

Sven-Erik Enno

VÄLK JA PAUK



elav teadus

Toimetaja Triin Olvet
Keeletoimetaja Helve Hennoste
Kujundaja Jan Garshnek
Graafik Piia Maiste

© Sven-Erik Enno ja kirjastus Argo, 2019
Kaanefoto © Jüri Voit
Kõik õigused kaitstud

ISBN 978-9949-607-88-4

www.argokirjastus.ee

Trükitud trükikojas Print Best

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. ÄIKESE KOOSTISOSAD JA TEKKETINGIMUSED	11
Öhk ja atmosfäär	11
Ilma kujunemine	17
Öhumassid	18
Frondid	19
Kõrg- ja madalrõhkkonnad	23
Vesi atmosfääris	26
Kui palju on õhus vett?	31
Õhu adiabaatiline jahtumine ja pilvede teke	36
Kuidas tekivad tõusvad õhuvoolud?	44
Öhumassi stabiilsuse mõiste	48
2. ÄIKESEPILV	57
Äikesepilv kui üks pilveliik	57
Äikesepilve arengutsükkel	62
Äikesepilve tüübid	73
Lihtäikesepilv	73
Liitäikesepilv	75
Üliäikesepilv	78
Konvektiivsüsteemid	81
Äikesepilve mitmepalgeline välimus	86
Äikesepilvede liikumise mõistatus	94
Ohtlikud äikesenähtused	99
Tormituul ehk pagi	99
Tornaadod ja vesipüksid	107

<i>Rahe</i>	116
<i>Paduvihm</i>	120
3. VÄLK	123
Laetud osakesed ja elekter	123
Elektriväli ja staatiline elekter	129
Äikesepilve jäine elektrigeneraator	131
Välkude mitmekesisus	136
Pilv-maa-välg aegluubis	141
Üks välg löhub, teine põletab	149
Välg selgest taevast ehk positiivne pilv-maa-välg	153
Maa-pilv-välgud	156
Pilvevälkude saladused	157
Välgu kuju, värvus ja nähtavad erimid	162
Miks välgu energiat ei kasutata?	168
Müristamine	170
Eksootilised välgu- ja elektrinähtused	175
Keravälg	182
4. ÄIKESE JA VÄLGU UURIMINE	193
Äikesevaatlused meteojaamades	193
Välg kui raadiolainete allikas	196
Välguloendurid	200
Eri tüüpi välgudetektorite võrgustikud	202
Reaalajas välguandmed internetis	211
Välgudetektorite võimekus ja piirid	213
Välgudetektorite vigade allikad	218
Välguvaatlused kosmosest	222
Täppisvaatlused ja välgu tekitamine	225
5. ÄIKE MAAILMAS JA EESTIS	229
Äikese ja välgu esinemine maailmas	229
Troopikaäikesed	233

Maailma kõige äikeselisem paik	237
Parasvöötme äikesed ja Euroopa äikesekliima	240
Eesti äikesekliima	248
<i>Äikese ja välgu territoriaalne jaotus Eestis</i>	248
<i>Äikese ja välgu aastaajaline jaotus Eestis</i>	256
<i>Äikese ja välgu kellaajaline jaotus</i>	265
<i>Kas Eesti äikesekliima on muutunud?</i>	267
Äike ja soojenev kliima	272
6. ÄIKESEOHUD JA NENDE VÄLTIMINE	277
Kus ja kuidas pikne pahandust teeb?	277
Välg tapab seitsmel viisil	280
Kui välg tabab	288
... <i>inimest</i>	288
... <i>hoonet</i>	291
... <i>elektriliini</i>	293
... <i>puud</i>	296
Ohutu käitumine äikese korral	299
<i>Äikeseohutus siseruumides</i>	301
<i>Äikeseohutus väljas</i>	304
Kuidas töötab piksevarras?	314
Äikesekartus ja äikeseastma	318
Äikese ja välgu kasulikkus	321
7. KUIDAS ÄIKEST VAADELDA?	325
Millega tegeleb Eesti äikese- ja tormivaatlejate võrk?	325
Kuidas vaatlustes osaleda?	327
<i>Vaatleja ja vaatluskoha andmed</i>	330
<i>Ajaandmed</i>	331
Äikesevaatluste juhised	333
<i>Mis on äike?</i>	333
<i>Äikese kirjeldamine</i>	333
<i>Tavalisemad küsimused ja vead</i>	334

Muude ohtlike ilmanähtuste vaatlused	335
<i>Tormituul</i>	<i>336</i>
<i>Gustnaado ehk pagikeeris</i>	<i>339</i>
<i>Tornaado</i>	<i>341</i>
<i>Vesipüks</i>	<i>344</i>
<i>Lehterpilv</i>	<i>345</i>
<i>Tuulispask ehk tolmukeeris</i>	<i>346</i>
<i>Rahe</i>	<i>349</i>
<i>Paduvihm</i>	<i>351</i>
<i>Välgukahjustus</i>	<i>352</i>
<i>Jää- või lumeladestus</i>	<i>354</i>
<i>Ekstreemne lumesadu või lumetorm</i>	<i>357</i>
<i>Kahjustuste kirjeldamine</i>	<i>359</i>
<i>Infoallikad</i>	<i>362</i>
Pabertabelite kasutamine	362

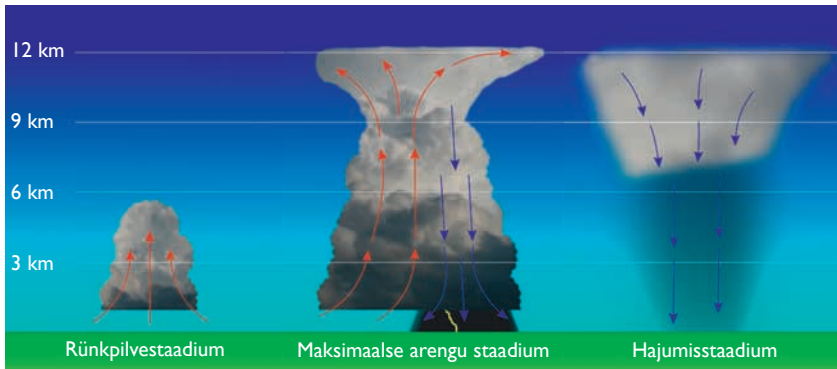
vihma, mille tunneb ära väikeste piiskade järgi, mis veepinnale ringe ei tekita. Kihtsajupilved (lad *Nimbostratus*) ei erine välimuselt oluliselt kihtpilvedest, kuid toovad kaasa märkimisväärse vihma-, lörtsi- või lumesaju. Sadu kestab tunde ja taevas on pikka aega ühtlaselt pilvedega kaetud.

Vertikaalse arenguga pilved jagunevad rünkpilvedeks ja rünksaju- ehk äikesepilvedeks. Erinevalt teistest pilveliikidest on neile omane tugev õhu vertikaalne liikumine ehk tõusvad ja laskuvad õhuvoolud. Mõlemad liigid algavad sarnaselt alumise kihi pilvedega madalamalt kui kaks kilomeetrit, kuid nende tipud võivad ulatuda kõrgemale ülemise kihi pilvedest. Rünkpilved (lad *Cumulus*) on valged kuhilataolised pilved, mille alus on võrdlemisi sile ja ülaosa kobrutav. Madalad rünkpilved meetavad lambavilla, võimsad rünkpilved on välimuselt tornjad ja nende tipud ulatuvad juba viie-kuue kilomeetri kõrgusele. Rünkpilved tavaliselt sademeid ei anna, kuid võivad soodsates oludes kasvada enam kui kümne kilomeetri kõrgusteks rünksaju- ehk äikesepilvedeks (lad *Cumulonimbus*), mille arengut, ehitust ja huvitavaid omadusi on järgnevalt lähemalt tutvustatud.

ÄIKESEPILVE ARENGUTSÜKKEL

Äikesepilvele on omane kindel arengutsükkel, mis jaguneb kolmeks osaks: rünkpilve-, maksimaalse arengu ja hajumisstaadium (joonis 33). Tsükli teevad läbi kõik piksepilved olenemata asukohast (parasvöötmes või troopikas) ja tekkepõhjusest (õhumassisisene, frontaalne või orograafiline). Kaugemal tekkinud äikesepilv võib vaatevälja ilmuda ka väljaarenenud kujul või isegi hajumisstaadiumis ja sel juhul jääb osa arengutsüklilist lihtsalt nägemata. Eriti tavaline on see suuremate äikesekogumite korral, mis läbivad pikki vahemaid.

Parim võimalus äikesepilve arengut algusest lõpuni jälgida on palavatel suvepäevadel tekkivate õhumassisiseste äikeste korral. Hommikul on taevas täiesti selge või vähese pilvisusega. Pärastlõunase äikese kuulutajaks võivad olla sakmelised või tornjad kõrgrünkpilved (*Altocumulus castellanus*), mis viitavad õhumassi ebastabiilsusele kahe kuni kuue kilomeetri



Joonis 33. Äikesepilve arengutsükel.

Idee: <https://climate.ncsu.edu/edu/Thunderstorm>, Piia Maiste joonis.

kõrgusel. See tähendab, et kui rünkpilvede tipud kerkivad pärastlõunal nii kõrgele, saab nende tõus hoogu juurde ja äikese teke lähema 8–12 tunni jooksul on tõenäoline. Mõnikord on hommikutaevas näha eelmise päeva äikesepilvede lagunemisest jäänud kiud- ja kiudkihtpilvi.

Sedamööda, kuidas hommikupäike taevast üha kõrgemale tõuseb ja maapinda soojendama hakkab, käivitab aluspinna ebahülgeline soojenemine tõusvad õhuvoolud. Nähtavaks muutuvad need tavaliselt lõuna paiku, kui tõusev õhk on jõudnud nii kõrgele, et selles sisalduv veeaur hakkab kondenseeruma pilvedeks. Taevasse ilmuvad rünkpilved tähistavad äikesepilve arengutsükli esimest staadiumit.

Rünkpilvestaadiumi alguses on taevast näha vaid üksikuid madalaid lambavilla meenutavaid rünkpilvi (lad *Cumulus humilis*), mille laius ületab kõrgust 2–3 korda. Tõusvate õhuvoolude kiirus nendes pilvedes on 1–2 m/s ja pilvetipud jäävad 1,5–2 kilomeetri kõrgusele. Üldiselt ilmuvad rünkpilved hajusalt üle kogu taeva. Madalaid rünkpilvi nimetatakse ka ilusa ilma rünkpilvedeks, sest harilikult katavad need vaid väikese osa taevast ja ilm püsib valdavalt päikeseline.

Esimesed taevasse ilmuvad rünkpilved on tavaliselt lühiajalised. Enamasti ammendub tõusva õhuvoolu energia varsti pärast pilve moodustumist ja koos sellega lakkab ka pilvepiisakeste teke. Pilvede kõrgusel on õhk tavaliselt kuivem kui maapinna lähedal, seega aurustuvad juba tekkinud



Joonis 34. Esimesed taevasse ilmuvad rünpilved on madalad ja võivad meenutada lambavilla.

piisakesed võrdlemisi kiiresti ja pilv hajub. Kiirendatud videotelt võib tihti näha, et korraga on taevas nii tekkivaid kui ka hajuvaid ilusa ilma rünpilvi.

Kui õhumassis valitsevad äikese arenguks soodsad tingimused, muutuvad tõusvad õhuvoolud pidevalt soojeneva maapinna kohal järjest tugevamaks, tõusevad aina kõrgemale ja kondenseeruva veeauru hulk suureneb. Selle tulemusena kasvavad madalad rünpilved kõrgemaks, kuni pilve laius ja kõrgus on enam-vähem võrdsed. Siis on tegu keskmiste



Joonis 35. Ilusa ilma rünpilved paiknevad tavaliselt hajusalt üle taeva.



Joonis 36. Keskmiste rünpilvede alus ja kõrgus on enam-vähem võrdse pikkusega.

rünpilvedega (lad *Cumulus mediocris*), mille sees tõuseb õhk kiirusega 3–6 m/s. Selliste pilvede tipud ulatuvad 2–3 kilomeetri kõrgusele. Sarnaselt madalate rünpilvedega jääb ka keskmiste rünpilvede vahele tavaliselt palju selget taevast ja ilm püsib ilus.

Edasise arengu käigus kasvavad keskmised rünpilved võimsateks tornjateks rünpilvedeks (lad *Cumulus congestus*). Võimsa rünpilve kõrgus ületab pilve laiust kaks kuni kolm, vahel enamgi korda. Tõusvad õhuvoolud pilve sees saavutavad kiiruse 6–10 m/s ja pilvetipud kerkivad 4–5 kilomeetri kõrgusele. Erinevalt madalatest ja keskmistest rünpilvedest, mis on värvuselt valkjad või kergelt hallikad, omandab võimsate rünpilvede alaosa juba tumedama varjundi. Samuti läheb taevast tornjate rünpilvede edasisel arengul pilvisemaks ja päikest on näha vähem. Suuremad, alt tumenevad võimsate rünpilvede kogumid



Joonis 37. Võimsa (tornja) rünpilve kõrgus ületab tunduvalt aluse pikkuse.



Joonis 38. See fotoseeria näitab hoogsalt kasvavat keskmist rünkpilve, millest vähem kui kümne minutiga sai võimas rünkpilv. Rünkpilve nii kiire kasv ennustab peaaegu alati äikest.

annavad juba selge äikesehoiatuse. Sellistest kogumitest võib langeda isegi üksikuid vihmapiisku, kuigi tavaliselt rünkpilved sademeid ei anna.

Madalate rünkpilvede areng keskmisteks ja sealt edasi võimsateks rünkpilvedeks on üsna aeglane ja võib võtta tunde, kuid võimsast rünkpilvest võib äikesepilv saada vaid paarikümne minutiga. Sel ajal toimuvad olulised muutused, mis peegelduvad ka pilve välimuses. Järjest tugevnevates tõusvates õhuvooludes kasvab pilve tipp aina kõrgemaks ja tungib troposfääri ülaosa mitmekümnekraadisesse pakasesse. Seal hakkavad veepiisad massiliselt külmuma jääkristallideks: pilve tipp jäätab. Pilve jälgides võib märgata, kuidas selle ülaosa teravad kobrutavad piirjooned muutuvad ühtäkki häguseks ja kergelt narmendavaks.

Samal ajal suureneb järjest tõusvate õhuvooludega pilve kantud ja seal kondenseerunud veeauru hulk. Vett on külluses, seega kasvavad väikestest pilvepiisakestest ja jääkristallidest järjest suuremad lumekruubid ning vihmapiisad, mida tõusvad õhuvoolud lõpuks enam kanda ei suuda. Eemalt pilve jälgides võib näha, kuidas algul ilmuvad selle alla üksikud kerged langeva vihma jooned, mis mõne minutiga tihenevad ja lõpuks ühtseks tumedaks läbipaistmatuks „vihmaseinaks“ ühinevad. Langevad vihmapiisad tõmbavad endaga kaasa ka õhku ja tõusvate õhuvoolude kõrvale ilmuvad laskuvad õhuvoolud, mis koonduvad pilve alla moodustunud sajutsooni.



Joonis 39. See alt tumenevate võimsate rünpilvede kogum Võrumaa idaosa kohal ennustab lähenevat äikest.



Joonis 40. Areneva rünpilve tipp on hakanud jäätuma, mistõttu piirjooned on muutunud narmendavaks.



Joonis 41. Sajutsooni teke võib olla väga kiire. Esimesed vihmapiisad muudavad pilve alaserva vaevu aimatavalt häguseks (ülemine foto), kuid juba viis minutit hiljem on moodustunud horisondini ulatuv läbipaistmatu vihmmasein (alumine foto).

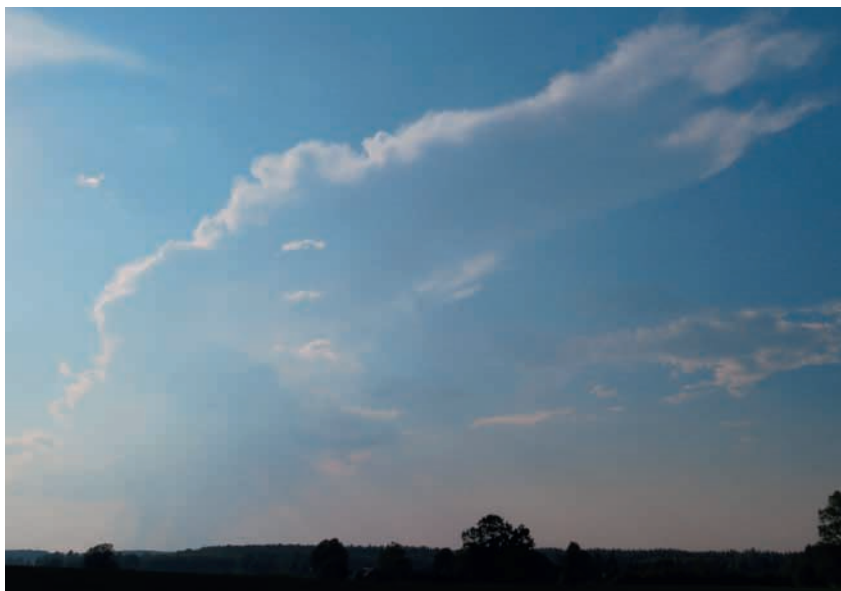
Käsi käes pilve tipu jäätumise ja sademete tekkega saab hoo sisse pilve elektriseerumine, mida on käsitletud lähemalt kolmandas peatükis. Sage-damini ilmuvad esimesed välgud mõne minuti jooksul pärast tugeva saju algust. Pilve tipu jäätumine koos sademete ja välkude ilmumisega näitab ühtlasi pilve jõudmist maksimaalse arengu staadiumisse.

Maksimaalse arengu staadiumis saavutab äikesepilv suurimad mõõtmed ja intensiivsuse. Pilve tipp ulatub troposfääri ülapiirile või isegi tropopausi ehk Eesti oludes 10–12 kilomeetri, troopikas vahel isegi kuni 20 kilomeetri kõrgusele. Kõrgemaks see enam kasvada ei saa, sest troposfääri kohal paiknev stabiilne õhukiht ehk tropopaus peatab õhu edasise kerkimise. Selle asemel hakkab tipp hoopis külgsuunas laiali valguma. Sellele aitavad kaasa troposfääri ülapiirile iseloomulikud tugevad tuuled, mis haaravad kaasa pilve ülaossa kogunenud kerged jääkristallid. Lõpptulemusena meenutab äikesepilve ülaosa lehvikut või sepaalast, mis võib mõnikord venida kümnete kilomeetrite pikkuselt allatuult. Harvemal juhul, kui tuul troposfääri ülaosas on nõrk, võib äikesepilv eemalt vaadates meenutada tuumaplahvatusel tekkivat seenekujulist pilve, sest selle tipp laieneb igas suunas enam-vähem võrdselt.

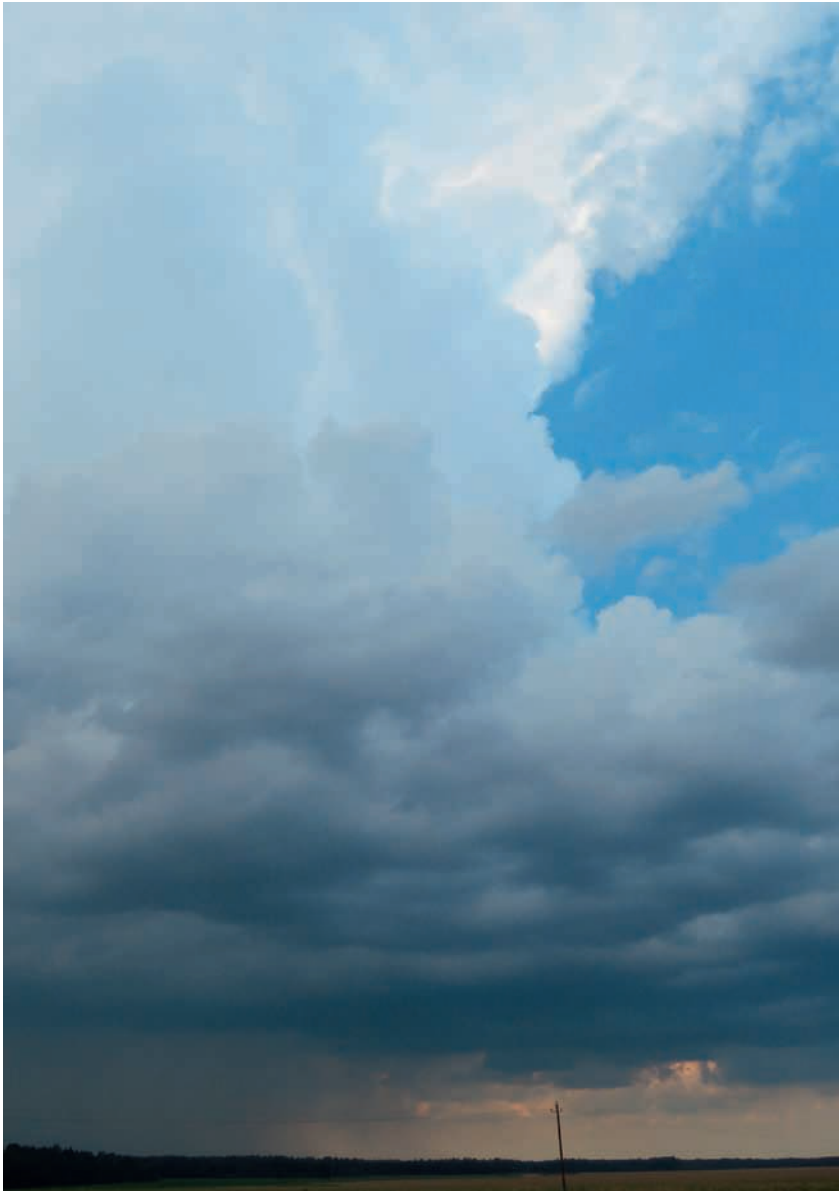
Pilve horisontaalne läbimõõt ulatub kilomeetritesse ning tõusvad ja laskuvad õhuvoolud saavutavad maksimaalse kiiruse, sageli 20–30 m/s, kuid eriti tugevates äikesetormides võivad need olla isegi kaks korda tugevamad. Samal ajal esinevad pilvealuses sajutsoonis võrreldava kiirusega laskuvad õhuvoolud. Tugevate tõusvate ja laskuvate õhuvoolude koosmõjul vallanduvad pilve all ja ümbruses puhangulised tuuled. Äike ja vihmasedu saavutavad suurima intensiivsuse, mõnikord sajab ka rahet.

Äikesepilve maksimaalse arengu staadium ei kesta kaua. Tavaliselt haaravad laskuvad õhuvoolud 15–30 minutiga kogu pilve ja lõikavad läbi seda niiskuse ning energiaga varustavad tõusvad õhuvoolud. See muutus tähistab äikesepilve jõudmist hajumise staadiumisse.

Hajumise staadiumi alguses on sadu veel tugev varem tekkinud vihmapiiskade tõttu ja seda saadavad välgud. Uute vihmapiiskade moodustumine lõppeb, sest sooja niisket õhku pilve enam juurde ei voola. Veevaru ammendub peagi; vihmasedu koos äikesega nõrgeneb ja lakkab.



Joonis 42. Maksimaalse arengu staadiumisse jõudnud äikesepilve tipp valgub külgsuunas laiali (ülemine foto © Jüri Voit) või venib kümneid kilomeetreid allatuult.



Joonis 43. Äikesepilv on muljetavaldavalt kõrge, ulatudes mõnesaja meetri kõrgusel paiknevast tumedast alaosast 10–12 kilomeetri kõrgusele küündiva heledama pilvetipuni.