

§ 1. Lühike retrospektiivne ülevaade.

Esimesi atmosfääri elektrijuhtivuse uurimisi toimetas Coulomb a. 1785. Ta näitas, et laetud konduktor kaotab õhus kiiremini või aeglasemalt oma laengu ja et seda laengu kadu tuleb seletada mitte ainult isolatsiooni puudustega, vaid ka „elektri hajumisega“ õhku. Ligemale 100 aastat püsis see uurimisala puutumatu, ilma et keegi temaga oleks põhjalikumalt tegelnud; selle tõttu püsis ka ekslik vaade, nagu juhiks niiske õhk elektrit paremini kui kuiv, ja niivõrd kindlalt, et sellekohaseid väheseid vastupidiseid tulemusi, mis olid saavutanud C. Matteucci⁹ a. 1849 ja E. Warburg¹² a. 1872, ei arvestatudki. Alles a. 1887 tõestas F. Linss suure hulga vaatluste varal, et elektri hajumine on selge ilma korral kuivas õhus suurem kui niiskes; ka avastas ta elektri hajuvuse korrapäraseid muutusi olenevalt aastaajast⁸. Sel ajal ei osatud aga veel neid nähtusi põhjendada ja alles I. Elster ja H. Geitel leidsid 1899. a. nende nähtuste rahuldava seletuse õhu ionisatsioonis².

Nüüd järgnes terve rida õhu juhtivuse ja ionide tiheduse uurimisi, milledest oleks silmapaistvamatenäna nimetada järgmiste autorite töid: I. Elster, H. Geitel, A. Gockel, H. Ebert, C. Dorno, H. Gerdien, J. Zeleny, W. F. G. Swann, A. Wigand, C. W. Hewlett, E. Schweidler, V. Baranov, P. Langevin, V. Hess, H. Benndorf, A. Speranski, A. Pollock; samuti on suure töö sooritanud ka Carnegie Institution'i ekspeditsioonid uurimisläeval „Carnegie“ selle mitmekordsete reisude kestel ookeanidel. Need tööd korraldati peamiselt atmosfääri keskmise ionisatsiooni kindlaksmääramiseks kas lühemate või pikemate vaatlusperioodide kestel või selleks, et kindlaks teha ionide tiheduse olenevust meteoroloogilistest elementidest. Kahel viimasel aastakümnel hakati huvi tundma ka ioniseeritud gaaside mõju vastu elava organismi funktsioonidele. Vastavate uurimuste tulemustest nimetame järgmised:

1) Tugevasti ioniseeritud õhk võib edendada lindude sulgede kasvu (Bettmann a. 1930); teissuguse ionide tiheduse korral võivad kanadel

suled üldse välja langeda ja munemisevõime kaduda, nagu selgus Arženka sovhoosis 1931. a. teostatud katsetest ¹¹ (lk. 184).

2) Negatiivselt ioniseeritud õhk vähendab bakterite virulentsust — Bernstein ¹¹ (lk. 199).

3) Õhu negatiivsed ioonid avaldavad närvikavale ergutavat mõju, tõstes organismi üldist erksust. Positiivsed ioonid seevastu avaldavad depressiooni tekitavat, rõhuvat mõju. Happel'i uurimised 1931. a. tõestavad psühhofüüsiliste võimete langust positiivsete ionide mõjul: positiivselt ioniseeritud õhus teeb üks ja seesama isik rohkem vigu nähtud arvude rea meeldetuletamisel kui viibides negatiivselt ioniseeritud õhus ¹¹ (lk. 206).

4) Ka kunstlikult ioniseerimata õhus, milles tuleb inimesel kestva viibida, kutsuvad ionide arvu järsk tõus esile patoloogilisi nähtusi, mis sarnanevad mägitõvega (kõrgemad õhukihiid on tugevasti ioniseeritud); seevastu on kestvate udude ajal, mil ionide tihedus on hoopis väike, märgata üldist füüsilist roidumust, metabolismi nõrgenemist ja psüühilist depressiooni ¹¹ (lk. 205).

§ 2. Töö ülesanne ja tema teostamine.

Töö ülesandeks on 1) anda ülevaadet molioonide tiheduse muutmisest Tartus 1937. a., vaadeldes kirjeldavalt tema ööpäevast ja aastast käiku; 2) näidata ettetulnud häireid molioonide tiheduse muutumises, selgitada nende põhjusi ja 3) leida matemaatiline seos meteoroloogiliste elementide ja molioonide tiheduse vahel.

Vaatlused on teostatud aspiratsioonimeetodi kohaselt Gerdien'i aparaadiga ^{3:6}, mida eelistasin Ebert'i aparaadile ¹, Tartu linnas ($\lambda = 26^{\circ}43'$ idapikkust, $\varphi = 58^{\circ}23'$) merepinnast 69 m ja maapinnast 5 m kõrgusel ajavahemikus 01. 01. 1937. a. kuni 04. 01. 1938. a. Aspiraatoriks oli plekkтору $L = 60$ cm, $R = 8$ cm, mille teljeks vaskvarb $l = 30$ cm, $r = 0,45$ cm; viimane oli ühenduses Elster'i ja Geitel'i poolt täiendatud Exner'i elektromeetriga. Aspiraator oli maandatult üles seatud maandatud plekk-katusega lahtisele verandale, olles seega kaitstud segavate Maa elektrivälja mõjude eest.

Vaatlusi toimetati iga päev kell 07, kell 15 ja kell 21 Ida-Euroopa aja järgi ja iga niisuguse vaatluskolmiku aritmeetiline keskmine on võetud igapäevase ionide tiheduse keskmise suurusena. Kogu aasta keskmine ionide tihedus on antud üksikute päevade tiheduste aritmeetilise keskmisena.

Erakorraliste atmosfääriliste tingimuste, nagu äikeste korral on mõõtmisi toimetatud vahetpidamata kestusega 2—5 min.; loomulikku hajumist sellise lühikese aja jaoks ei arvestatud.

Kokku on teostatud 2000 vaatlust ja 630 ettevalmistavat harjutusvaatlust.

Raskustest, mis mõõtmistel ilmsiks tulid, oli peamise tähtsusega põhjast lahtise elektromeetri niiskumine. Selle vastu võitlemine kas kloorkaltsiumi või naatriumi abil ei andnud tulemusi; alatiselt lahtisel verandal asetseva aparaadi korralik kuivatamine, eriti niiskete ööde järel, ei õnnestunud ka mitte kloorkaltsiumiga kuivatatud õhu läbipuhumise teel ega naatriumi appivõtmisel. Harjutuskatsete ajal oktoobri algul 1936. a. ei eemaldunud niiskunud lehekesed enam keskvardast; elektromeeter tuli lahti võtta ja korraldada. Selle järel ümbritsesin elektromeetri metallkesta kordeltraadiga, millesse juhtisin vahet pidamata voolu (14 W) oktoobrist 1936 kuni jaanuari alguseni 1938. Nii hoidus elektromeeter ca 10^0 kõrgemal temperatuuril kui teda ümbritsev õhk, relatiivne niiskus elektromeetris langes ja auru kondensatsiooni elektromeetri sisemuses ei tekkinud, mille tõttu laengu loomulik hajumine kahanes ligi 4-kordselt. Tundub, et see võte on sobivaim töötamisel vabas õhus.

Vahetevahel suvel segasid tegevust pisikesed ämblikud, kes toru sisemusest tõmbasid vardale üksiku niidi, maandades seega elektromeetrit ja suurendades loomulikku hajumist.

Päikesekiirte segava, peamiselt termilise mõju vastu kaitsmiseks oli aparaat varjatud plekk-ekraaniga; sama kate varjas aparaati ka sademete eest.

Öösiste vaatluste korral kasutati skaala valgustamiseks hõõglampi ja elektromeetrilehekeste valgustamiseks huumlampi.

§ 3. Ioonide tiheduse ööpäevane muutumine.

Ioonide tiheduse ööpäevase muutumise kindlakstegemine toimus 4 vaatlusperioodil, igaüks 15 ööd-päeva.

a) Talvine vaatlusperiood.

Talvise vaatlusperioodi kestel 30. jaanuarist kuni 13. veebruarini 1937 (incl.) toimetati vaatlusi enamasti iga 3 tunni tagant, kogusummas 125 vaatlust.

Vaatlusaegne ilmastik oli iseloomult talvine. Ta langes ajale, mil 1937. a. valitses kõige madalam temperatuur, ulatudes kuni -20° C (30. 01.), ent samuti kuulus sinna perioodi ka üks sula (05. 02.—07. 02. incl.) sellele järgnenud külmenemisega.

Andmete läbitöötamisel selgus, et öösiti on ionide tihedus ligi 2—5 korda suurem kui päeval, ulatudes keskmiselt kuni 1000 iooni/cm³, kuna päeval on ta ca 200—500 iooni/cm³. Maksimaalne on ionide arv õhus kella 02—03 ajal: 1020 +iooni/cm³ ja 950 —iooni/cm³; siis algab ionide tiheduse kahanemine, mis saavutab esimese miinimumi kella 08—09 paiku: ca 330 +iooni/cm³ ja 260 —iooni/cm³; sellele järgneb tõus kella 12-ni, saavutades 460 +iooni/cm³ ja 420 —iooni/cm³. Järgneb järsk langus ööpäevase minimaalse väärtuseni, mis on kella 13 ümber ca 200 +iooni/cm³ ja 190 —iooni/cm³. Siit peale algab ionide arvu aeglane tõus, milles on näilikut väike pidurdus kella 19 paiku.

Kui võrrelda positiivsete ja negatiivsete ionide tiheduste muutumist öö-päeva kestel, siis võib julgesti väita, et see toimub peaaegu käsi-käes. Samuti on ühtivad ka nende maksimumide ja miinimumide ajad. Üldiselt on negatiivsete ionide arv väiksem võrreldes positiivsetega. Ülevaatlikkuse mõttes esitan siinjuures üksikute kellaegade jaoks keskmise unipolaarsuse koefitsiendi $Q_n = \frac{N_+}{N_-}$, mis iseloomustab positiivsete ja negatiivsete ionide vahekorda iga täistunni jaoks.

Tabel 1.

Kella-aeg	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Q_n	1,14	1,19	1,07	1,10	1,17	1,10	1,36	1,27	1,03	1,07	0,94	1,10
Kella-aeg	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q_n	1,16	0,97	1,09	1,03	1,06	0,88	1,06	1,16	0,91	0,91	0,94	0,94

Üksikute vaatluste ajal saadud resultaadid paigutuvad võrdlemisi korrapäraselt, s. t. puuduvad järsud hüpped nii suurenemise kui vähenemise suunas.

b) Kevadine vaatlusperiood.

Kevadine vaatlusperiood kestis 17.—31. 03. 37. (incl.) ja kogusummas on tema kestel teostatud 249 vaatlust.

Vaatlusaegses ilmastikus oli järske temperatuuri kõikumisi, sade-meid, öökülma jne.

Öösiste ja päevaste vaatluste keskmiste tulemuste erinevused on vähemad kui talvel. Öösi on maksimaalne ionide tihedus nimelt 2,5 korda suurem kui päevane minimaalne, kõikudes ca 1100 ja 400 iooni/cm³ vahel. Ionide tiheduse maksimum on kella 02 ümber, sealt peale toimub langus kuni kella 09-ni, mil on ka päevane minimaalne ionide tihedus 410 +iooni/cm³ ja 410 —iooni/cm³; sellele järgneb ajutine tõus kella 11-ni, millal ionide arv tõuseb 550 +iooni/cm³ ja 580 —iooni/cm³, ja hiljem langus, mis kestab kella 13—14-ni, ionide tihedusega ca 450 +iooni/cm³ ja 510 —iooni/cm³; sellele järgneb tõus, mis, samuti nagu talvisegi perioodi ajal, näitab kahanemistendentsi kella 19 ja 20 vahel.

Ka kevadisel vaatlusperioodil on negatiivsete ionide arv üldiselt väiksem positiivsete omast, kuid mingit kindlat seost unipolaarsuse koefitsiendi ja kellaaja vahel, nagu see ligipandud tabelist näha, on võimatu välja lugeda. Unipolaarsuse koefitsient kõigub 1 ümber, olles üldiselt veidi suurem kui 1.

Tabel 2.

Kella-aeg	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Q _n	1,00	0,97	0,94	1,00	1,01	1,30	1,22	1,20	1,00	1,06	0,95	1,08
Kella-aeg	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q _n	0,88	1,02	1,05	1,08	1,02	0,98	1,03	0,96	1,03	1,03	1,00	1,02

Üksikute vaatluste tulemused ei näita eriliselt järske kõikumisi ei suurenemise ega vähenemise suunas.

c) Suvine vaatlusperiood.

Suvisel vaatlusperioodil, mis kestis 12.—27. 07. 37. (incl.), on vastavate vaatluste arv kogusummas 334.

Vaatluste ajal valitsenud ilmastik oli kuum (kuni +28°C) ja rikkalik äikeste poolest. Üksikute vaatluste tulemuste vahel olid tihti-

peale suured lahkumineked, mida saab seletada vaatluskohast üleminevate pilvede erisuguste potentsiaalidega; näit. positiivselt laetud pilv kutsub induktiivselt esile tema all olevas maapinna osas tugevat elektronide kogunemist, mis igasuguste maapinnal olevate teravikkude kaudu leiavad pääseteed õhku, tekitades liitumisel õhu molekulidega negatiivsete ionide ülespoole suunatud püstvoolu. Samal ajal algab, nii pilve positiivse laengu tõukava kui ka maa negatiivse laengu tõmbava mõju tõttu, õhus olevate positiivsete ionide püstvooluline liikumine allapoole, suurendades tunduvalt maapinna läheduses positiivsete ionide kontsentratsiooni. See seletus kinnitub asjaoluga, et kummagi märgi ionide arvu järsud kõikumised käivad rõhuvalt sagedasti rööbiti teineteisega.

Nagu talvisel ja kevadisel vaatlusperioodil, nii toimub ka nüüd mõlemat märki ionide tiheduse kõikumine enam-vähem üheskoos, vähese positiivsete ionide ülekaaluga. Olemasolevate vaatluste najal näib ionide tiheduse maksimum langevat kella 03-le, sest tihti näitab ionide tihedus langust kella 02 ajal võrreldes kella 01 ja 03 aegsete mõõtmiste tulemustega. Kella 03-st peale algab järjekindel ionide tiheduse kahanemine kuni esimese ööpäevase miinimumini kella 08 ajal. Ioonide tihedus ulatub oma maksimumi ajal kell 03 ca $1720 +\text{iooni/cm}^3$ ja $1700 -\text{iooni/cm}^3$ ja langeb kella 08-ks ca $910 +\text{iooni/cm}^3$ ja $900 -\text{iooni/cm}^3$. Sellele langusele järgneb tõus kella 11-ni, mil ionide tihedus saavutab ca $1180 +\text{iooni/cm}^3$ ja $1080 -\text{iooni/cm}^3$; siis toimub järsk langus kella 13-ni, mil ionide tihedus omandab öö-päeva minimaalse väärtuse — ca $740 +\text{iooni/cm}^3$ ja $680 -\text{iooni/cm}^3$. Seega on öösisel maksimaalse ja päevase minimaalse ionide tiheduse suhe $\sim 2,5$, nagu kevadise vaatlusperioodi ajal. Pärast kella 13 kasvab ionide tihedus kella 15-ni õige kiiresti, selle järel tekib silmanähtav kahanemine, mida võis nõrgalt täheldada eelmistegi vaatlusperioodide ajal, kestusega kuni kella 20—21-ni, millele järgneb tõus ööpäevase maksimumi poole.

Korrapäratused, mis esinevad isegi keskmistes andmetes, on seletatavad kiirete ja suurte kõikumistega üksikute mõõtmisanduste vahel, mis tehtud kõrvuti olevate tundide kestel ja mille põhjustajaiks tuleb pidada pilvkatte potentsiaali muutusi; selgete ilmade ajal on ionide tiheduse muutumine palju ühtlasem kui pilves ilmade puhul.

Mis puutub ionide tihedustesse, vaadeldes mõlemat märki ioone korraga, siis ei saa ka siin näidata mingisuguseid aegu, millal oleks

kas ühte või teist märki ioone rõhuvast ülekaalus. Nagu juurdelisatud tabelist näha, kõigub Q_n väärtus kogu aeg 1 ümber, olles sellest keskmiselt veidi suurem.

Tabel 3.

Kella-aeg	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Q_n	1,00	1,03	1,01	0,96	1,05	1,05	1,24	1,01	1,01	1,03	1,09	1,14
Kella-aeg	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q_n	1,09	0,92	1,05	1,00	1,05	0,99	1,09	1,19	0,95	1,00	1,01	1,03

d) Sügisene vaatlusperiood.

Sügisese vaatlusperioodi kestel 12.—26. 10. 1937 incl. on teostatud 349 vaatlust.

Vaatlusperioodi kestel oli ilmastik sügiselt vahelduv: esines öökülmasid, sademeid, tugevat udu ja sompa, sooja ilma, tuuli, vaikust jne., millede mõjud kajastuvad selgesti igatunnistel vaatlustel ja millede juures peatume 5. paragraafis.

Öösiti on ionide tihedus ca 2 korda suurem kui päevaajal, ulatudes keskmiselt ca 1100 iooni/cm³, kuna ta on päeva kestel ca 500—800 iooni/cm³. Maksimaalne ionide tihedus langeb kella 02 peale, nimelt ca 1140 +iooni/cm³ ja 1110 —iooni/cm³, sellele järgneb langus, saavutades kella 08 paiku ööpäevase minimaalse väärtuse: 500 +iooni/cm³ ja 500 —iooni/cm³. Ka edaspidine ionide tiheduse muutumine on üldiselt analoogne teiste aastaaegade omale: peale kella 08 algab tõus, mis kestab kella 12-ni, saavutades 710 +iooni/cm³ ja 650 —iooni/cm³. Nüüd järgneb langus kella 14-ni, millal ionide tihedus on ca 550 +iooni/cm³ ja 560 —iooni/cm³. Siit peale kasvab ionide tihedus uuesti kella 16-ni, ja just eriti sügisel perioodil ilmneb selgesti ionide tiheduse langemine kella 19 paiku, kust peale algab jälle tõus.

Vaadeldes unipolaarsuse koefitsiendi Q_n suurust üksikute kella-aegade keskmiste alusel võime järeldada, et sügisese vaatlusperioodi kestel oli see peaaegu pidevalt üle 1.

Tabel 4.

Kella-aeg	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Q_n	1,08	1,03	1,10	1,11	1,05	1,02	1,03	1,00	1,04	1,08	1,01	1,09
Kella-aeg	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q_n	1,07	0,98	0,96	1,04	1,18	1,04	1,10	0,90	1,08	1,02	1,21	0,96

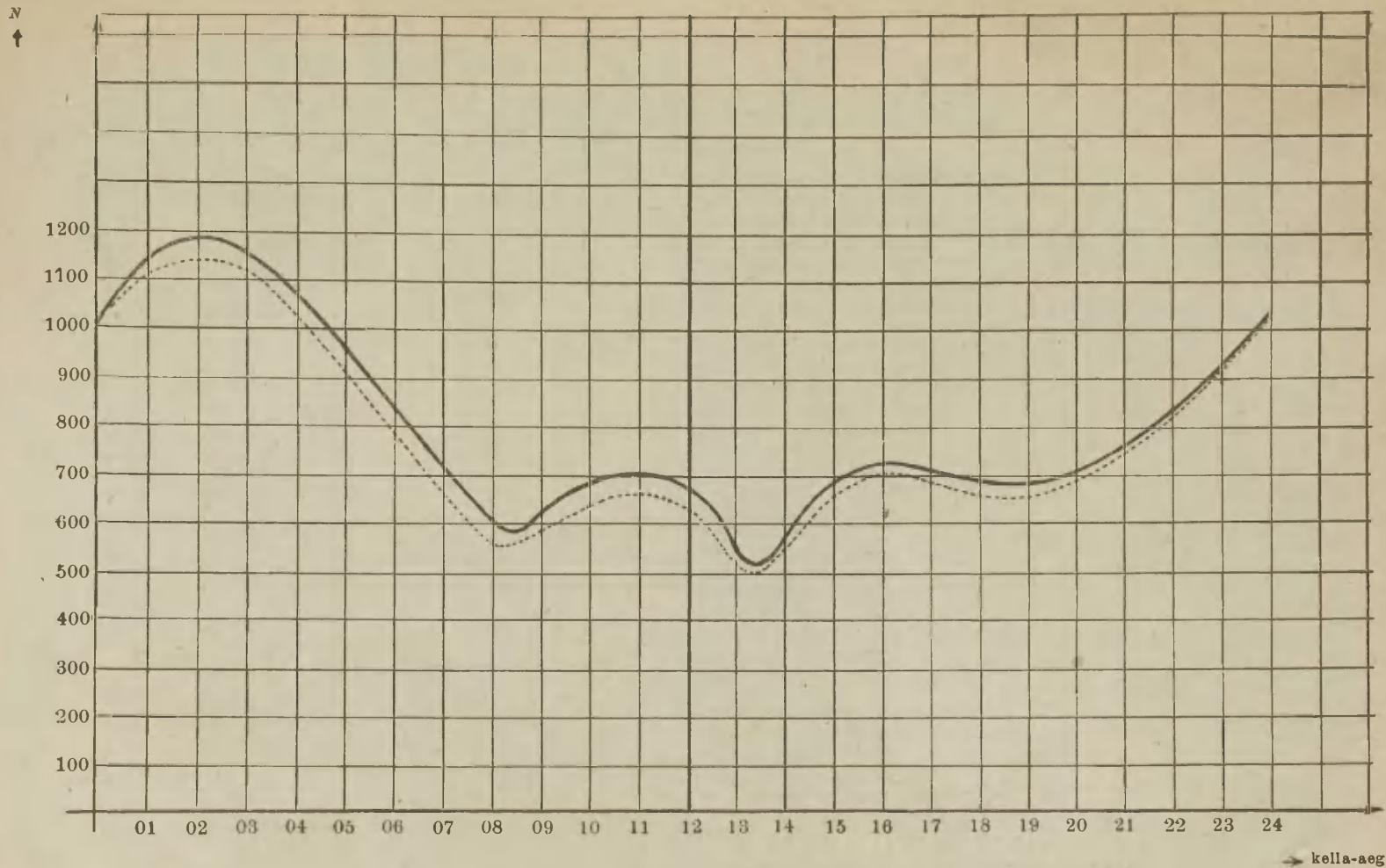
e) Kokkuvõtt.

Kogusummas on teostatud ööpäevase ionide tiheduse käigu määramiseks 60 öö-päeva kestel 1059 vaatlust (73,5% kõigi võimalikkude tundide arvust) ja nende põhjal on antud ka aasta keskmine ööpäevane molioonide tiheduse käik (joon. 1). See keskmiste käik kujutab siiski üsna hästi tõelist ionide tiheduse muutumise iseloomu öö-päeva kestel Tartus 1937. a., sest üksikute aasta-aegade kestel saadud tiheduste muutumise käigud on kuju poolest väga sarnased. Keskmiste andmete põhjal võime väita, et ionide tiheduse peamaksimum on öösi kella 02—03 paiku, esimene miinimum 08—09 paiku, teine maksimum on päeval 11 ja 12 vahel, peamiinimum on kella 13 ja 14 vahel; temale järgneb ionide tiheduse kasvamine, mis kestab umbes kella 16-ni; siis algab pidurdus või isegi kerge kahanemine kella 19—20 paiku, millele järgneb ionide tiheduse kasv peamaksimumi poole. Seega omab ionide tiheduse ööpäevane muutumine Tartus 1937. a. kestel kolmekordset maksimumi ja miinimumi.

Selline nähtuskäigu keeruline kuju näitab, et on tegemist tugevasti häiritud nähtusega. Sellekohased põhjendused on antud § 5-s ionide tiheduste kunstlikkude häirete esilekutsujate kirjelduses.

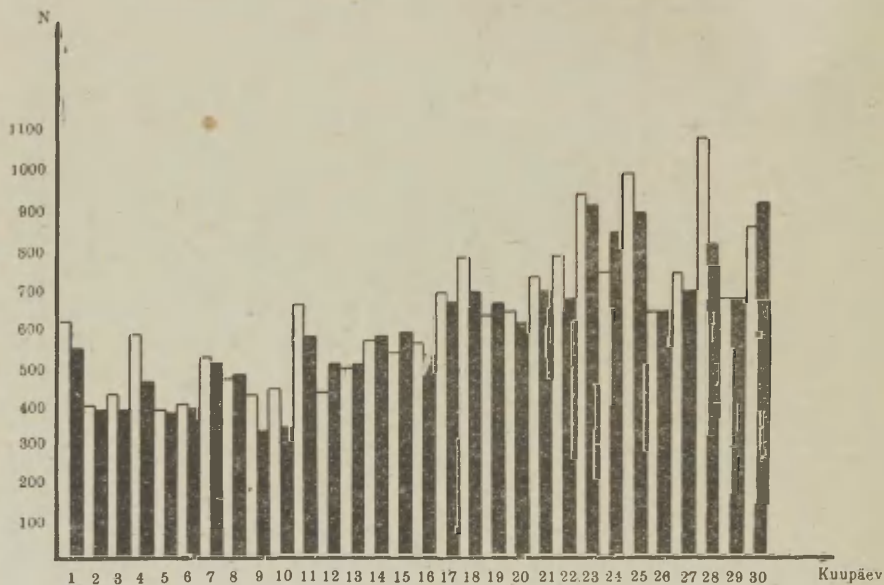
§ 4. Ioonide tiheduse aastane käik.

Ioonide tiheduse aastane käik on võrreldes ööpäevasega kaunis ühtlane. Jaanuaris ja veebruaris olid kuude keskmised võrdsed, märtsis oli väike juurdekasv, aprillis (joon. 2) ja mai kestel kasvasid ionide tihedused kiiresti, maksimum oli juunikuul; juulikuul algas ionide tiheduste alanemine, mis võrreldes tõusuga toimus hoopis aeglasemalt, kuni ionide tihedus lõpuks saavutas miinimumi detsembri-



Joon. 1. Molioonide tiheduse keskmine ööpäevane muutumine Tartus 1937. a. vaatlusandmete põhjal (pidev joon kujutab positiivsete, punktirjoon negatiivsete molioonide tiheduse käiku).

kuus. Selline käik oli nii positiivsete kui ka negatiivsete ionide korral. See asjaolu viitab seosele, mis nähtavasti valitseb keskmise temperatuuri ja ionide keskmise tiheduse vahel, sest ka keskmise temperatuuri tõus oli aprillis ja mais järsk, maksimum oli juuni-



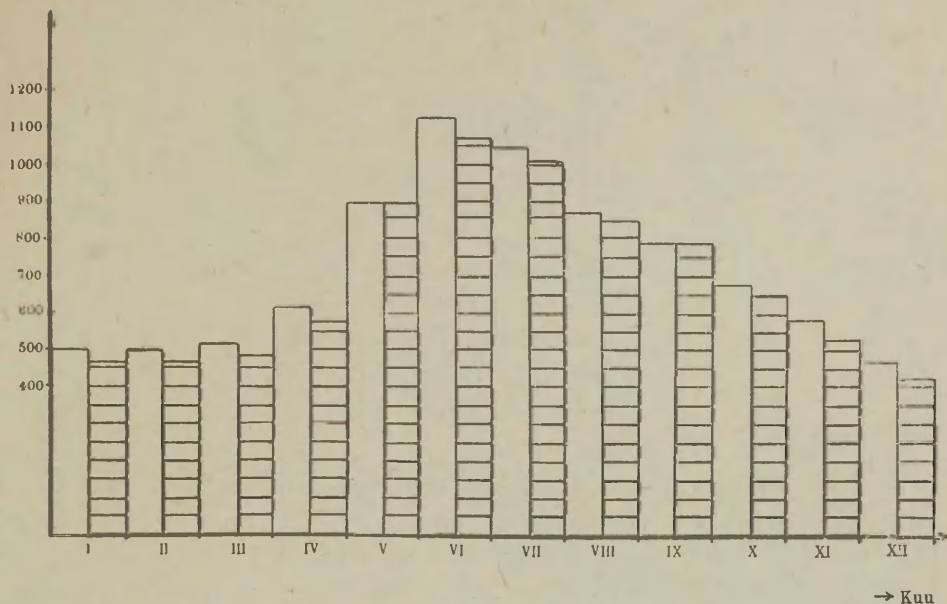
Joon. 2. Molioonide tiheduse muutumine Tartus 1937. a. aprillikuu igapäevaste keskmiste andmete põhjal (valgetele tulpadele vastab positiivsete, mustadele tulpadele negatiivsete molioonide tihedus). Aprillikuu kestel toimus pidev õhutemperatuuri tõus, mis kajastub molioonide tiheduse järjekindlas kasvus.

kuul ja sellele järgnes aeglane alanemine (joon. 3). Vastav uurimus on teostatud § 6-s, mis kujunes aga küllaltki keeruliseks, sest ionide tihedusele avaldavad mõju mitte üksnes temperatuur, vaid ka mitmed teised meteoroloogilised elemendid.

Kokku võttes võib väita, et kuju poolest oli keskmine ionide tiheduse käik täiesti sarnane teiste uurijate poolt saadud tulemustega: suvel on ionide tihedus suurem, talvel väiksem. Prof. A. Speranski (1912) sai näiteks Moskva jaoks 4 aasta keskmisena maksimaalse ionide tiheduse augustikuul ja minimaalse jaanuarikuul¹⁰.

Gockel leidis Freiburgis (1913—1916) maksimaalse ionide tiheduse juulis ja minimaalse veebruaris⁷ (lk. 68). On selge, et ka ühes ja samaski vaatluskohas ei pruugi maksimumide kuud alati ühte langeda — see oleneb suurel määral meteoroloogilistest elementidest. Millega aga

seletada seda, et just detsembrikuul 1937. a. oli minimaalne ionide tihedus, kuigi selle kuu keskmine temperatuur ei olnud minimaalne? See oli tingitud ühelt poolt teistest meteoroloogilistest elementidest, vastab teiselt poolt aga kahtlemata Gockel'i väitele, mille järgi ionide tihe-



→ Kuu

Joon. 3. Molioonide tiheduse muutumine Tartus 1937. a. iga kuu keskiste vaatlusandmete põhjal (valgetele tulpadele vastab positiivsete, viirutatud tulpadele negatiivsete ionide tihedus).

duse miinimum langeb ühte lumikatte kõrguse maksimumiga⁴ (lk. 40), mis oli aga 1937. a. just detsembrikuul. Samuti näitas rõhuv hulk detsembri vaatlusi (67%) positiivsete ionide ülekaalu õhus. See seletub asjaoluga, et maapinna ligiduses on suur hulk ioone imbinud maapinnast, seejuures absorbeeruvad negatiivsed ionid suurema liikuvuse tõttu kergemini mulla kapillaaride seinte külge kui positiivsed⁷ (lk. 168).

Nii esineb maapinna läheduses valdavalt sagedasti positiivsete ionide ülekaal. Kui nüüd ionid peavad läbima veel lumekihti, siis on nende kadumise võimalused veelgi suuremad, eriti aga negatiivsete ionide jaoks. Samuti adsorbeerib lumekiht enesesse maapinnast õhku tungivaid radioaktiivseid emanatsioone ja muid radioaktiivseid ionsaatoreid, takistades sellega ioone tekitavate oluste õhkupääsemist.

Järgnevas tabelis on antud Tartus 1937. a. esinenud ionide tiheduste, unipolaarsuse koefitsiendi Q_n väärtuste ja vaba ionide arvu ΔN kuude keskmised väärtused.

Tabel. 5.

Kuu	N_+	N_-	Q_n	ΔN
Jaanuar	500	470	1,06	+30
Veebruar	500	470	1,06	+30
Märts	510	480	1,06	+30
Aprill	610	580	1,05	+30
Mai	900	900	1,00	0
Juuni	1130	1080	1,05	+50
Juuli	1040	1010	1,03	+30
August	870	850	1,02	+20
September	790	790	1,00	0
Oktoober	680	650	1,05	+30
November	580	530	1,09	+50
Detsember	470	420	1,12	+50
Aasta keskmine	720	690	1,04	+30

Välja arvatud mais ja septembris, oli kõikide teiste kuude korral õhus positiivsete ionide ülekaal, s. t. $Q_n > 1$; mais ja septembris olid aga mõlemat märki ionide tihedused võrdsed ($Q_n = 1$). Positiivsete ionide ülekaal on kogu aasta keskmiselt 30 +iooni/cm³; väärtused $Q_n > 1$ esinesid 1079 korral (56%); $Q_n < 1$ esinevad 784 korral (40%). Positiivsete ionide aastane keskmine on $N_+ = 720$ ja negatiivsete keskmine $N_- = 690$; koefitsiendi Q_n aasta keskmine 1,04. Nende andmete alusel oli Tartu õhu ionisatsioon 1937. aastal keskmine võrreldes paljude teiste kohtadega, kus on vastavaid mõõtmisi toimetatud⁷ (lk. 67). Kui arvestada kõiki teostatud mõõtmisi, välja arvatud äikeste ajal, siis öösiste vaatluste arvel on N_+ aasta keskmine = 770 ja N_- aasta keskmine = 710.

§ 5. Häireid ionide tiheduse muutumise käigus.

Ionide tiheduse muutumise käigu häirete all mõistetakse olukordi, mil atmosfäärilises õhus leidub kas ebanormaalselt palju resp. vähe ioone või on ühte märki ionide arv silmatorkavas ülekaalus võrreldes teist märki ionide arvuga. Neid häireid esilekutsuvaid põhjusi liigitame järgmiselt:

- 1) loomulikud põhjused, nagu äike, udu, sademed, ja
- 2) kunstlikud põhjused, nagu suits, linna tolm jne.

1) Ioonide tiheduse häirete loomulikke põhjusi.

a) Äikese mõju ionide tihedusele.

Kõigepealt võtame vaatluse alla ionide tiheduste muutumise äikese eel ja selle kestel. Gockel a. 1915., uurides õhu juhtivuse muutumist Šveitsis, leidis, et päeval, mil õhtupooliti tekkis äike, oli märgata juba hommikuti õhu juhtivuse tunduvat suurenemist. Seda tähelepanekut kasutas ta äikeste ennustamiseks⁵. Potsdamis toimetatud uurimised aga ei näita sellist fenomeni⁷ (lk. 40). Käesolevas töös on vaadeldud 6 äikesejuhtumit juulis 1937 ja nimelt

- 1) 09.07.1937 kell 16⁰⁰—18²⁰
- 2) 10.07.1937 kell 04³⁰—06⁴⁵
- 3) 10.07.1937 kell 15⁴⁰—17⁰⁰
- 4) 15.07.1937 kell 15¹⁵—16⁴⁵
- 5) 23.07.1937 kell 11³⁵—12³⁵
- 6) 23.07.1937 kell 19²⁵—22³⁰

Võrreldes hommiku kella 07 mõõtmiste tulemusi äikese päeval tulemustega neil päevil, mil äikest ei esinenud, ja samuti hommiku kella 07 keskmise ionide tihedusega juulikuus, tuleb konstateerida, et äikese päeval ei erine ionide tihedus sugugi tavalistest hommikustest ionide tihedustest, seega ei ole võimalik äikest ennustada, kasutades hommikusi ionide tiheduste andmeid. Sama lugu on ionide tihedusega ka teiste mõõtmisaegade korral; küll aga tõuseb ionide tihedus väga kiiresti otse äikese eel, näit.: 09.07. kell 15 (äike järgnes kell 16); 10.07. kell 15 (äike järgnes kell 15⁴⁰); 15.07. kell 15 (äikese algus); 22. 07. kell 15 (äike järgnes kell 17⁴⁵); 30.06. kell 15 (äike järgnes kell 16¹⁰).

Tabel 6.

Kella 07 vaatlusandmed juulikuul.

Kuupäev	N_+	N_-	Q_n	Märkused
01.	1050	1080	0,97	Äike: kell 12 ³⁰
02.	1530	1350	1,13	
03.	880	730	1,20	
04.	1300	1380	0,94	
05.	1310	1300	1,01	
06.	990	960	1,03	
07.	1560	1530	1,02	
08.	820	660	1,24	

Tabel 6 (järg).

Kella 07 vaatlusandmed juulikuul.

Kuupäev	N_+	N_-	Q_n	Märkused
09.	870	720	1,21	Kõu: kell 11 ⁰⁵ Äike: kell 16 ⁰⁰ — 18 ²⁰
10.	1070	870	1,23	Äike: kell 04 ³⁰ — 06 ⁴⁵ Äike: kell 15 ⁴⁰ — 17 ⁰⁰
11.	1080	1030	1,05	
12.	1230	1030	1,19	
13.	1160	890	1,30	
14.	760	600	1,27	
15.	1230	1010	1,22	Äike: kell 15 ¹⁵ — 16 ⁴⁵
16.	740	860	0,86	
17.	1430	1070	1,34	
18.	1370	1190	1,15	
19.) Andmed puuduvad apa- raadi rikke tõttu
20.	
21.	1320	1010	1,31	Äike: kell 13 ⁵⁰
22.	1040	690	1,51	Äike: kell 17 ⁴⁷
23.	1350	980	1,38	Äike: kell 11 ³⁵ — 12 ³⁵ ja kell 19 ²⁵ — 22 ³⁰
24.	1050	550	1,91	
25.	1370	1320	1,04	Päik: kell 23 ¹⁵
26.	1190	1140	1,04	
27.	780	540	1,44	Kõu: kell 17 ¹⁵
28.	940	640	1,47	Kõu: kell 19 ¹⁰
29.	860	900	0,96	Päik: kell 23 ¹⁵
30.	700	550	1,27	Kõu: ?
31.	760	540	1,41	

Üldse esinevad 1937. a. (välja arvatud juulikuul) äikesed alljärgnevatel päevadel. Selles tabelis on antud kõigi kolme mõõtmise tulemused äikesega päeva kestel mõlemat märki ionide jaoks ja unipolaarsuse koefitsient Q_n .

Tabel 7.

Äike kell	Kuupäev	Aeg	N_+	N_-	Q_n
00 ²⁰	13.05.37.	07	1030	1070	0,96
		15	740	760	0,97
		21	980	950	1,03
16 ⁴⁵	19.05.37.	07	520	460	1,13
		15	410	720	0,57
		21	850	880	0,97

Tabel 7 (järg).

Äike kell	Kuupäev.	Aeg	N_+	N_-	Q_n
08 ⁰⁵	21. 05.	{ 07	720	530	1,36
		{ 15	550	540	1,02
		{ 21	700	420	1,67
16 ¹⁰	25. 05.	{ 07	1000	860	1,16
		{ 15	710	960	0,74
		{ 21	710	830	0,86
22 ⁴⁵	27. 05.	{ 07	850	970	0,88
		{ 15	880	880	1,00
		{ 21	1190	1110	1,07
15 ²⁰	30. 06.	{ 07	1020	960	1,06
		{ 15	1400	1280	1,09
		{ 21	1190	1200	0,99
01 ¹⁰	05. 08.	{ 07	730	490	1,49
		{ 15	730	740	0,99
		{ 21	1140	940	1,21
14 ³⁵	11. 08.	{ 07	610	460	1,33
		{ 15	1000	930	1,08
		{ 21	510	580	0,88
16 ⁰⁵	12. 08.	{ 07	710	700	1,01
		{ 15	750	1030	0,73
		{ 21	890	960	0,93
17 ⁴⁵	14. 08.	{ 07	610	810	0,75
		{ 15	1080	1000	1,08
		{ 21	.	.	.
18 ⁴⁰	16. 08.	{ 07	640	690	0,93
		{ 15	1050	990	1,06
		{ 21	1240	1040	1,19
16 ⁰⁰	17. 08.	{ 07	1100	830	1,33
		{ 15	900	820	1,10
		{ 21	930	910	1,02

Ka ei ole midagi märgata erimärgiliste ionide tiheduste vahekorras: kolme mõõtmise keskmine unipolaarsusekoefitsient esines äikesega päevadel oma väärtuses $Q_n < 1$ kümnel korral, $Q_n = 1$ ühel korral ja $Q_n > 1$ kolmeteistkümnel korral. Hommikul kell 07 on küll, välja arvatud üksikud erandid (13. 05. 37.; 14. 08. 37.; 16. 08. 37.), kõigil äikesega päevadel $Q_n > 1$. Juulikuu kümne äikesepäeva hommikune keskmine Q_n on 1,32; sama kuu äikesepäevade hommikune keskmine Q_n on 1,15. Seega näib äikesega päevadel Q_n hommikuti suurem olevat kui

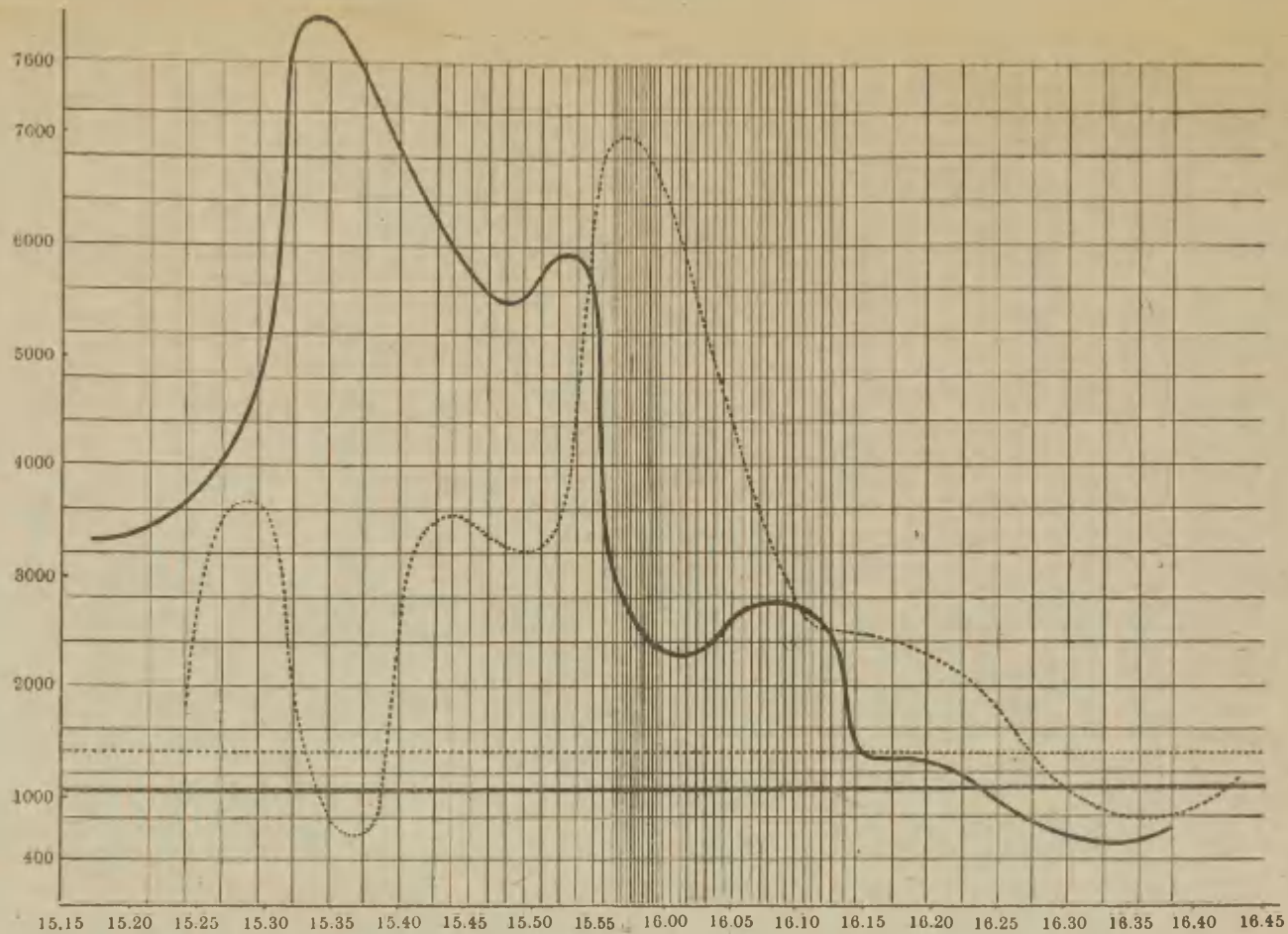
äikeseta päevadel. Teostatud vaatluste arv on siiski liiga väike, et sel-
lest võiks kindlaid järeldusi teha.

Äikesepilve lähenemisel tõuseb ionide tihedus väga suureks. Mak-
simaalne mõõdetud arv oli $8000 +\text{iooni/cm}^3$, kusjuures algul tavaliselt
valitseb suur positiivsete ionide ülekaal. Vihma tugevnedes kahaneb
positiivsete ionide tihedus kiiresti; seevastu kasvab aga negatiivsete
ioonide tihedus, mis omandab oma maksimaalväärtuse tavaliselt kas
kõige tugevama vihmavalangu ajal või otse selle järel. Seda nähtust
saab seletada Simpson'i teooria kohaselt läheneva äikesepilve esiosa
positiivse laenguga, mille tugeva tõukava mõju tõttu positiivsetesse iooni-
desse tekib maapinna läheduses nende tihenemine; seejuures hävib osa
õhus viibivaid negatiivseid ioone rekombinatsiooni teel. Tugev vihma-
valang hävitab positiivseid ioone ühelt poolt mehaanilise kaasaviimi-
sega, teiselt poolt aga ka sellega, et veepiisakeste pihustumisega kaasas
käib negatiivsete ionide rikkalik tekkimine (Lenard'i efekt). Lähenev
tagumine pilveosa on tavaliselt laetud negatiivselt ja selle mõjul tekib
suur negatiivsete ionide kuhjumine maapinna läheduses. Seejuures
toimub õhu ümberpolariseerumine väga kiiresti, näit. 15. 07. 37. tähel-
datud äikese korral oli kell $15^{28} Q_n = 1,2$, kell $15^{37} Q_n = 12,5$, kell
 $15^{48} Q_n = 1,8$, kell $15^{54} Q_n = 1,0$, kell $15^{58} Q_n = 0,3$ ja kell 16^{12}
 $Q_n = 1,0$. Nagu näha, ületab maksimaalne Q_n väärtus enda minimaalse
väärtuse vaevalt poole tunnises vaatlusvahemikus ligi 40-kordselt
(joon. 4).

Ionide tiheduse suureamplituudiline kõikumine on ilmselt tingitud
pilvede erinevatest potentsiaalidest: kõrgemapotentsiaalilised pilvede
piirkonnad suudavad atmosfääris tekitada suure hulga ioone tõukeioni-
satsiooni teel, sellega teed ette valmistades välgule. Äikesepilve möödu-
misel langeb molioonide tihedus tavalisest madalamale maapinnalt
kerkiva auru tõttu.

Tuleb tähendada, et kui äikesepilv otse üle vaatluskoha ei läinud,
siis polnud võimalik märgata ka erilisi nähtusi ionide tiheduste muu-
tumiskäigus.

Et oleks võimalik paremini võrrelda ionide tiheduse muutumist
äikese kestel nende pideva muutumisega äikeseta ilma korral, teostati
vastavaid mõõtmisi 11. 07. 37. kell 08^{30} — 10^{20} ja 27. 12. 37. kell
 12^{05} — 14^{30} . Neist mõõtmistest selgub, et äikeseta ilma korral on ionide
tiheduste amplituudid, samuti ka unipolaarsusekoefitsiendi muutused
hoopis väiksemad. 11. 07. oli Q_n (maks.) = 1,9 ja Q_n (min.) = 0,8 ja
ioonide tihedus püsis peaaegu kogu mõõtmise kestel ööpäevase keskmise
väärtuses, näidates aeglast kahanemistendentsi.



Joon. 4. Molionide tiheduse muutumine Tartus 15. 07. 37. a. kella 15 ja 16.45 vahel toimunud äikese kestel (pidev joon kujutab positiivsete, punktiirjoon negatiivsete molionide tiheduse käiku). Püstjooned iseloomustavad vihmapiiskade tihedust.

b) Vihma mõju ionide tihedusele.

On teada, et vihma mõjul kahaneb ionide tihedus õhus ja tugevate vihmade korral tuleb Lenard'i efekti mõjul ilmsiks negatiivsete ionide ülekaal⁴ (lk. 42). 1937. a. kestel on autor teostanud vihmase ilmaga vaatlusi 55 korral. Vaadeldes allpool tabelina antud vaatlustulemusi võib konstateerida, et vihma mõju ionide tihedusele pole kuigi korrapärane; kõigepealt ei saa nende tulemuste alusel kindlasti väita, et vihma mõjul oleks märgata ionide tiheduse langemist. Tuleb ette juhtumeid, mil ionide tihedus on antud kuu vastava kellaja keskmisest väiksem (33% juhtumeid), aga ka niisuguseid, mil see on kuu vastavast keskmisest suurem (67% juhtumeid), s. t. ionide kõrgendatud tihedused esinesid vihma ajal võrreldes keskmisega 2 korda sagedamini kui vähendatud ionide tihedused. Nähtavasti vihma ioone hävitav mõju polegi nii suur, kui just hävitav mõju molioonide hävitajatele, mis seisab selles, et vihm puhastab õhku tolmust ja suitsust, takistades ühtlasi uute tolmuhiukade tõusmist maapinnalt. Ioonide tiheduse kahanemine vihma korral võiks selgemini nähtavale tulla vaid tolmust ja suitsust puhtamas õhus maal. Mis puutub sellesse, kuivõrd on ülekaalus üht või teist märki ionid vihma korral, siis on tulemused ka siin täiesti korrapäratud. Negatiivsete ionide ülekaal ilmnes 58% vaatluste puhul ja üldiselt näib vihmade ajal nende arv õhus suurem olevat kui positiivsete oma, sest kõikide vihmasadude korral on Q_n keskmine väärtus 0,96, mis on väiksem, võrreldes üksikute kuude keskmiste Q_n väärtustega (1,00—1,12). Tihti seletatakse seda asjaolu Lenard'i efektiga, kuid see efekt võib mõjule pääseda vaid väga tugevate vihmade korral; pealegi tekivad seejuures eeskätt rasked ionid, mis otseselt ei saa mõõtmise tulemusi mõjustada. Rasked ionid võivad aga esineda positiivsete ionide hävitajatena rekombinatsiooni teel; teiselt poolt kõrvaldab vihm, puhastades õhku tolmuhiukadest, sealt väga tähtsa molioone hävitava teguri. Et aga negatiivsete ionide liikuvus on veidi suurem kui positiivsete oma, siis on ioone hävitav tolmu mõju negatiivsetele ionidele suurem kui positiivsetele; tolmu kõrvaldamisel pääsevad seetõttu negatiivsed ionid veidi suuremale mõjule kui positiivsed. Tegelikult avaldavad ionide tihedusele mõju ka vihmapiisad ise, kui nad on elektriliselt laetud.

Antud mõttekäigud toetuvad all-antud tabelis märgitud ionide tiheduste vaatluste tulemustele vihmasadude ajal.

Tabel 8.

Vaatluspäev	Kella-aeg	Vihma tihedus mm/h	N_+	N_-	Q_n
05. 01.	15	1	600	490	1,22
13. 03.	15	2	360	270	1,33
14. 03.	15	1	450	540	0,83
16. 03.	07	1	400	530	0,75
19. 04.	21	1	650	710	0,92
23. 04.	07	1	670	500	1,34
23. 04.	15	1	690	730	0,95
25. 04.	07	1	830	840	0,99
13. 05.	07	9	1030	1070	0,96
01. 06.	07	1	910	520	1,75
03. 06.	15	2	1060	1040	1,02
04. 06.	15	3	1040	1220	0,85
05. 06.	07	1	530	730	0,73
26. 06.	07	2	1860	1530	1,22
01. 07.	15	2	850	870	0,98
13. 07.	18	1	920	1090	0,84
13. 07.	19	3	780	910	0,86
13. 07.	20	1	1800	1530	1,18
13. 07.	21	8	930	1260	0,74
13. 07.	24	1	800	1370	0,58
14. 07.	01	6	1250	1410	0,89
14. 07.	02	6	2140	950	2,25 ?
14. 07.	06	2	720	610	1,18
14. 07.	07	1	760	600	1,27
14. 07.	17	6	1090	910	1,20
16. 07.	07	2	740	860	0,86
16. 07.	09	1	1200	970	1,24
22. 07.	19	4	1320	1120	1,18
27. 07.	02	3	690	1050	0,66
27. 07.	04	1	1230	1200	1,02
31. 07.	15	2	830	750	1,11
02. 08.	07	1	1570	1090	1,44
11. 08.	21	1	510	580	0,88
12. 08.	07	1	710	700	1,01
12. 08.	21	1	890	960	0,93
13. 08.	07	2	780	1570	0,50
13. 08.	15	1	740	1410	0,52
03. 09.	07	2	830	1060	0,78
03. 09.	15	1	960	1080	0,89
06. 09.	21	1	1440	1410	1,02
08. 09.	21	2	800	1000	0,80
09. 09.	21	1	880	1230	0,72
10. 09.	07	2	730	690	1,06

Tabel 8 (järg).

Vaatluspäev	Kella-aeg	Vihma tihedus mm/h	N_+	N_-	Q_n
13. 09.	15	1	460	410	1,12
18. 09.	21	1	640	640	1,00
21. 09.	15	2	990	940	1,05
17. 10.	01	7	1060	1250	0,85
17. 10.	02	1	1140	1410	0,81
17. 10.	03	1	1280	1140	1,12
17. 10.	04	1	1410	1220	1,16
17. 10.	05	1	1060	1140	0,93
17. 10.	06	1	940	1310	0,72
17. 10.	07	1	800	1190	0,67
08. 11.	21	.	550	480	1,15
12. 11.	15	.	590	930	0,63
12. 11.	21	.	370	400	0,93
13. 11.	07	.	290	500	0,58

c) Lume mõju ionide tihedusele.

Lumeskelettide liugumisel õhus lumesadude korral toimub alata nende vastastikune hõõrdumine, mille tulemusena skeletid laevad endid negatiivselt, neid ümbritsev õhk aga — positiivselt ¹¹ (lk. 30). Hilisemad Kähler'i ja Dorno uurimused ⁷ (lk. 144) näitavad, et lumeskelettide purunemisel laevad jämedamad osakesed endid positiivselt, ülipeenad aga, mis samas tekivad, negatiivselt. Viimane tulemus ei jaata ega eita seda, kas õhumolekulid seejuures saavad positiivselt laetuiks või mitte, skelettide jagunemise momendil jämedamateks ja peenikesteks kübemeteks. Et lumesadude korral peaaegu alati oli võimalik tähele panna positiivsete ionide ülekaalu, siis arvestades aparadi hoolikat kaitsmist sademete sattumise eest temasse, ei saa seda seletada suuremate positiivselt laetud skelettide pääsemisega kondensaatorisse. Üldse on käesoleva töö kestel jälgitud 57 lumesadude juhtumit. Välja arvatud 6 erandit nõrga lumesaju korral, näitavad kõik teised 51 juhtumit (90%) positiivsete ionide ülekaalu õhus. Keskmine Q_n väärtus lumesadude korral on 1,33. Seejuures on huvitav tähele panna, et tuisklume korral on Q_n väärtused eriti kõrged, ulatudes üle 2,0. See on ka loomulik, sest skelettide kokkupuutumise ja hõõrdumise võimalused on tuisu korral suuremad kui hõljuva langemise puhul.

Lumehelvete kauaaegne hõljumine õhus lumesaju kestel võimaldab suure hulga ionide adsorbeerumist nende pinnale. Selles võibki peituda põhjus, miks lumesadude korral on märgatavalt suur positiivsete moli-

oonide ülekaal. Et lumeskelettide purunemisel omandavad suuremad osakesed positiivse laengu, siis toimub nende pinnale negatiivsete ionide adsorptsioon. Ülipeened negatiivselt laetud üksikud jää „killukesed“, mis tekivad lumeskelettide purunemisel, omavad kogusummas väiksema adsorbeeriva võime kui suured, positiivselt laetud, mille tõttu jääb õhku olemasolevatest ionidest positiivseid ioone rohkem üle. Pealegi vähenevad suure hulga negatiivsete ionide hävimisega positiivsete ionide rekombineerumise võimalused, mille tõttu positiivsed ionid üha enam mõjule pääsevad.

Miks just tuisklume korral on positiivsete ionide ülekaal eriti suur, see seletub ka eespooltoodud K. Kähler'i ja C. Dorno uurimistulemustega; nimelt veeretatakse allalangenud lumekübemekesed tuisu korral lumepinda mööda edasi, kusjuures hõõrdumisel osa lumeskelette saab uuesti positiivse laengu; nad paisatakse tuulega üles ja teostavad õhus järjekordselt negatiivsete ionide kahandamist; seega kasutatakse tuisu puhul ühte ja sedasama lumehulka nii-öelda „mitmekordselt“, mida aga rahuliku lumesaju korral ei juhtu. Viimasel juhul ei ole positiivsete ionide ülekaal ka mitte nii tunduv. Samuti ei leia „mitmekordset“ kasutamist õhus kergelt hõljuvad negatiivse laenguga peen-kristallid, mille tõttu nad tuisu korral ei suuda positiivsete ionide hulka samas vahekorras vähendada, nagu jämeskeletid seda negatiivsetega teevad.

Toodud arutlused tuginevad järgmistele ionide tiheduste vaatlustele lumesadude ajal.

Tabel 9.

Vaatluspäev	Kella-aeg	Q_n	Märkused
03. 02.	08	1,95	
04. 02.	01	1,60	
05. 02.	03	1,32	
13. 02.	22	1,05	
13. 02.	24	1,03	
15. 02.	07	2,15	
15. 02.	15	1,03	
20. 02.	21	1,04	
21. 02.	07	1,42	
28. 02.	07	1,06	
05. 03.	21	1,03	
07. 03.	21	1,49	
10. 03.	07	1,20	
11. 03.	21	1,07	

Tabel 9 (järg).

Vaatluspäev	Kella-aeg	Q_n	Märkused
30. 03.	16	0,91	Väga nõrk lumesadu.
16. 11.	07	1,28	+
19. 11.	07	1,40	
26. 11.	07	1,54	
28. 11.	15	1,31	
28. 11.	21	1,21	
30. 11.	15	0,78	
03. 12.	15	0,97	Kerge lumi
04. 12.	07	1,57	+
04. 12.	21	1,66	+
05. 12.	07	2,00	+
05. 12.	15	1,57	
08. 12.	21	1,04	
10. 12.	18	1,77	+
10. 12.	19	1,84	+
10. 12.	20	1,81	+
10. 12.	21	1,81	+
10. 12.	22	1,68	+
11. 12.	07	1,07	
13. 12.	07	1,23	+
13. 12.	08	1,09	+
13. 12.	09	1,00	
13. 12.	10	1,25	
13. 12.	11	1,00	
13. 12.	15	0,94	Kerge lumi
13. 12.	16	1,35	
13. 12.	17	1,29	
15. 12.	16	1,24	Kerge lumi
15. 12.	18	1,36	Kerge lumi
15. 12.	19	1,24	Kerge lumi
15. 12.	20	1,40	
16. 12.	06	1,62	
16. 12.	07	1,63	
17. 12.	12	1,80	
17. 12.	13	1,57	
17. 12.	14	1,04	
17. 12.	15	0,82	Lumetolm
18. 12.	05 ³⁰	1,43	Kerge lumi
18. 12.	06	1,16	Kerge lumi
21. 12.	05 ³⁰	1,20	+
21. 12.	06	1,07	+
21. 12.	06 ³⁰	0,98	Kidulumetuisk
21. 12.	07	1,18	+

Kahjuks ei ole käesolevas töös käsitletud ionide tiheduse muutumist rahesaju ajal, sest vaatluspiirkonnas esines rahe vaatlusperioodi kestel kõigest paar korda, kusjuures rahesaju ootamatu ilmumise ja kiire möödumise tõttu ei saadud mõõtmisi ette võtta.

d) Udu mõju ionide tihedusele.

Kõik autorid kinnitavad, et udude korral langeb ionide tihedus tunduvalt. Käesoleva töö ulatuses on vaadeldud 64 udujuhtumit, kusjuures tulemusena on leitud, et 1) ionide tihedus udude puhul on märksa väiksem kui tavaliselt (näit. 10. 02. kell 11 leidis õhus kõigest 30 +iooni/cm³ ja 40 —iooni/cm³) ja 2) udude korral on õhus positiivsete ionide ülekaal. Nende nähtuste põhjus seisab molioonide liitumises õhus suurel hulgal leiduvate udupiisakeste külge, mille tõttu muutub ionide liikuvus väikseks ja nad ei avalda märgatavat mõju aspiraatoris. Et aga positiivsete ionide liikuvus on väiksem kui negatiivsete oma, siis on ka positiivsete ionide liitumine uduosakeste külge väiksem kui negatiivsete oma ja õhku jääb positiivseid ioone suuremal määral kui negatiivseid. Toimetatud vaatluste hulgas esines positiivsete ionide ülekaal 63%-l kõigist juhtumest ja negatiivsete ülekaal 37%-l. Keskmine Q_n väärtus udu vaatluste korral on 1,14, mis on kõrgem üksikute kuude keskmistest Q_n väärtustest (1,00—1,12). Antud tulemused on saadud alljärgnevatest uduste ilmade vaatluste andmetest.

Tabel 10.

Vaatluspäev	Kella-aeg	N_+	N_-	Q_n	Märkused
01. 01.	07	630	610	1,03	
10. 01.	07	490	460	1,07	
03. 02.	20	340	230	1,48	
04. 02.	07	370	320	1,16	
05. 02.	21	440	490	0,90	
06. 02.	07	330	410	0,80	
07. 02.	08	530	480	1,10	
10. 02.	08	170	190	0,89	
10. 02.	11	30	40	0,75	
19. 03.	05	380	250	1,52	
19. 03.	08	200	280	0,71	
22. 03.	21	510	440	1,16	
29. 04.	07	420	410	1,02	
20. 05.	07	440	450	0,98	
09. 08.	07	630	660	0,95	
10. 08.	07	800	580	1,38	

Tabel 10 (järg).

Vaatluspäev	Kella-aeg	N_+	N_-	Q_n	Märkused
24. 08.	07	730	540	1,35	
07. 09.	07	340	290	1,17	
12. 09.	07	380	270	1,41	
13. 09.	07	320	370	0,86	
20. 09.	07	560	530	1,06	
25. 09.	07	510	590	0,86	
27. 09.	07	440	510	0,86	
01. 10.	07	350	340	1,03	
03. 10.	07	770	360	2,14	
03. 10.	08	270	300	0,90	} Somp
03. 10.	08 ³⁰	640	560	1,14	
06. 10.	07	730	530	1,38	
07. 10.	07	300	280	1,07	
09. 10.	07	260	380	0,68	
14. 10.	19	210	120	1,75	
14. 10.	20	100	140	0,71	
14. 10.	21	170	230	0,74	
20. 10.	08	150	170	0,88	
20. 10.	09	350	140	2,50	
22. 10.	16	460	330	1,39	} Somp
22. 10.	17	310	270	1,15	
22. 10.	18	230	110	2,09	
22. 10.	19	130	160	0,81	
22. 10.	20	200	330	0,61	
22. 10.	21	440	360	1,22	
22. 10.	22	510	510	1,00	
22. 10.	23	630	560	1,13	
22. 10.	24	530	580	0,91	
01. 11.	15	120	70	1,71	
01. 11.	21	380	500	0,76	
02. 11.	07	490	330	1,48	
02. 11.	15	300	270	1,11	
02. 11.	21	400	400	1,00	
03. 11.	07	240	150	1,60	
03. 11.	15	300	360	0,83	
04. 11.	21	130	130	1,00	
08. 11.	07	550	310	1,77	
09. 11.	07	200	190	1,05	Tugev udu
09. 11.	15	370	380	0,97	} Nõrgenev udu
09. 11.	21	570	670	0,85	
10. 11.	07	270	220	1,23	
11. 11.	07	540	370	1,46	
11. 11.	15	500	410	1,22	
24. 11.	07	420	330	1,27	

Tabel 10 (järg).

Vaatluspäev	Kella-aeg	N_+	N_-	Q_n	Märkused
27. 11.	07	360	270	1,33	
06. 12.	15	140	170	0,82	Nõrk udu
09. 12.	21	180	250	0,72	Lumesadu
10. 12.	07	200	180	1,11	„

e) Virmaliste mõju ionide tihedusele.

Vaatlusperioodi kestel esines võimalus toimetada mõõtmisi ka virmaliste ajal 30. 09. 37. Erilisi ionide tiheduse muutusi polnud märgata.

2) Ioonide tiheduse häirete kunstlikke põhjusi.

Suitsu ja tolmu mõju ionide tihedusele.

Suitsu mõju ionide tihedusele on väga suur. Suitsupilve ilmumisel vaatluspiirkonda langeb ionide tihedus tunduvalt ja jällegi negatiivsete ionide arvel suuremal määral kui positiivsete arvel. Niisuguseid vaatlusi, kus otseselt on näha suitsupilve üleminekut vaatluskohast, on tegelikult aga vähe; kaugelt suurema hulga vaatluste korral jääb suits nähtamatuks, sest õhus ei ole sel juhul jämedamaid, vaid just ülipeeni suitsukübemekesi. Ometi avaldavad nad tugevat molioone kahandavat mõju. Alati, kui oli tunda suitsulõhna, oli molioonide tihedus keskmisest tunduvalt väiksem.

Vaadeldes nii üksikute aastaegade kui ka kogu aasta keskmist ööpäevast ionide tiheduse käiku (joon. 1), märkame iseloomustavaid ionide tiheduste miinimume kella 08 ja 09 vahel, 13 ja 14 vahel ja 19 ja 20 vahel. Need miinimumid esinevad kõigil aastaegadel, mis kajastub ka aasta keskmises ööpäevases käigus. Seega võib pealiskaudselt vaadeldes konstateerida kolmekordset perioodi ionide tiheduse käigus ööpäeva kestel. Nagu see selgub paljude autorite kirjutistest (V. Hess, A. Tšiževski, K. Kähler), on ionide tiheduse ööpäevane käik olenev vaatluspunkti asukohast: kohati esineb ühekordne (meredel), kohati kahekordne ja koguni kolmekordne periood, kusjuures põhjused arvatakse olevat meteoroloogilist laadi.

Vaadeldes aga ionide tiheduse miinimumide aegu, tekib mõte, et need ionide tiheduse miinimumid on tingitud suitsu sisaldusest õhus. Nimelt langevad need miinimumide ajad enam-vähem ühte hommiku-, lõuna- ja õhtusöögi valmistamise aegadega. Neil aega-

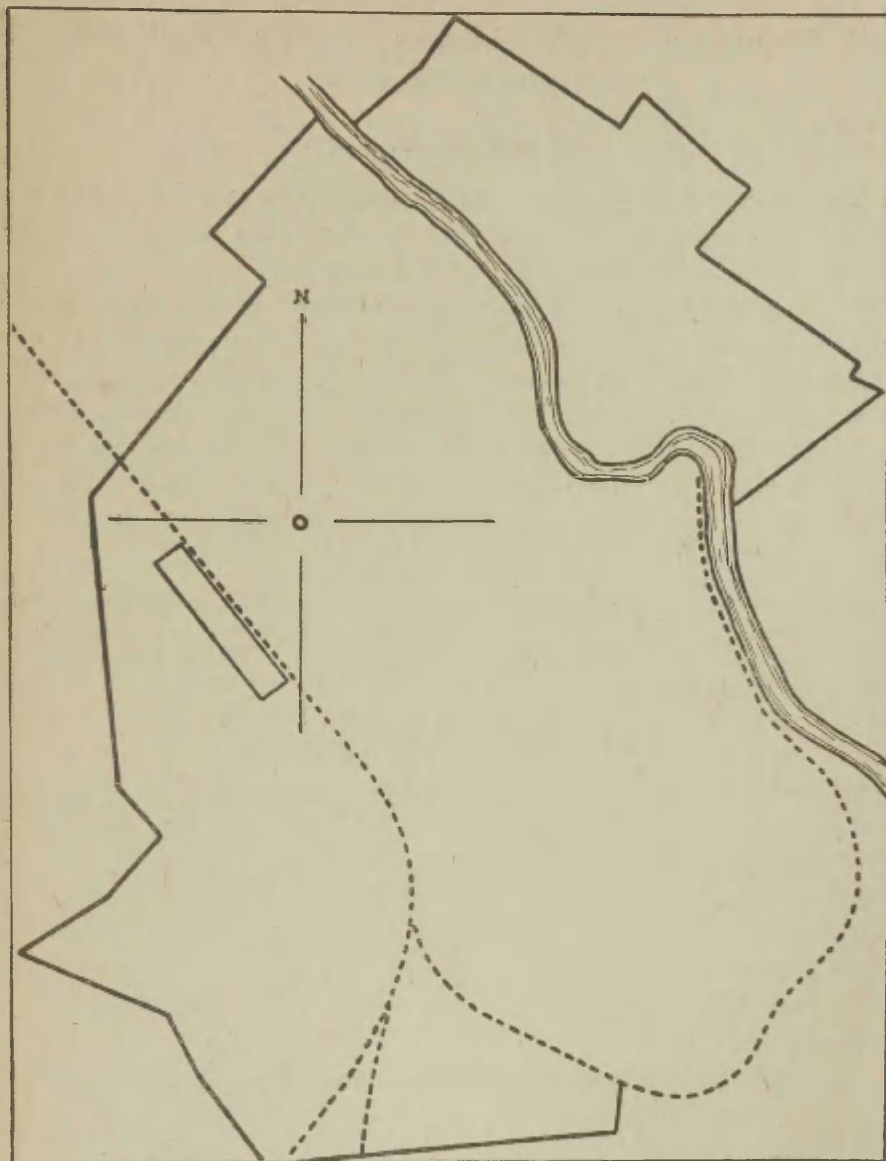
del paiskavad korstnad õhku eriti palju suitsu, mille mõjul ionide tihedus väheneb. Oleksid miinimume põhjustavad mõjud meteoroloogilised, siis peaksid esile tulema ka lahkuminekul miinimumide kellaegades üksikute aastaegade puhul; seda aga ei ole. Väite kinnitamiseks oleks tarvilik toimetada ionide tiheduste mõõtmisi kaugemal väljaspool linna, kus suitsu mõju ei tule kõne alla.

Uurides ionide tiheduste seost tuule suunaga, ilmnes selgesti, et kõige vähem toovad ioone kagu- ja lõunatuuled, kõige suurema ionide tihedusega on aga põhja- ja loodetuuled. Arvestades asjaolu, et kõrgema temperatuuriga õhumassid peaksid olema ka kõrgema ionide tihedusega, ja et lõunast ja kagust puhuvad meil tavaliselt soojemad tuuled, paistab see nähtus normaalolukorrale vastupidine olevat. Kui heita aga pilk Tartu linna plaanile, millel on märgitud vaatluspunkti asukoht (Kastani tänava algus — joon. 5) ja ilmakaarte suunad tema ümber, muutub see asjaolu arusaadavaks. Nimelt kagu- ja lõunatuuled läbivad enne vaatluspunkti jõudmist kõige pikema tee linna kohal ja lähevad ka Tartu tööstusrajoonist üle, rikastudes suitsu ja tolmu poolest; lõunas asub raudteejaam. Põhja- ja loodetuuled läbivad enne vaatluspunkti jõudmist kõige lühema tee linna kohal, on niisiis kõige puhtamad ja seetõttu ionide poolest rikkamad.

Need näited iseloomustavad suitsu ja tolmu tähtsust ööpäevase ionide tiheduse käigu muutumises linna piirkonnas. Tolmu mõju üksinda on väga raske selgitada, sest mõõtmistel ei ole teostatud tolmu tuumade hulga kindlaksmääramist.

§ 6. Vaatlused kinnises ruumis.

Ionide tiheduse muutumise jälgimiseks kinnises ruumis toimetati 01.—04. jaanuarini 1938. a. igatunnisj mõõtmisi toas, kus selle mõõtmisperioodi kestel muid toiminguid ei sooritatud. Selgus, et ka toas oli ionide tiheduse käik nende päevade kestel väga sarnane välisõhu ionide tiheduse muutumisega, kuid üksikute vaatluste tulemused olid palju ühtlasemad, s. t. puudusid järsud kõikumised. Maksimum oli kella 02—03 paiku ja miinimum 13—14 paiku, samuti olid märgata vahepealsed vähemad maksimumid ja miinimumid.



Joon. 5. Tartu linna piirjoon. Ringiga on märgitud vaatluste teostamise koht, ristkülikuga jaamarajoon. Punktiirjoon vastab raudteele. Kaardi mõõt 1 : 32 000.

§ 7. Ioonide tiheduse olenevus meteoroloogilistest elementidest.

a) Määramismeetod.

Kui ionide tihedus oleneb meteoroloogilistest elementidest, siis on ilmne, et ta ei saa oleneda ainult ühest elemendist, sest meteoroloogilised elemendid on omavahel korrelatiivses seoses ja selle tõttu ei saa me otsese korrelatsioonarvutuse (nn. kahe muutuja korrelatsioonarvutuse) abil avastada iga meteoroloogilise elemendi osatähtsust, sest mõni element võib ionide tihedusega vaid ainult seepärast kõrge korrelatsiooni anda, et ta ise on teise, ionide tihedust mõjustava elemendiga kõrges korrelatsioonis. Seepärast tuli kõnesoleva probleemi uurimiseks rakendada üldist korrelatsioonarvutust (nn. mitme muutuja korrelatsioonarvutust), mis võtab arvesse ka kõikide muutujate omavahelisi korrelatsioone.

Märkus: Korrelatiivse seose olemasolu määramiseks ja arvutamise kontrollimiseks kasutati A. Kärsna meetodit. Vt. Vereinfachte Methode zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten bei normaler Korrelation — Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis 1935.

b) Üksikute muutujate skaalad.

Meteoroloogilised elemendid, millede mõju tuli uurimisele, on järgmised:

- 1) Temperatuur
- 2) Õhurõhk
- 3) Absoluutne niiskus
- 4) Relatiivne niiskus
- 5) Õhu läbinähtavus
- 6) Pilvituse hulk
- 7) Päikesepaiste kestus vaatlusele eelnenud tunni vältel
- 8) Sademete hulk
- 9) Tuule kiirus
- 10) Tuule suund

Teised elemendid on välja jäänud kas seetõttu, et neid pole vajaliku tihedusega registreeritud või et neid ei peetud oluliselt tähtsaks. Kaudselt arvatavaid suurusi (elementide gradient ajas, kastepunkt jne.) pole arvestatud nende käsitlemiseks vajaliku ajakulu tõttu, sest neid tuleb kõiki eraldi arvutada, mis on suure vaatlusmaterjali tõttu väga aegaviitev.

Kasutades sümmeetrilise sagedusjaotuse saavutamiseks skaalade transformatsiooni, tarvitati järgmisi skaalaid:

Temperatuur $\xi = x$; lineaarne skaala.

Õhurõhk $\xi = x$; lineaarne skaala.

Absoluutne niiskus $\xi = x$. Skaala jäi lineaarseks, kuigi on teada, et küllastusniiskuse eksponentsiaalse kõvera tõttu peaks sümmetriseerimiseks tarvitama logaritmilist kõverat. Käsitleda olevais andmeis on suure absoluutse niiskusega vaatlusi juhuslikult rohkem kui normaalses absoluutse niiskuse sagedusjaotuses, mis võtab vajaduse logaritmilise skaala järgi.

Relatiivne niiskus $\xi = -\log(105 - x)$; logaritmiline pöördskaala.

Õhuläbinähtavus $\xi = -\log(16 - x)$; logaritmiline pöörd-skaala.

Pilvitus jääb välja korrelatsioonarvutusest sagedusjaotuse anormaalse kuju tõttu. Vaatluste arv, kus pilvituse hulk on 10, moodustab umbes 50% kõigist vaatlustest ja sellega on pooled vaatlused välja lülitatud pilvituse suuruse mõju määramisest. Tarbe korral võib pilvitust kasutada vaid korrektiivliikme leidmiseks, kui eraldada pilves päevad pilvituse hulgaga (8—10) ja selged päevad (0—2) ja võrrelda mõlemal juhul ionide tihedust. Selline vaatluste arv moodustab ligi 90% kõigist vaatlustest ja seepärast võib saadud korrektiivliiget pidada kehtivaks. Et pilvitus 3—7 (incl.) moodustab umbes 10% kõigist vaatlustest, siis polegi oluline määrata pilvituse suuruse mõju, sest ta tugineb väiksele juhtude arvule. Hoopis õigem on anda ionide tiheduse erinevus selgetel (0—2) ja pilvistel päevadel (8—10), mis hõlmab ligi 90% juhtusid.

Märkus: Pilvituse hulk on hinnatud kümnendikkudes. Seega 0 — selge, 10 — täispilves.

Päikesepaiste kestus jääb korrelatsioonarvutusest välja samadel põhjustel. Juhtude arv, kus päikesepaiste kestus on 0, moodustab kõigist juhtudest üle 75%. Seega ainult 25% puhul on päikesepaiste suurus muutuv.

Märkus: Kui määrata korrektiivliige pilvituse ja päikesepaiste koosmõjul, siis tuleb selle leidmiseks määrata veel pilvituse ja päikesepaiste vaheline korrelatsioonitegur, mis on teatavasti kaunis kõrge, ja seetõttu ei ole koosmõju kindlasti palju suurem kummagi mõjust üksinda.

Sademed jäävad korrelatsioonarvutusest välja samadel põhjustel, nimelt sellepärast, et sademeteta vaatlusjuhud esinevad rõhu-

vas ülekaalus. Siin tuleks jälle kõne alla ainult sademetega ja sademeteta juhtude eraldamine.

Tuule kiirus $\xi = \log(x + 3)$; logaritmiline skaala.

Tuule suund. Skaala tuleb valida lineaarne, sest tuule suund on perioodiliselt korduv: lähtudes suunast N üle E ja S ning W minnes jõuame N juurde tagasi; seega võime sagedusjaotuse lähtepunktiks valida iga suuna. Mittelineaarse skaala korral oleks see isesugune iga erisuuna valikul alguspunktiks.

c) Ioonide tiheduse sagedusjaotus ja selle vastav normaal-skaala.

Ioonide tiheduse sagedusjaotus on koostatud vaid positiivsete ionide kohta. Sagedusjaotus on parempoolse vildakusega ja vastav normaalskaala oli $\xi = \log(x + 1000)$.

d) Seos N_+ ja N_- vahel.

Et selgitada, mil määral alluvad N_+ ja N_- ühistele põhjustele, arvutati korrelatsioonitegur N_+ ja N_- vahel tulemusega $r = 0,88$, mis näitab väga kõrget kokkukuuluvust.

Saadud kõrge korrelatsioonitegur õigustas võtta arvutamiseks ainult ühte liiki ionide tihedusi. Selleks on võetud N_+ .

e) Üksikud korrelatsioonitegurid N_+ ja meteoroloogiliste elementide vahel.

Temperatuur. Arvutus andis korrelatsiooniteguri $r = 0,478 \pm 0,018$.

Õhurõhk. Et juba korrelatsioonivälja vaatlemisest selgus korrelatsiooni puudumine, siis on jäetud korrelatsioonitegur rohke arvutustöö pärast arvutamata.

Absoluutne niiskus. Vastav arvutus andis korrelatsiooniteguri $r = 0,457 \pm 0,019$.

Relatiivne niiskus. Vastav korrelatsiooniväli näitas nõrka negatiivset korrelatsiooni, mille tegur on jämedalt määrates umbes $r = -0,1$ kuni $-0,2$. Et arvutamiseks valitud muutujate arvu taheti piirata kolmega, siis on see muutuja kõrvale heidetud, sest et hiljemini selgus tugevama korrelatsiooniteguriga muutuja.

Õhuläbinähtavus. Vastav arvutus andis korrelatsiooniteguri $r = 0,350 \pm 0,021$.

Märkus: Nähtavus on hinnatud rahvusvahelises sünoptilises tabelis antud šifri numbrite järgi.

Tuule kiirus. Vastavast korrelatsiooniväljast selgus, et korrelatsioon peaaegu puudub. Jämedalt määrates oli see väga nõrk positiivne korrelatsioon: $r = 0,1$ ja seepärast pole korrelatsioonitegureid täpsemalt arvatud.

Tuule suund. Tuule suuna kohta ei saa tulla kõne alla lineaarne korrelatsioon, sest skaala on korduv. Siin võib regresskõveraks olla mingi perioodiline kõverjoon. Igale suunale vastavaid keskmisi ionide tihedusi ühendav kõver näitab ESE-S suunas suurt ionide tiheduse langust ja N suunas tõusu. Põhjused on selgitatud eelmises §-s.

f) Seose määramine N_+ ja meteoroloogiliste elementide vahel.

Argumentideks on jäetud meteoroloogilistest elementidest temperatuur, absoluutne niiskus ja läbinähtavus kui elemendid, mis andsid suurima korrelatsiooniooni ionide tihedusega. Et mitme muutuja korrelatsiooniarvutuses on vajalikud veel üksikute muutujate omavahelised korrelatsioonitegurid, siis on selleks arvatud ka need. Arvutus andis järgmised korrelatsioonitegurid:

- 1) Temperatuuri ja absoluutse niiskuse vahel
 $r = 0,901 \pm 0,005$
- 2) Temperatuuri ja õhu läbinähtavuse vahel
 $r = 0,372 \pm 0,020$
- 3) Absoluutse niiskuse ja õhu läbinähtavuse vahel
 $r = 0,251 \pm 0,022$

Kirjutades saadud korrelatsioonitegurid tabelisse, saame selle järgneval kujul:

	(N_+)	(t)	(a)	(v)
(N_+)	1	0,48	0,46	0,35
(t)	0,48	1	0,90	0,37
(a)	0,46	0,90	1	0,25
(v)	0,35	0,37	0,25	1

Suurused N_+ (ioonide tihedus), t (temperatuur), a (absoluutne niiskus) ja v (nähtavus) on sellepärast sulgudesse pandud, et teha sisulist vahet selles, et käesoleval juhul suurused ei esine oma loomulikus väärtuses, vaid transformeeritult teatava funktsiooni abil. Seda sisulist erinevust ei häiri, et osa suurusi (t ja a) on jäänud muutmata skaalaga.

Korrelatsiooniteooria kohaselt otsitav seos on:

$$\begin{aligned}
 (\bar{N}_+) - (N_+)_0 = & -\frac{R_{12}}{R_{11}} \cdot \frac{\sigma_{N_+}}{\sigma_t} [(t) - (t)_0] - \frac{R_{13}}{R_{11}} \cdot \frac{\sigma_{N_+}}{\sigma_a} [(a) - (a)_0] - \\
 & - \frac{R_{14}}{R_{11}} \cdot \frac{\sigma_{N_+}}{\sigma_v} [(v) - (v)_0],
 \end{aligned}$$

kus (N_+) ; (t) ; (a) ; ja (v) on varemalt nimetatud muutujad. $(N_+)_0$; $(t)_0$; $(a)_0$; ja $(v)_0$ on nende aritmeetilised keskmised; σ tähendab muutuja standard-deviatsiooni, R — vastavalt ülalantud tabelis esinevatest suurustest moodustatud determinandi väärtust ja R_{11} ; R_{12} ; R_{13} ; R_{14} — tema alamdeterminantide väärtusi.

Arvutades seose leidmiseks vajalikud suurused, saame need järgnevalt:

$$\begin{array}{ll} R = 0,0724 & (a)_0 = 7,2 \\ R_{11} = 0,158 & (v)_0 = -0,968 \\ R_{12} = -0,027 & \sigma_{N_+} = 0,0934 \\ R_{13} = -0,040 & \sigma_t = 10,0 \\ R_{14} = -0,034 & \sigma_a = 3,85 \\ (N_+)_0 = 3,248 & \sigma_v = 0,111 \\ (t)_0 = 8,0 & \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Asetades kõik saadud suurused eespool toodud avaldisesse, saame} \\ (N_+) - 3,248 = -\frac{-0,027}{0,158} \cdot \frac{0,0934}{10,0} \{(t) - 8,0\} - \frac{-0,040}{0,158} \cdot \frac{0,0934}{3,85} \{(a) - 7,2\} \\ - \frac{-0,034}{0,158} \cdot \frac{0,0934}{0,111} \{(v) + 0,968\} = + 0,001595 \{(t) - 8,0\} + \\ + 0,00615 \{(a) - 7,2\} + 0,181 \{(v) + 0,968\}. \end{aligned}$$

Kui asetada suuruste (N_+) , (t) , (a) ja (v) asemele nende väärtused lineaarsel skaalal (algusskaalal), siis saame

$$\log(N_+ + 1000) - 3,248 = 0,001595(t - 8,0) + 0,00615(a - 7,2) + 0,181\{-\log(16 - v) + 0,968\}.$$

Teisendades avaldist saame

$$\begin{aligned} \log(N_+ + 1000) &= 0,001595t + 0,00615a - \\ &- 0,181 \log(16 - v) + 3,366 = \\ &= 0,001595t + 0,00615a - 0,181 \log(16 - v) + \log 2320 = \\ &= 0,001595t + 0,00615a + \log(16 - v) - 0,181 + \log 2320. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_+ + 1000 &= 2320 \cdot (16 - v) - 0,181 \cdot 10^{0,001595t + 0,00615a} = \\ &= 2320(16 - v) - 0,181 \cdot e^{0,0037t + 0,0140a}. \end{aligned}$$

$$\underline{N_+ = 2320(16 - v) - 0,181 \cdot e^{0,0037t + 0,0140a} - 1000.}$$

g) Seose kontroll.

Saadud seose kontroll näitab, et

1) asetades seoses esinevate meteoroloogiliste elementide arvutatud keskväärtused: $t_0 = 8,0$; $a_0 = 7,2$ ja $v_0 = 6,7$, saame $N_+ = 770$, milline tulemus võrdub eksperimentaalselt saadud aasta keskmisega (vt. lk. 14);

2) asetades seoses esinevate meteoroloogiliste elementide, meie oludes tõenäolised, võimalikud ekstreemväärtused:

$t_{\min} = -25$; $a_{\min} = 0,5$; $v_{\min} = 0$ ja $t_{\max} = 30$; $a_{\max} = 25$; $v_{\max} = 9$, saame $N_{+\min} = 290$ ja $N_{+\max} = 1600$.

Võrreldes vaatlusandmetega on näha, et esitatud seos hõlmab 87% kõigist vaatlustulemustest ja ainult 13% vaatlustulemustest langevad väljapoole seda piiri, mille määrab valem.

Vastates küsimusele, kui täpselt rahuldab saadud seos empiirilisi andmeid, võib iga üksiku vaatluse jaoks leida valemi kaudu N_+ ja siis määrata tegelikkude N_+ väärtuste järgi hajumise ja ühtlasi ka kokkukuuluvuse korrelatsiooniteguri. Seda suurt tööd ei tarvitse aga teha, sest korrelatsiooniteooria annab alljärgneva valemi kaudu vastuse:

$$\sigma = \sigma_{N_+} \sqrt{\frac{R}{R_{11}}}$$

Et σ oli mõõdetud logaritmilistes ühikutes, siis selgub siit, et me ei saa konstantset hajumise väärtust, vaid hajumise suurus oleb N_+ väärtusest. Tema relatiivne suurus on aga konstantne, s. t. kui võtta hajumist relatiivselt suuruse $N_+ + 1000$ suhtes. Asetades varemleitud arvud valemisse, saame

$$\sigma = 0,0934 \sqrt{\frac{0,0724}{0,158}} = 0,063$$

Seega muutub suurus $\log(N_+ + 1000)$ keskmiselt $\pm 0,063$ võrra. Relatiivselt annab see piirid

$$10 \pm 0,063 \quad \text{ehk} \quad 0,867 \text{ kuni } 1,154$$

Niisiis on suuruse $N_+ + 1000$ keskmine hälve ülespoole 15% ja allapoole 13%.

Alljärgnev tabel annab hälvete väärtused mõne N_+ puhul.

Tabel 11.

N_+	300	500	700	1000	1300	1600
Hälve	Ülespoole	200	230	260	310	400
	Allapoole	170	200	230	270	310

Siit näeme, et kogu variatsiooni ulatuses on keskmine hälve positiivsel poolel 200—400 ja negatiivsel poolel 170—350. Keskmiselt ($N_+ = 770$ jaoks) võib lugeda hajumise suurust $\sigma = \pm 250$. Seega määrab valemioonide tiheduse sellisel, et keskmine hälve on ± 250 .

Saadud suurus ei iseloomusta seose headust. On vaja veel teada korrelatsioonitegur, mis määrab kokkukuuluvuse tõeliste ja ennustatud N_+ väärtuste vahel. Vastav arvutus andis $r = 0,74 \pm 0,01$.

Viimane suurus ütleb, et kolme meteoroloogilise elemendiga on ionide tihedust iseloomustavatele teguritele küllalt lähedale saadud, sest tegurit $r = 0,74$ tuleb võrdlemisi kõrgeks pidada. Kui võtta täienduseks veel varem nimetatud pilvituse, sademete, päikesepaiste ja relatiivse niiskuse mõju, siis arvatavasti on võimalik korrelatsioonitegurit tõsta üle 0,80. See näitab, et ionide tihedus atmosfääris sõltub tunduval määral meteoroloogilistest elementidest. 100%-st korrelatsiooni ei saa oodata, sest ionisatsiooni suurus on tundlik igasuguste juhuslike mõjude vastu.

Kirjandus.

- 1 Ebert, H. Aspirationsapparat zur Bestimmung des Ionengehalts der Atmosphäre. Phys. ZS. 1901. 2, 662.
- 2 Elster, I und Geitel, H. Über die Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre. Terr. Magn. 1899. 4, 213.
- 3 Gerdien, H. Ein neuer Apparat zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft. Phys. ZS. 1905. 6, 800.
- 4 Гесс, В. Ионизация атмосферы и её причины. 1930.
- 5 Gockel, A. Zur Gewittervorhersage. Das Wetter 1915. 32, 121.
- 6 Hewlett, C. W. Untersuchung über gewisse Ursachen der Unsicherheit bei Messungen des atmosphärischen Leitvermögens mit dem Gerdien-Apparat. Terr. Magn. 1914. 19, 219.
- 7 Kähler, K. Einführung in die atmosphärische Elektrizität. Berlin 1929.
- 8 Linss, F. Über einige die Wolken- und Lufterlektrizität betreffende Probleme. Met. ZS. 1887. 4, 345.
- 9 Matteucci, C. Ann. Chim. Phys. 1849. 27, 133.
" " " " 1850. 28, 385.
- 10 Speranski, A. Ergebnisse der Beobachtungen der atmosphärischen Elektrizität in Moskau. Met. ZS. 1912, 29, 556.
- 11 Чижевский, А. Л. Проблемы ионификации. Воронеж 1933.
- 12 Warbug, E. Pogg. Ann. 1872. 145, 578.

Колебание плотности молионов в атмосфере города Тарту за 1937 год.

Резюме.

В 1937 году, с 1-го января по 31-е декабря, производились в городе Тарту, Эстонской ССР ($\lambda = 26^{\circ} 43'$ восточной долготы, $\varphi = 58^{\circ} 23'$), наблюдения над изменением плотности молионов в атмосферном воздухе. Целью работы было выяснить, какие из метеорологических факторов имеют главное значение в колебании плотности молионов в атмосфере и выразить установленную при этом зависимость математически. Место наблюдения находилось на высоте 69 м. над уровнем моря и 5 м. над поверхностью земли. Всего было произведено 2000 наблюдений и 630 подготовительных наблюдений.

Наблюдения производились по методу Гердиена без учёта влияния тяжёлых ионов, с принятием однако мер предосторожности против воздействия других причин. Влияние осенней и весенней сырости на изоляцию было устранено при помощи слабого нагревания электрическим током места закрепления стержня электрометра, так что потери заряда электрометром были очень малы. Наблюдения производились ежедневно в 7, 15 и 21 час (восточноевропейское время), но в каждое время года был выделен 15-дневный период, когда измерения производились ежечасно. Кроме определяемой мною плотности ионов, регистрировались нижеследующие метеорологические данные Тартуской Метеорологической Обсерватории (расстояние её от места наблюдений около 300 м.):

1. Температура воздуха t
2. Давление „ p
3. Видимость v
4. Абсолютная влажность a
5. Относительная „ r
6. Облачность
7. Продолжительность солнечной радиации за предшествующий измерению час
8. Осадки

9. Сила ветра
10. Направление ветра

Специальные наблюдения производились во время гроз, дождей, туманов, мятелей и полярного сияния.

Зимний период ежечасных наблюдений продолжался от 30.01—13.02. 1937; весенний — от 17.03—31.03. 1937; летний — от 12.07—27.07. 1937 и осенний — от 12.10—26.10. 1937.

Ежечасные наблюдения показали наличие трёх максимумов и минимумов плотности молионов в течение суток. Главный максимум был между 2—3 часами ночи, первый минимум между 8—9 часами утра, затем следует подъём 11—12 часов, дальше же понижение до главного минимума между 13—14 часами. За этим следует подъём с небольшим понижением около 19—20 часов.

Подобного рода изменение плотности молионов присуще всем временам года, отличаясь только по количеству молионов: зимой примерно от 200—1.000, весной — от 400—1.100, летом — от 700—1.700 и осенью — от 500—1.150 пар ионов на 1 см³ воздуха.

Средняя плотность молионов по месяцам в 1937 году на основании измерений в 7, 15 и 21 час была нижеследующая:

Месяц	N_+	N_-	$Q_m = \frac{N_+}{N_-}$
Январь	500	470	1,06
Февраль	500	470	1,06
Март	510	480	1,06
Апрель	610	580	1,05
Май	900	900	1,00
Июнь	1130	1080	1,05
Июль	1040	1010	1,03
Август	870	850	1,02
Сентябрь	790	790	1,00
Октябрь	680	650	1,05
Ноябрь	580	530	1,09
Декабрь	470	420	1,12
Годовое среднее	720	690	1,04

Годовое среднее дано как среднее значение результатов всех измерений в течение года.

Если принять во внимание все наблюдения, то за счёт ночных измерений годовое среднее повысится до $N_+ = 770 \frac{\text{ионов}}{\text{см}^3}$, $N_- = 710 \frac{\text{ионов}}{\text{см}^3}$, $Q_n = 1,08$. Результаты измерений показывают преобладание положительных молионов над отрицательными: коэффициент униполярности $Q_n > 1$.

Природные причины ненормального изменения плотности молионов.

1. Гроза. Наблюдения показали, что плотность молионов увеличивается только непосредственно перед грозой, так что предсказывать грозу, хотя бы за несколько часов вперёд, по плотности молионов в воздухе невозможно. Во время грозы плотность молионов сильно увеличивается. Максимальное измеренное значение достигло $8\,000 \pm$ молионов на 1 см^3 , причём в большинстве случаев в начале грозы имели перевес положительные молионы (значение Q_n достигало 12,5). Во время усиления дождя быстро уменьшается количество положительных и увеличивается количество отрицательных молионов, достигая своего максимального значения во время максимальной силы дождя или же сразу после него (Q_n уменьшается до 0,3). После грозы плотность молионов меньше обыкновенного, что зависит от испарения осадков (превращение молионов в тяжёлые ионы).
2. Дождь. Обыкновенно в литературе отмечается уменьшение плотности молионов и перевес отрицательных молионов во время дождя. Из числа произведённых мною 55 наблюдений во время дождя $\frac{2}{3}$ показали наоборот небольшое увеличение плотности молионов, что вполне возможно, если принять во внимание, что уничтожающее влияние дождя на молионы в городском воздухе может быть меньше, чем уничтожающее влияние его на факторы, уменьшающие количество молионов (пыль, дым). Количество отрицательных молионов было при большинстве наблюдений в перевесе над положительными (среднее значение $Q_n = 0,96$).
3. Снег. Во время снегопадов наблюдался перевес положительных молионов. 90% из 57 наблюдений показали $Q_n > 1$. Среднее значение Q_n во время снегопадов было 1,33, достигая во время вьюг значения 2,00.
4. Туман. Наблюдения во время туманов показали сильное уменьшение плотности молионов в воздухе (11. 02. 1937 в 11 часов

было $30 \pm$ молионов и $40 -$ молионов на 1 см^3) и преобладание положительных молионов (63% из 64 наблюдений), причём среднее значение Q_n во время туманов было 1,14.

5. Полярное сияние. Во время единственного отмеченного полярного сияния в 22 часа 30.09.1937 не было установлено никаких особенностей в ходе изменения плотности молионов.

Искусственные причины ненормального изменения плотности молионов.

Влияние пыли и дыма на плотность молионов весьма существенно. При появлении в районе измерения дыма, ощутительного хотя бы только по запаху, значительно падает ионизация воздуха, —главным образом количество отрицательных молионов. В суточном ходе плотности молионов было обнаружено в городе Тарту три минимума: в промежутке от 8—9, от 13—14 и от 19—20 час. По всей вероятности, суточный ход значительно более ровный и имеет только один минимум в связи с метеорологическими условиями. Резкие уменьшения в вышеуказанные часы зависят повидимому от массового употребления плит во время приготовления пищи утром, в обед и вечером. Если вышеуказанные минимумы зависят только от метеорологических условий, то трудно представить себе, почему они по часам совпадают во все времена года. Метеорологические условия в 8—9 часов утра летом совершенно иные, чем зимою.

При изучении зависимости плотности молионов от направления ветра выяснилось, что в воздухе их меньше всего во время тёплых юго-восточных и южных, а больше всего во время холодных северных и северо-западных ветров, что противоречит математическому результату, по которому плотность молионов увеличивается с повышением температуры. Однако это становится понятным, если учесть обстоятельство, что точка наблюдения находилась на северо-западной окраине города, куда юго-восточные и южные ветры достигали, пройдя почти над всем городом и его промышленной частью, пропитавшись при этом пылью и дымом и тем самым потеряв большое количество молионов.

Математическая зависимость плотности молионов от метеорологических элементов.

Вероятно, что плотность молионов в воздухе зависит от многих метеорологических факторов, которые однако в большинстве между собою коррелятивно связаны. Это обстоятельство не позволяет применить корреляционное исчисление для случая двух переменных, требуя применения корреляционного исчисления для случая многих переменных. Чтобы не прибегать к слишком трудным вычислениям, пришлось ограничиться тремя главными влияющими элементами: температурой t (в градусах Цельсия), давшей коэффициент корреляции $r_t = 0,478 \pm 0,018$; абсолютной влажностью a (в мм рт. ст.), давшей $r_a = 0,457 \pm 0,019$ и видимостью v (в единицах международной шкалы видимости для глазомерных измерений), давшей $r_v = 0,350 \pm 0,021$. Корреляционные коэффициенты других метеорологических элементов в связи с плотностью молионов были для относительной влажности около 0,1—0,2, для скорости ветра около 0,1. Давление воздуха не оказало никакого влияния на плотность молионов.

Принимая в расчёт полученные результаты, была выведена формула, дающая зависимость между количеством молионов N_+ и метеорологическими элементами t , a и v

$$N_+ = 2320 (16 - v)^{-0,181} \cdot e^{0,0037 t + 0,0140 a} - 1000$$

Формулы для N_- выводить не надо, так как коррелятивная связь между N_+ и N_- высока — примерно 0,88.

Точность формулы (общий коэффициент корреляции $r = 0,74$) такова, что среднее относительное отклонение для $N_+ + 1000$ будет 14%, что означает, что с таким возможным отклонением приходится считаться при каждом единичном вычислении. При выводе среднего из n вычислений ошибка будет в \sqrt{n} раз меньше.