvi 10 põhiliigiks, mis omakorda sisaldavad mitmeid alaliike. [4]

Ülemise kihi pilved on kõrgusel 6 - 10 km, sinna kuuluvad kiudpilved (*Cirrus - Ci*), kiudrunkpilved (*Cirrocumulus - Cc*) ja kiudkihtpilved (*Cirrostratus - Cs*). Keskmise kihi pilved on kõrgusel 2,5 - 6 km ning sinna kuuluvad kõrgrunkpilved (*Altostratus - As*) ja kõrgkihtpilved (*Altostratus - As*). Kolmas liik on alumise kihi

pilved, mille kõrgus jääb 0,1 - 2,5 km vahele, sinna alla kuuluvad kihtrümpilved (*Stratocumulus - Sc*), kihtpilved (*Stratus - St*) ning kihtsajupilved (*Nimbostratus - Ns*). [4]

Pilvede hulka määratakse lennunduses oktantides. 1 oktant tähendab, et taevaalaotusest on kaetud 1/8 pilvedega, 8 oktanti aga, et tegu on täispilvisusega.

Kuussaare lennuväljal kasutatakse pilvede kõrguse mõõtmiseks Vaisala tseilomeetrit CL31. Tseilomeeter on seade, mis mõõdab iga 4 minuti tagant valguskiirega pilvede alumise piiri kõrgust ning vertikaalset nähtavust ja edastab info serverile 1 kord tunnis. Vajadusel määratakse pilvede kõrgus visuaalselt. Seda näiteks juhul, kui pilvede alumine piir on kõrgemal mõõteriista mõõtevõimest või kui pilvekiht on märkimisväärselt katkendlik. Samuti juhul, kui andurid ei ole töökorras. [6]

Lennuliikluses mõjutavad eelkõige starti ja maandumist madalad pilved. Madalateks pilvedeks loetakse pilvi, mille alumise piiri kõrgus maapinnast on alla 200 meetri. Kõige sagedamini on alla 200 meetri kihtpilvede alumine piir, kuid üsna tihti võivad olla madalad ka kihtsajupilved ning viimastega kaasnevad rebenenud kihtsajupilved. Harva on alla 200 meetri piiril kihtrümpilved. Madalate pilvede alumine piir on ebaselge ning pilve teke toimub märkamatuks. Kõigepealt on pilvealuse uduline kiht, mis algab kondensatsioonitasapinnalt. Edasi järgneb üleminekukiht, mis tegelikult on hõre pilvisus. Üleminekukihist kõrgemalt on juba nii tihedad pilved, et vertikaalne nähtavus kaob. Uduvine kihti ja üleminekukihti kokku nimetatakse pilvealuseks kihiks. Vastavalt Eesti Vabariigi lennureeglitele ei või VFR-lennud startida ja maanduda lähialas oleval lennuväljal ega liituda sellise lennuvälja lennuväljaringiga ning siseneda. [5]

3.3. Nähtavuskauguse mõju lennutegevusele

Nähtavus on üks olulisemaid meteoroloogilisi elemente, sest sellest sõltub otseselt lendude teostamise võimalikkus. Nähtavust mõõdetakse meetrites või kilomeetrites. Eristatakse üldist horisontaalset ehk nähtavust piki maapinda, vertikaalset ja kaldnähtavust ning lennusuunalist nähtavust. Lisaks määratakse lennunduse tarbeks horisontaalset nähtavust piki lennurada (raja nähtavuskaugus), kui üldine nähtavus on alla 1500 meetri. [3]

Meteoroloogiliseks nähtavuseks nimetatakse vähimat vahemaad, mille kauguselt absoluutselt must objekt on ära tuntav horisondil taeva foonil. Selle objekti nurgamõõt (kõrgus) ei tohi olla väiksem kui 0,5 ja suurem kui 5 kraadi. Nähtavust võib määrata visuaalselt kui ka nähtavuse mõõtja (transmissomeetri) abil. Pimedal ajal määratakse nähtavust tulede intensiivsuse järgi. Üldist horisontaalset nähtavust jälgitakse igas suunas, arvesse võetakse valdav horisontaalse nähtavuse väärtus, kuid määratakse ka vähim nähtavus. Kui nähtavus on alla 1000 meetri, määratakse vertikaalne nähtavus. Seda tehakse pilvede kõrgusmõõtja abil. Kaldnähtavus on vahemaa lenduri silmade ja maapinnal kõige kaugemal asuvate objektide vahel, mis on selgesti ära tuntavad. Udu või sademete esinemise puhul võib lendur näha otse enda all olevat maapinda, kuid ei näe enda ees lennuraja tulesid ega läve. Kaldnähtavust ei saa mõõta, vaid ainult silma järgi hinnata. Lennusuunaline nähtavus on kaugus lennusuunas asuva objektini antud lennukõrguselt. [12]

Lennunduses on horisontaalse nähtavuse täpne määramine väga oluline, sest sellest sõltub otseselt lennukite maandumise ja õhukütõusu ohutus. Eriti ohtlikuks loetakse horisontaalse nähtavuse alla 2000 meetri. [3]

Vastavalt Eesti Vabariigi lennureeglitele ei või VFR-lennud startida või maanduda lähialas oleval lennuväljal ega liituda sellise lennuvälja lennuväljaringiga ning siseneda lennuväljaliikluse tsooni päeval, kui nähtavus on väiksem kui 5 kilomeetrit ning öösel, kui nähtavus on alla 8 kilomeetri. [5]

4. METEOROLOOGILISTE PARAMEETRITE KLIMATOLOOGILINE ANALÜÜS

4.1. Kasutatud andmed ja analüüsi meetoodika

Klimatoloogilist analüüsi lennunduse jaoks koostatakse vähemalt viie järjestuses olevate aastate jaoks. [8]

Lõputöös on kasutatud 2011-2015 aastate andmeid. Algandmed on saadud Kuressaare lennuvälja faktilise ilma teadetest (Lisa 2). Need teated sisaldavad iga päeva kohta 24 teavet 10 parameetri kohta. Käesolevas töös on kasutatud kolme parameetri andmeid: õhutemperatuur, pilvede alumise piiri kõrgus ja nähtavuskaugus.

AFTN sidekanali kaudu edastatud tekstidokumentis on kõik METAR ja AUTO METAR, SPECI ja AUTO SPECI päeva jooksul edastatud teated. Töötlemiseks tuli iga päeva tekstidokument eraldi avada ja otsida sealt analüüsiks vajalikke andmeid. Vastavalt sellele märkida nõutud parameetri esinemissageduse sõltuvalt kellaajast ja parameetri väärtusest. Töödeldud andmed on kogutud WMO poolt koostatud tabelitesse. Iga parameetri jaoks on loodud eraldi tabel (Lisa 3,4,5).

Peale seda tuli jagada esinemiskordade arvu üldjuhtumite arvuga ja saada protsendiline suhtarv, mille alusel on käepärasem klimatoloogilist analüüsi teostada. Kuressaare lennuvälja puhul tuli esinemiskordade arv jagada arvuga 24 (kordi ööpäevas) ning vaadeldava kuu päevade arvuga, kuna tabelit täidetakse ühe kuu kohta.

4.2. Temperatuuri ajaline muutlikkus

Kuna lennutegevust mõjutavad madalad temperatuurid, siis analüüsi käigus tuleb nendele rohkem tähelepanu pöörata.

Tabel 1. Temperatuuri protsendiline jaotus kuude ja aastate kaupa Kuressaare lennuväljal

Kuu	Aasta/°C	-10 - -5	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20-	20 - 25	25 -30
Jaanuar	2011	4,03	34,14	61,16	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
	2012	5,34	28,42	66,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2013	4,12	41,02	54,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2014	4,89	22,15	71,74	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00
	2015	3,59	29,55	66,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Veebruar	2011	0,45	20,24	77,38	1,93	0,00	0,00	0,00	0,00
	2012	3,45	18,22	73,11	5,22	0,00	0,00	0,00	0,00
	2013	2,41	14,21	82,32	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	2014	0,17	21,89	77,40	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00
	2015	1,69	13,22	81,25	3,84	0,00	0,00	0,00	0,00
Märts	2011	2,15	18,68	66,94	12,23	0,00	0,00	0,00	0,00
	2012	0,20	22,56	69,02	8,22	0,00	0,00	0,00	0,00
	2013	2,49	14,50	73,55	9,46	0,00	0,00	0,00	0,00
	2014	1,60	14,89	72,91	10,55	0,05	0,00	0,00	0,00
	2015	0,11	7,22	81,04	11,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Aprill	2011	0,00	0,00	58,47	41,53	0,00	0,00	0,00	0,00
	2012	0,04	0,24	54,03	45,69	0,00	0,00	0,00	0,00
	2013	0,00	0,00	47,90	51,26	0,84	0,00	0,00	0,00
	2014	0,00	0,15	47,54	52,31	0,00	0,00	0,00	0,00
	2015	0,00	0,00	58,77	39,44	1,79	0,00	0,00	0,00
Mai	2011	0,00	0,81	2,42	25,00	64,52	7,26	0,00	0,00
	2012	0,00	0,00	3,44	16,44	65,29	14,65	0,18	0,00
	2013	0,00	0,00	7,02	17,52	61,92	13,02	0,52	0,00
	2014	0,00	0,00	5,14	19,01	67,71	8,14	0,00	0,00
	2015	0,00	0,00	2,22	9,46	68,88	19,44	0,00	0,00
Juuni	2011	0,00	0,00	0,00	1,25	22,64	75,00	1,11	0,00
	2012	0,00	0,00	0,00	0,19	39,58	56,02	4,21	0,00

	2013	0,00	0,00	0,00	0,00	28,33	71,41	0,26	0,00
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	41,16	57,48	1,36	0,00
	2015	0,00	0,00	0,00	0,00	35,66	56,55	7,79	0,00
Juuli	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	24,06	47,98	24,73	0,00
	2012	0,00	0,00	0,00	0,00	33,00	51,22	15,49	0,29
	2013	0,00	0,00	0,00	0,00	13,38	64,48	22,14	0,00
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	11,41	69,55	19,04	0,00
	2015	0,00	0,00	0,00	0,00	14,59	60,41	25,00	0,00
August	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	22,31	59,54	18,15	0,00
	2012	0,00	0,00	0,00	0,55	31,27	44,13	24,05	0,00
	2013	0,00	0,00	0,00	0,00	34,93	51,22	13,85	0,00
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	16,64	64,08	19,28	0,00
	2015	0,00	0,00	0,00	0,98	9,44	55,29	34,29	0,00
September	2011	0,00	0,00	0,00	19,03	39,31	41,67	0,00	0,00
	2012	0,00	0,00	0,25	22,58	40,72	36,45	0,00	0,00
	2013	0,00	0,00	0,00	14,54	44,83	40,63	0,00	0,00
	2014	0,00	0,00	1,99	19,06	49,82	29,13	0,00	0,00
	2015	0,00	0,00	2,06	28,14	51,58	18,22	0,00	0,00
Oktoober	2011	0,00	2,82	8,06	67,41	17,34	3,36	0,00	0,00
	2012	0,00	4,59	12,56	48,51	34,12	0,22	0,00	0,00
	2013	0,00	0,98	14,02	56,45	28,55	0,00	0,00	0,00
	2014	0,00	1,58	24,55	58,53	12,36	2,98	0,00	0,00
	2015	0,00	4,55	18,33	59,52	15,94	1,66	0,00	0,00
November	2011	0,00	3,75	60,42	34,58	1,25	0,00	0,00	0,00
	2012	0,00	8,36	69,51	19,55	2,58	0,00	0,00	0,00
	2013	0,00	5,21	74,54	15,69	4,56	0,00	0,00	0,00
	2014	0,00	11,69	59,98	25,67	2,66	0,00	0,00	0,00
	2015	0,00	13,55	54,77	29,54	2,14	0,00	0,00	0,00
Detsember	2011	0,00	5,51	82,12	12,37	0,00	0,00	0,00	0,00
	2012	0,29	12,58	75,88	11,25	0,00	0,00	0,00	0,00
	2013	1,59	9,66	80,86	7,89	0,00	0,00	0,00	0,00
	2014	0,60	14,58	71,27	13,55	0,00	0,00	0,00	0,00
	2015	0,00	8,52	84,96	6,52	0,00	0,00	0,00	0,00
Keskmine		0,65	7,17	35,98	15,96	17,62	18,69	3,86	0,00

Negatiivsed temperatuurid esinevad peamiselt novembrist märtsini. Mõned üksikud juhtumid on ka oktoobris ja aprillis. Tehtud analüüsi põhjal võib järeldada, et kuudel aprill kuni september ei mõjuta lennutegevust temperatuuri näitajad üldse. Kuigi aga teine poolaasta on päris ohtlik ja negatiivsete temperatuuride esinemissagedus moodustab 15,64% sellel poolaastal üldjuhtumite arvust. Mis praktiliselt näitab umbes 97 lendu ära jäämise ohtu oktoobrist kuni märtsini.

4.3. Nähtavuskauguse ajaline muutlikkus

Nähtavus alla 5000 meetri takistab lennuliiklust päeval ning alla 8000 meetri - öösel, mis tähendab, et antud tabelist tuleb kõik tulemused arvesse võtta.

Tabel 2. Nähtavuskauguse protsendiline jaotus kuude ja aastate kaupa Kuressaare lennuväljal

Kuu	Aasta/m	<200	<400	<600	<800	<1500	<3000	<5000	<8000
Jaanuar	2011	0,00	0,54	1,34	1,48	3,49	7,53	9,01	9,41
	2012	0,00	0,00	0,00	0,13	0,54	1,61	4,70	11,42
	2013	0,00	0,13	0,54	0,67	0,81	6,05	9,68	11,83
	2014	0,00	0,13	0,13	0,27	0,81	1,88	2,55	10,22
	2015	0,00	0,40	0,27	0,13	0,67	1,61	4,03	7,66
Veebruar	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	1,79	3,87	3,72
	2012	0,00	0,14	0,14	0,72	2,44	9,20	9,63	13,07
	2013	0,15	0,45	0,15	0,30	1,04	2,83	8,48	15,03
	2014	2,08	2,68	2,08	3,42	2,83	4,02	14,29	14,58
	2015	0,15	0,45	0,89	2,68	1,79	3,57	10,71	16,67
Märts	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	1,61	3,90	7,39
	2012	0,27	1,48	2,02	2,28	3,49	3,49	2,69	4,84
	2013	0,00	0,13	0,13	0,27	0,40	0,94	1,21	2,96
	2014	0,27	1,34	1,08	0,94	1,48	3,36	4,84	9,01
	2015	0,00	0,40	0,27	4,00	0,94	3,09	3,76	13,31
Aprill	2011	0,28	0,69	1,94	3,06	3,47	4,44	2,64	4,72
	2012	0,14	0,97	0,83	0,69	0,69	1,67	3,06	4,17
	2013	0,14	0,28	2,08	0,28	0,69	1,25	2,64	7,22
	2014	0,14	0,97	0,56	0,14	0,56	1,11	2,08	2,50
	2015	0,00	0,83	0,83	0,56	0,42	1,25	1,39	5,00
Mai	2011	0,00	0,00	0,13	0,27	0,00	0,81	1,88	2,69
	2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,40	2,15	2,55
	2013	0,13	0,13	0,27	0,67	0,81	1,21	2,55	6,05

	2014	0,13	0,81	0,54	0,67	1,08	2,02	3,63	3,76
	2015	0,00	0,00	0,13	0,13	0,27	1,34	1,08	3,09
Juuni	2011	0,00	0,42	0,00	0,00	0,14	0,28	0,28	1,39
	2012	0,00	0,56	0,56	0,69	0,28	0,69	1,39	2,22
	2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,14	0,83	1,67
	2014	0,00	0,42	0,28	0,14	0,00	0,28	0,42	2,78
	2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,83	1,11
Juuli	2011	0,00	0,00	0,13	0,13	0,00	0,27	0,54	1,89
	2012	0,40	0,40	0,81	0,00	0,54	0,94	0,40	1,75
	2013	0,00	0,40	0,13	0,13	0,27	0,13	0,67	1,34
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,27	1,21
	2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,27	1,21
August	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,27	1,08
	2012	0,00	0,27	0,13	0,00	0,00	0,54	0,54	3,09
	2013	0,00	1,07	0,40	0,40	0,27	0,27	0,67	0,94
	2014	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,54	0,27
	2015	0,00	0,13	0,13	0,27	0,13	0,54	0,54	2,69
September	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	1,11	4,86
	2012	0,00	0,28	0,14	0,00	0,42	1,11	1,94	4,44
	2013	0,28	1,11	1,25	0,42	0,83	0,28	1,39	2,78
	2014	0,42	0,36	2,08	0,42	0,97	0,83	2,64	5,42
	2015	0,28	0,28	0,56	0,28	0,14	0,97	1,81	6,11
Oktoober	2011	0,27	0,27	0,40	0,54	0,54	1,08	4,03	5,24
	2012	0,27	0,00	0,00	0,13	0,27	2,42	3,76	8,87
	2013	0,40	0,67	1,48	0,67	0,67	0,81	3,63	9,01
	2014	0,54	1,08	0,67	1,21	0,94	2,96	6,32	8,60
	2015	0,40	0,27	0,13	0,27	0,13	0,98	1,75	5,51
November	2011	0,28	0,28	0,56	0,14	0,69	2,22	7,78	11,67
	2012	0,14	0,56	0,14	0,14	0,14	1,25	4,31	11,94
	2013	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,69	4,31	7,50
	2014	1,11	1,11	0,00	0,83	0,83	1,81	7,50	15,00
	2015	0,00	0,14	0,56	0,69	1,94	0,69	5,42	9,31
Detsember	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	2,15	6,45
	2012	0,27	0,27	0,13	0,67	4,17	8,20	14,52	13,98
	2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	1,08	3,90	7,93
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	1,08	3,98	8,06
	2015	0,00	0,00	0,27	0,67	0,81	2,02	2,42	6,53
Keskmine		0,15	0,39	0,46	0,55	0,78	1,73	3,49	6,28

Kui võrrelda aastaid omavahel, siis kindlat järelust ei tule. Erinevate aastate samadel kuudel võivad kehva nähtavuse näitajad väga erinevad olla. Näiteks, 2012.

aasta detsembrikuus oli alla 8000 meetri nähtavuskaugust esinenud 42,21% üldjuhtumitest, aga 2011. aastal ainult 9%.

Kokkuvõtvalt oli kõige halbade näitajatega aasta 2014 ja kõige paremate näitajatega – 2013.

Lennunduse jaoks on kõige soodsam periood on suvekuud, millal nähtavuskaugus alla 8000 meetri esineb mitte rohkem kui 6,39 % üldjuhtumitest.

2011–2015 aastate näitajate põhjal võib järeldada, et nähtavuskaugus alla 5000 meetri esineb keskmiselt 7,54% ja alla 8000 meetri 13,82% üldjuhtumitest. Mis keskmiselt võib takistada 94 lennu aastas.

4.4. Pilvisuse kõrguse ajaline muutlikkus

Tabel 3. Erinevate kõrguste pilvisuse esinemise protsendiline jaotus kuude ja aastate kaupa Kuressaare lennuväljal

Kuu	Aasta/m	< 30 (100 ft)	< 60 (200 ft)	< 90 (300 ft)	< 150 (500 ft)	< 300 (1000 ft)	< 450 (1500 ft)
Jaauar	2011	0,00	0,00	5,78	6,85	16,80	14,25
	2012	0,00	0,00	0,13	4,17	14,38	17,88
	2013	0,00	0,00	2,82	7,66	17,47	16,53
	2014	0,00	0,00	0,94	3,36	18,41	17,47
	2015	0,00	0,00	0,40	3,90	13,17	13,44
Veebruar	2011	0,00	0,00	1,40	3,13	8,78	4,61
	2012	0,00	0,00	1,29	4,17	11,78	9,48
	2013	0,00	0,00	1,93	6,10	18,30	6,70
	2014	0,00	0,00	3,57	4,91	12,65	11,90
	2015	0,00	0,15	3,27	5,06	12,65	16,52
Märts	2011	0,00	0,00	1,61	4,30	7,39	4,97
	2012	0,00	0,00	2,55	5,78	6,05	3,76
	2013	0,00	0,00	0,40	0,54	2,82	2,42
	2014	0,00	0,27	2,42	3,63	5,51	2,28
	2015	0,00	0,00	2,02	3,36	9,14	4,03

Aprill	2011	0,00	0,00	2,78	4,17	5,56	1,67
	2012	0,00	0,00	1,11	3,06	8,06	3,19
	2013	0,00	0,00	0,83	2,22	7,36	2,50
	2014	0,00	0,00	0,97	2,50	4,58	0,97
	2015	0,00	0,00	0,97	1,53	8,19	5,28
Mai	2011	0,00	0,00	1,21	3,63	6,59	2,15
	2012	0,00	0,00	1,75	1,48	2,55	1,34
	2013	0,00	0,27	2,96	3,76	3,49	0,94
	2014	0,00	0,00	3,36	1,75	6,85	6,72
	2015	0,00	0,00	1,88	2,02	5,51	4,70
Juuni	2011	0,00	0,00	0,42	0,69	2,92	2,08
	2012	0,00	0,00	0,14	2,64	5,00	3,33
	2013	0,00	0,00	0,00	1,11	4,17	1,81
	2014	0,00	0,00	0,42	2,22	5,00	2,92
	2015	0,00	0,00	0,14	0,83	4,44	3,33
Juuli	2011	0,00	0,00	0,27	0,40	3,09	3,49
	2012	0,00	0,00	0,13	0,40	2,02	1,88
	2013	0,00	0,00	0,14	0,27	1,08	3,63
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	3,49	1,34
	2015	0,00	0,00	0,27	0,13	0,81	2,02
August	2011	0,00	0,00	0,00	0,40	2,55	2,42
	2012	0,00	0,00	0,40	0,67	1,75	2,28
	2013	0,00	0,00	0,27	0,54	0,40	0,27
	2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
	2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,54
September	2011	0,00	0,00	0,28	0,28	2,22	2,92
	2012	0,00	0,00	0,28	0,97	3,33	4,17
	2013	0,00	0,00	0,28	0,42	2,22	2,22
	2014	0,00	0,28	0,28	0,69	2,36	3,06
	2015	0,00	0,00	0,56	1,67	4,44	2,08
Oktoober	2011	0,00	0,00	0,67	1,21	6,99	4,57
	2012	0,00	0,00	0,81	1,75	7,66	5,11
	2013	0,00	0,00	1,08	1,48	9,41	6,45
	2014	0,00	0,00	1,61	5,38	9,14	7,93
	2015	0,00	0,00	0,00	1,21	2,02	3,36
November	2011	0,00	0,00	1,81	6,25	13,19	17,50

	2012	0,14	0,00	0,28	1,94	17,22	12,92
	2013	0,00	0,00	0,14	1,94	10,69	7,08
	2014	0,00	0,00	1,39	5,56	22,50	19,03
	2015	0,00	0,00	0,69	2,92	7,78	8,89
Detsember	2011	0,00	0,00	0,81	2,28	16,53	11,83
	2012	0,00	0,00	1,34	4,17	14,78	26,48
	2013	0,00	0,00	1,21	3,23	15,46	14,78
	2014	0,00	0,27	0,40	2,69	11,12	14,92
	2015	0,00	0,00	2,42	3,36	11,83	9,81
Keskmine		0,00	0,02	1,12	2,55	7,70	6,56

Kui võrrelda aastaid omavahel, võib järeldada, et sama kõrgusega pilvede alumised piirid olid esinenud võrdse esinemissagedusega. Stabiilselt oli esinenud pilvi vahemikus 90 – 450 m kõrgusel. Alla 60 m pilve oli esinenud ainult mõnedes kuutes, alla 30 m oli aga esinenud ainult 2012. aasta novembris.

Kuude lõikes vaadates on näha, et suvel on madalaid pilvi vähem ja taevas on selgem.

Lennuki starti ja maandumist mõjutavad olulisel määral pilved alumise kõrgusega alla 200 meetri, neid esineb keskmiselt 7,54% üldjuhtumitest. See arv ei tundu väga suur, aga kui võta arvesse, et aastas teostatakse Kuressaare lennuvälja abil umbes 1248 reisi (õhtutõusu ja maandumist koos), siis see protsendi alusel võib öelda, et madala pilvisuse tõttu oli ligikaudu 94 lendu ära jäänud.

Kokkuvõte

Käesolevas lõputöös tehti klimatoloogilist analüüsi kolme parameetri järgi Kuressaare lennuvälja jaoks. Klimatoloogilised andmed on vajalikud edaspidiseks ilmaennustamiseks.

Selleks analüüsiti 2011-2015 aastate ilmateateid. Tulemuste saamiseks töötati läbi 43 824 teavet Kuressaare lennuvälja kohta. Analüüsitavateks andemeteks olid temperatuuri, nähtavuskauguse ja pilvede alumise piiri kõrguse igapäevased näitajad. Tehtud analüüs andis ülevaadet ohtlikkude ilmatingimuste esinemissagedusest lennuväljal.

Kuressaare lennuvälja jaoks olid talvised kuud eriti ohtlikud, sest just sel ajal esinesid negatiivsed temperatuurid, mis moodustasid 7,82 % üldjuhtumitest. Nähtavuskauguse ja madalate pilved kõrguse ohtlikumad väärtused olid samuti kõige rohkem esinenud aastate külmematel kuudel. Nende näitajate keskmine esinemissagedus oli sama, ja see moodustas 7,54 % üldjuhtumitest.

Lennundus on valdkond, mida ilmastiku nähtused mõjutavad olulisel määral. Kõik meteoroloogilised parameetrid tuleb arvesse võtta ning koostada kokkuvõtet ohtlikkude väärtuste esinemissagedusest, sest see aitab tulevikus ilmanähtuste käitumist ennustada ja selle alusel lennuplaani koostada.

Kasutatud kirjandus:

1. Aerodrome meteorological observation and forecast study group. [WWW] <http://www.icao.int/safety/meteorology/amofsg/AMOFSG%20Meeting%20Material/AMOFSG.9.IP.008.5.en.pdf> (24.05.2017)
2. International Civil Aviation Organization. Manual of Aeronautical Meteorological Practice. (2011). Ninth edition
3. Jürissaar, M. (2007). Lennundusmeteoroloogia: Õpik pilootidele, lennujuhtidele ja lennundusmeteoroloogidele. Tartu: Tartu lennukolledž.
4. Jürissaar, M. (1998). Meteoroloogia. Tartu: Tartu lennukolledž.
5. Komisjoni rakendusmäärus (EL) nr 923/2012 – Euroopa Liidu Teataja.
6. Lennumeteoroloogiateenuse osutamise ja tagamise kord. (2009). – Riigi teataja I
7. Lennundusseadus. (1999). – Riigi teataja I, 03.05.2016, 7
8. Meteorological Service for International Air Navigation. (2004). C.3.2. Aeronautical climatology: ISBN 92-63-18049-0 : WMO-nr 49
9. Riigi ilmteenistus. Lennumeteoroloogiline info. [WWW] <http://www.ilmateenistus.ee/teenused/lennumeteoroloogiline-info/> (24.05.2017)
10. Tallinna Lennujaam AS. (2008). Kuressaare lennujaam. [<http://www.kuressaare-airport.ee>] 24.05.2017.
11. World Meteorological Organization. Manual on Codes. (2011). WMO - no.306

12. Баранов, А.М., Солонин, С.В. (1981). Авиационная метеорология. Ленинград: Гидрометеоиздат.
13. Богаткин, О.Г. (2010). Авиационные прогнозы погоды. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург.
14. Йоффе, М.М., Приходько, М.Г. (1977). Справочник авиационного метеоролога. Москва: Военное издательство министерства обороны СССР.
15. Приходько, М.Г. (1986). Справочник инженера-синоптика. Ленинград: Гидрометеоиздат.

Lisad

Lisa 1. SPECI-teadete edastamise tingimused

1. Tuule puhul, kui:
 - a. Keskmine suund maapinnal muutub eelmise teatega võrreldes 60 kraadi või rohkem, kusjuures tuule kiirus on 10 KT (5 m/s) või enam;
 - b. Tuule keskmine kiirus muutub eelmise teatega võrreldes 10 KT (5 m/s) või rohkem;
 - c. Tuule maksimaalse kiiruse kõrvalekalle (puhangud) keskmisest kiirusest suureneb 10 KT (5 m/s) võrra või rohkem, kusjuures tuule keskmine kiirus oli enne 15 KT (7 m/s) või rohkem;
 - d. Esineb külgtuul, mille tõttu on vaja vahetada lennurada.
2. Horisontaalne nähtavus muutub:
 - a. Väheneb 3000 m-ni, 1500 m-ni, 800 m-ni;
 - b. Paraneb 800 m-ni, 1500 m-ni, 3000 m-ni;
 - c. Visuaallendude puhul arvestatakse esimese gradatsioonina 5000 m.
3. Horisontaalne nähtavus piki lennurada
 - a. Väheneb 800 m-ni, 600 m-ni, 350 m-ni, 150 m-ni;
 - b. Kasvab 150 m-ni, 350 m-ni, 600 m-ni, 800 m-ni.
4. Esinevad olulised sademed ja ilmastikunähted:
 - a. Allajahtunud sademed: FZRA, FZDZ;
 - b. Allajahtunud udu: FZFG;

c. Mõõdukad või tugevad sademed: RA, RASN, SN, SHRA, SHRASN, SHSN, +RA, +RASN, +SN, +SHRA, +SHRASN, +SHSN;

d. Vihistus (lumest, liivast või tolmust): DRSN, DRSA, DRDU;

e. Madal tuisk või üldtuisk: BLSN;

f. Äike kas sademetega või ilma: TSRA, TSRASN, TSRAGS, TSRAGR, TS;

g. Pagi: SQ;

h. Tromb, vesipüks, lehterpilv: FC;

i. Tolmutorm, liivatorm: DS, SS.

5. Pilvede (kaetuse aste BKN, OVC) alumine piir kas madaldub või tõuseb ja ületab järgmised väärtused:

a. 1000 FT (300 m), 500 FT (150 m), 200 FT (60 m), 100 FT (30 m);

b. 100 FT (30 m), 200 FT (60 m), 500 FT (150 m), 1000 FT (300 m);

c. 1500 FT (450 m) on esimene gradatsioon, kui lennud toimuvad visuaallendude reeglite järgi.

6. Pilvede hulk (kaetuse aste) on muutlik, st kord on taevast kaetud üle poole, kord alla poole, kusjuures pilvede alumise piiri kõrgus on alla 1500 FT (450 m):

a. SKC, FEW, SCT kasvab BKN, OVC;

b. BKN, OVC väheneb SCT, FEW, SKC.

7. Vertikaalne nähtavus muutub:

a. Väheneb 300 m (1000 FT), 150 m (500 FT), 60 m (200 FT), 30 m (100 FT);

b. Kasvab 30 m (100 FT), 60 m (200 FT), 150 m (500 FT), 300 m (1000 FT).

Lisa 2. Kuressaare lennuvälja ühe METAR teate näidis (1. Jaanuar 2011)

METAR EEKE 010050Z AUTO 18024KT 1500NDV R17/P2000N R35/1900D -
SN SCT007 OVC018 M01/M01 Q0991=

METAR EEKE 010150Z AUTO 17024KT 1300NDV R17/0600V1700D
R35/P2000N -SN BKN005 BKN007 OVC012 M01/M01
Q0988=

METAR EEKE 010250Z AUTO 16025KT 1500NDV R17/2000N R35/P2000N
SN BKN004 OVC011 M01/M01 Q0986=

METAR EEKE 010350Z AUTO 16027KT 1500NDV R17/P2000N R35/1800U SN
BKN004 OVC011 M01/M01 Q0983=

METAR EEKE 010450Z AUTO 16029KT 1800NDV R17/P2000N R35/P2000D -
SN BKN005 BKN015 OVC028 M01/M01 Q0980=

METAR EEKE 010550Z AUTO 16026KT 3800NDV -SN FEW007 BKN011
OVC014 M01/M01 Q0979=

METAR EEKE 010650Z AUTO 16015KT 2200NDV R17/1900D R35/P2000N -
SN SCT005 BKN007 OVC018 M01/M01
Q0979=

METAR EEKE 010750Z AUTO 14008KT 1400NDV R17/P2000U R35/1900N -
SN
FEW003 OVC021 M01/M01 Q0979=

METAR EEKE 010850Z AUTO 04007KT 4800NDV -SN OVC004 M01/M01
Q0979=

METAR EEKE 010950Z AUTO 07014KT 040V100 1500NDV R17/1600D
R35/1800U
-SN OVC004 M01/M01 Q0980=

METAR EEKE 011050Z AUTO 06013KT 6000NDV -SN OVC008 M02/M02
Q0981=

METAR EEKE 011150Z AUTO 04013KT 9999NDV -SN OVC010 M02/M02
Q0982=

METAR EEKE 011250Z AUTO 04013KT 9999NDV BKN013 OVC021 M02/M03
Q0984=

METAR EEKE 011350Z AUTO 02013KT 9999NDV -SN BKN013 OVC019
M03/M03
Q0986=

METAR EEKE 011450Z AUTO 02015KT 9999NDV -SN BKN014 OVC021
M03/M03
Q0987=

METAR EEKE 011550Z AUTO 01016KT 5000NDV -SN FEW011 BKN023
M03/M03
Q0988=

METAR EEKE 011650Z AUTO 01017KT 6000NDV -SN SCT012 M04/M04
Q0990=

METAR EEKE 011750Z AUTO 02015KT 5000NDV -SN FEW010 BKN024
OVC048
M04/M05 Q0991=

METAR EEKE 011850Z AUTO 02015KT 9999NDV -SN SCT027 BKN047
M05/M06
Q0992=

METAR EEKE 011950Z AUTO 01013KT 9999NDV -SN BKN013 OVC034
M04/M04
Q0993=

METAR EEKE 012050Z AUTO 01014KT 9999NDV -SN BKN010 OVC017
M04/M04
Q0995=

METAR EEKE 012150Z AUTO 01016KT 9999NDV BKN010 OVC016 M04/M05
Q0995=

METAR EEKE 012250Z AUTO 02017KT 9999NDV -SN OVC011 M04/M05
Q0996=

METAR EEKE 012350Z AUTO 02014KT 350V050 9999NDV -SN OVC013
M04/M06

Lisa 3. WMO poolt koostatud tabel nähtavuskauguse analüüsiks

AERONAUTICAL CLIMATOLOGY

C.3.2 – Att – 3

ATTACHMENT

MODEL B

AERODROME CLIMATOLOGICAL SUMMARY
TABULAR FORM MODEL B

AERODROME _____ MONTH: _____ PERIOD OF RECORD: _____

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: _____

LATITUDE _____ LONGITUDE _____ ELEVATION ABOVE MSL: _____ M

FREQUENCIES (PER CENT) OF VISIBILITY BELOW SPECIFIED VALUES (IN METRES) AT SPECIFIED TIMES								
TIME (UTC)	VISIBILITY							
	< 200	< 400	< 600	< 800	< 1500	< 3000	< 5000	< 8000
00								
01								
02								
03								
.								
.								
.								
.								
.								
.								
.								
.								
22								
23								
MEAN								

NOTE: Frequencies at three-hourly intervals may suffice to describe the main climatological features.

2004 edition

Lisa 4. WMO poolt koostatud tabel pilvede alumise piiri kõrguse analüüsiks

C.3.2 – Att – 4

AERONAUTICAL CLIMATOLOGY

ATTACHMENT

MODEL C

AERODROME CLIMATOLOGICAL SUMMARY
TABULAR FORM MODEL C

AERODROME _____ MONTH: _____ PERIOD OF RECORD: _____

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: _____

LATITUDE _____ LONGITUDE _____ ELEVATION ABOVE MSL: _____ M

FREQUENCIES (PERCENT) OF THE HEIGHT OF THE BASE (IN METRES) OF THE LOWEST CLOUD LAYER OF BKN OR OVC EXTENT BELOW SPECIFIED VALUES AT SPECIFIED TIMES						
TIME (UTC)	H _s					
	< 30 (100 ft)	< 60 (200 ft)	< 90 (300 ft)	< 150 (500 ft)	< 300 (1 000 ft)	< 450 (1 500 ft)
00						
01						
02						
03						
.						
.						
.						
.						
.						
.						
.						
.						
22						
23						
MEAN						

NOTE: Frequencies at three-hourly intervals may suffice to describe the main climatological features.

2004 edition

Lisa 5. WMO poolt koostatud tabel lennuvälja temperatuuri analüüsiks

C.3.2 – Att – 6

AERONAUTICAL CLIMATOLOGY

ATTACHMENT

MODEL E

AERODROME CLIMATOLOGICAL SUMMARY
TABULAR FORM MODEL E

AERODROME: _____ MONTH: _____ PERIOD OF RECORD: _____

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS: _____

LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____ ELEVATION ABOVE MSL: _____ M

FREQUENCIES (PER CENT) OF SURFACE TEMPERATURE (SCREEN) IN SPECIFIED RANGES OF 5°C AT SPECIFIED TIMES									
TIME (UTC)	TEMPERATURE								
	-10 -- -5	-5-0	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
00									
01									
02									
03									
.									
.									
.									
.									
.									
.									
.									
.									
.									
22									
23									
MEAN									

NOTE1: The range 5-10 comprises the values 5.0 to 9.9 inclusive.

NOTE2: Frequencies at three-hourly intervals may suffice to describe the main climatological features.

2004 edition