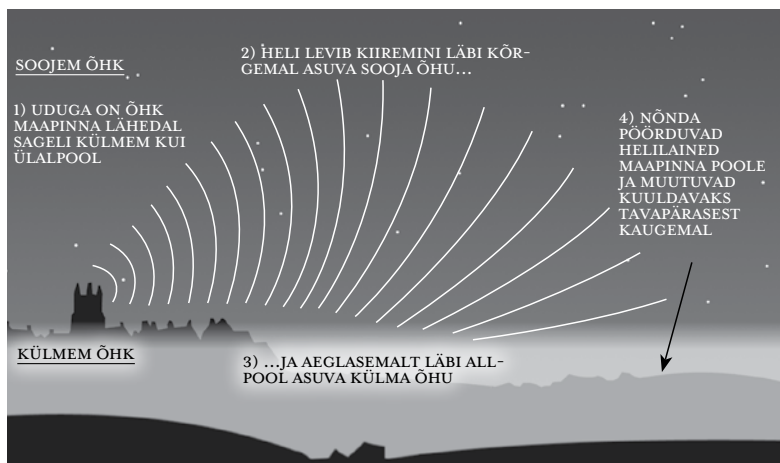




Just sellepärast on uduse ilmaga kirikukellasid kuulda kaugemal kui tavaliselt.

Kas olete märganud, kuidas uduse ilmaga näivad helid levivat kaugemale? Paistab, et läbi udu on kuulda kellegi naeru või kirikukellade helinat, mis tavaliselt jääb väljapoole kuuldekaugust. Mulle on see efekt *Kirikukellad udus* alati meeldinud, sest minu meelest tekitab see justkui tunde teisepoolsusest, kui ma läbi udu kõnnin. Nähtust ei põhjustagi tegelikult udu ise. Veepiisad õhus on liiga pisikesed, et heli märkimisväärselt mõjutada. Maapinnalähedase õhu temperatuur tekitab udu, mis paneb ka kellahelina kaugemale kostma.

Õhutemperatuuri muutumine kõrguse suurenedes põhjustab helilainete refraktsiooni, sest heli levib soojas õhus kiiremini kui külmas. Kõrgemale tõustes kipub temperatuur langema. See põhjustab helilainete kaardumist ülespoole, kaldumist maapinnast eemale. Kuna kirikukellade kumin paindub ülespoole, kerkib see lõpuks maapinnast nii kõrgele, et ei jõua enam meie kõrvu. Udu tekib siis, kui temperatuuri normaalne käik muutub, kui õhk on maapinna ligiduses jahedam ja kõrgemal soojem. Seda nimetatakse temperatuuri inversiooniks ja see paneb helilained koolduma tagasi maapinna poole, mitte ei saada neid kõrgemale atmosfääri.

Temperatuuri inversioon võib aset leida siis, kui madalamal olev õhk

.....
 * Udu ei teki mitte temperatuuri vertikaalse gradiendi muutusest, vaid sellest, et temperatuur langeb kastepunktini, nii et veeaur kondenseerub piisakesteks. Udu on tegelikult aluspinna vahetus läheduses asuv pilv. (*Jüri Kameniku märkus*)

jahtub selgel talveööl, mil päevane soojus nobedasti atmosfääri ülakihtidesse hajub*. See võib esineda ka siis, kui õhk puhub üle eriti külma järve või merehoovuse. Mis nimelt udu ka tekitab, tähendavad erinevad õhutemperatuurid seda, et jahedamas õhus maapinna ligidal levib heli aeglasemalt ja ülalpool soojemas õhus kiiremini. Lokaalne temperatuuri inversioon ongi see, mis helilaineid allapoole painutab. Kui heli maapinda embab, kostavad kellad palju kaugemale.

Võiks arvata, et laine teine maneer ei kehti õhus levivate helilainete kohta, sest need ei läbista selget eralduspinda ega liigu ühest keskkonnast teise. Tegelikult on lainete suuna muutuseks tarvis üksnes nende liikumiskiiruse muutust. See aga võib hõlpsasti juhtuda, kui keskkonna omadused muutuvad järk-järgult, näiteks kui kõrguse kasvades muutub õhutemperatuur. Kuni muutub lainete kiirus, polegi tarvis teravat eralduspinda ega teistsugust materjali.

Vanasti kasutasid meremehed heli refraktsiooni, et paksus udus vältida laevaga liialt ranniku lähedale sattumist. Enne radareid ja GPS-süsteemi oli udu rannikuvetes seilajatele erakordselt ohtlik ja tõi sageli kaasa ka kataastroofe. Ent temperatuuri inversiooni tõttu *Meremehed hõikused kaljude poole* paranenud kuuldavusele merepinna kohal said meremehed kasutada algelist kajalokatsiooni ja ära hoida laevahukku: nad hõikasid uttu ja kuulatasid rannakaljudelt kostvat kaja. Kuulatahes kaja suunda ja loendades kulunud sekundeid, said nad laias laastus ettekujutuse ranniku asukohast: mida lühem viivitus, seda lähemal on maa. Viis, kuidas külm õhk heli vee lähedal „kinni hoidis“, tähendas, et meremehed võisid kuulda kaja tavapärasest palju kaugemalt.



Tulnukad ja kõrbed ei ole minu kinnisidee, kuid mulle oli meelepärane kuulda, et katse rakendada refraktsiooni teisel pool maakera toimuva pealtkuulamiseks aitab selgitada mõistatuslikku sündmust 1947. aasta Roswellis, mis tegi väikesest unisest New-Mexico kõrbelinnast maailma ufo-pealinna.

.....
 * Inversioon tekib ka siis, kui on sooja õhu adveksioon, näiteks Eestis oli juuli lõpus kuum – öhtul ja öösel tekkis tugev inversioon, nii et maapinna lähedal oli 20°-25°C, aga juba 300-400 m kõrgusel isegi 28°C. Seda nõ hajumist põhjustab soojuskiirgus – kui veeauru on vähe ja taevast selge, siis toimub kiirguslik jahtumine ja võib tekkida radiatsiooniudu. (*Jüri Kameniku märkus*)

Refraktsiooni kui nähtuse mõistmine aitab tuua selgust ühesse kõigi aegade visamasse vandenõuteooriasse: miks leiti allakukkunud ufo rusud

Ettevaatust: linna lähedalt ja miks USA sõjavägi seda leidu närviliselt varjas.
ufo-spoilerid!

Põhjus, miks helilainete paindumist seostatakse ufo-katastroofi-dega, peitub ühesainsas teadlases.

Teise maailmasõja ajal avastas Massachusettsis asuva Woods Hole'i okeanograafiainstituudi geofüüsik Maurice Ewing viisi, kuidas helilained levivad läbi ookeanisügavuste. Ewing oli ekspert helilainetega merepõhja geoloogilise kaardistamise alal. USA merevägi palus tal uurida heli käitumist vee all, sest see oli väga oluline tegur allveesõjas. 1943. aastal tõestas ta, et umbkaudu 1000 meetri sügavusel ookeanis (sõltuvalt laiuskraadist) asub spetsiifiline veekiht, nn helikanal. See kanal püüab veetalused helilained lõksu ja juhib need palju kaugemale, kui see oleks võimalik teistel sügavustel. See kanal toimib tänu refraktsioonile.

Keskliste laiustel (see on oluline, sest veetemperatuur varieerub ekvaatori ja pooluste vahel suuresti) levivad helilained mere pinnakihi kiirusega 5470 km/h. Temperatuuri vähenemine sügavuse suurenedes tingib heli levimise kiiruse kahanemise 1200 meetri sügavusel 5360 kilomeetrini tunnis. Sellest sügavamal veetemperatuur enam ei lange, kuid vee rõhk kasvab edasi, millekaasneb heli kiiruse kasv. 5000 meetri sügavusel on heli kiirus taas tõusnud ligikaudu 5536 kilomeetrini tunnis. Kõnealusel helikanalis, mis asub umbes kilomeetri sügavusel, levib heli kõige aeglasemalt. Soojades troopilistes vetes asub kanal sügavamal ja pooluste pool tõuseb pinnale lähemale. Tänu refraktsioonile on see ka sügavus, kuhu koondub enamik helilaine energiast, mis ei suuda levida üles- ega allapoole, vaid üksnes horisontaalselt.

Kujutlegem süvahelikanalis häälitsevat kүүrvaala. Tavaolukorras eemalduvad helilained temast aina laienevate sfääradena. Ent taolises helikanalis pinnale pürgivate lainete ülaosa liigub kiiremini ja lained kaarduvad allapoole. Sügavusse pürgivad lainete lainete alaosa kiir-

Eepilised rus suureneb ning need lained kaarduvad ülespoole. Soojemast
vaalalaulud veest moodustunud „lagi“ ja kasvavast rõhust moodustunud

„põrand“ sunnivad laineid levima mitte ruumiliselt sfääradena, vaid laienevate silindritena. Kanali piires levivat kүүrvaala laulu võivad teised vaalad kuulda suurte vahemaade taha, ehk isegi sadade kilomeetrite kaugusele. Kuigi merebioloogid on juba 1970. aastast spekulleerinud, nagu võiksid kүүrvaalad ja ka teised liigid, näiteks põhja pool elutsevad laupvaalad, kasutada süvahelikanalit omavaheliseks suhtlemiseks, on see

spekulatsiooniks jäänudki.

Tundsid vaalad süvahelikanalit aastatuhandeid või mitte, aga Ewing oli esimene inimene, kes selle avastas. Kanal sai tuntuks lühendi SOFAR (*sound fixing and ranging*) all ning USA merevägi rahastas Ewingi uurinuid agaralt tänu nende sõjalisele potentsiaalile. Teadlane tegi ettepaneku luua veealuste mikrofonide ehk hüdrofonide võrgustik, mille abil saaks kindlaks määrata merre kukkunud lendurite asukoha. Allatulistatud lendurid laseksid vette õõnsa metallkera, SOFARI kera. See vajuks allapoole ja umbes 1000 m sügavuses puruneks vee surve, tekitades kanalis veealust heli. Seda heli oleks võimalik tuhandete kilomeetrite kaugusel kinni püüda ning selle allika asupaiga saaks kindlaks määrata triangulatsiooni teel, võrreldes erinevate hüdrofonide kogutud andmeid.

Sedamööda, kuidas USA sõjaväe sõjajärgne tähelepanu koondus Nõukogude Liidule, paluti Columbia ülikooli asunud Ewingit otsida võimalusi Vene tuumakatsetuste tuvastamiseks. Tal oligi juba tekkinud mõte, et ka atmosfääris peaks saama rakendada samalaadset põhimõtet nagu ookeanis: seal peaks asuma helikanal, mis toimib tänu õhutemperatuuri muutumisele kõrguse suurenedes. Ehk oleks see helikanal moodus kuulda plahvatusi maailma teisest otsast?

Mida kõrgemale õhk troposfääris liigub, seda rohkem see jahtub. Troposfäär on atmosfääri alumine kiht, mis ulatub pooluste kandis ligikaudu 9 kilomeetri ja ekvaatori kohal 17-20 kilomeetri kõrguseni, minnes seejärel üle tropopausiks. Seda siirdeala troposfääri ja stratosfääri vahel tähistab osooni ja teiste päikesekiirgust neelavate gaaside kõrgem kontsentratsioon. Selle tõttu hakkab tropopausist kõrgemal, stratosfääris õhk taas soojenema. Teisisõnu, troposfääri ülaosas paikneb külm õhukiht, mida nii alt kui ülevalt ümbritseb soojem õhk. Kuna heli kiirus sõltub ainult õhutemperatuurist, toimib see piirkond nagu veealuse SOFARI kanali analoog õhuookeanis. Helilained kipuvad külmemasse õhku „kinni“ jääma, sest laineosad, mis suunduvad üles- või allapoole, liiguvad soojemas õhus kiiremini ja kaarduvad keskele kokku. Täpselt nagu vee all, püüab väiksema heli kiirusega õhukiht helilainete energia teataval kõrgusel lõksu.

Ewing oli veendunud, et atmosfääri helikanal kannab Nõukogude tuumakatsetuste helilained edasi ümber maakera. Tal õnnestus selles veenda ka Ühendriikide õhujõudude juhtkonda. Tuumakatsetuste jälgimiseks tulnuks neil vaid õiges kõrgusvahemikus kuulata. Et aga helikanal asub atmosfääris umbes 13 kilomeetri kõrgusel, oli seda kerge öelda, kuid

raske teha. Ewing soovitas kasutada suurte õhupallide küljes rippuvaid mikrofone. Nende signaalid tulnuks raadio teel edastada kas maapealsele vastuvõtjatele või eriseadmetega varustatud lennukitele. Ülisalajane plaan, mille Ewing töötas välja koos teiste ülikoolide teadlastega, sai koodnimeks „Mogul“.

Tööd projekti kallal toimusid ülisalajastes eraldatud laborites. Testlennud sooritati inimasustusest kaugele jäävates sõjaväebaasides. Neist üks oli Alamogordo lennuväli New Mexico kõrbes, üsna lähedal kohale, kus 1945. aastal viidi läbi USA esimene tuumakatsetus. Uus luureplaan oli nii salajane, et isegi asjasse pühendatud Alamogordo sõjaväelased pidid projektist rääkides kasutama koodsõnu ning töid juhtivad New Yorgi ülikooli teadlased teadsid üksnes oma otseseid ülesandeid. Neilgi polnud suuremat aimu, kuidas nende tööpanus üldpilti sobitub. Projektist „Mogul“ olid teadmatuses ka sadakond kilomeetrit kirde pool asuva Roswelli sõjalennuvälja töötajad.

Üks asi – päratusuured õhupallid – ei saanud ometi saladuseks jääda.

Ülimalajastest
kaugel Tihti ühendati need kokku tohututeks, ligi 30 pallist koosnevateks 200 meetri pikkusteks kettideks, mille küljes olid mikrofonid, raadioseadmed ja hõbedased kuuekandilised radarisignaalide peegeldid, et neid oleks hõlpsam jälgida. Salastamist raskendas seegi, et seadised tuli üles saata päevalges. Mis veel hullem, õhupallide liikumist ei saanud kontrollida, sest pallid olid tuulte meelevalkas.

Õhupallide süsteemi katsetused algasid 1946. aasta novembris ja jätkusid ka 1947. aastal, kuni projekti „Mogul“ lõpetamiseni. Peatselt leiti, et tuumaplahvatusi teispool maakera saab hoopis ökonoomsemalt ja diskreetsemalt jälgida seismograafide abil. Uurimistöö saladuses hoidmiseks oli sõjavägi ülimalt hoolas purunenud õhupalle ja seadmeid üles otsima ja kokku korjama. Nad avastasid koguni, et otsimisel on abi kohaliku raadiojaama ufo-teadetest, sest taevast hõljuvad hõbedased kuusnurgad ei jäänud kohalikele elanikele märkamatuks. Mõnikord jäid rusud siiski leidmata. Nõnda juhtus ka 4. juuni 1947. aasta katsetusel.

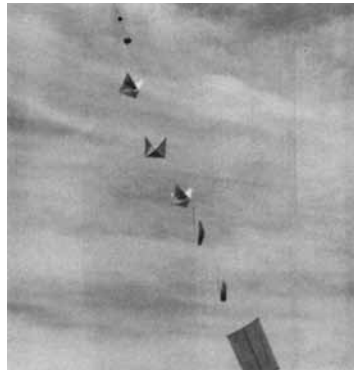
Kümme päeva pärast seda õhupallide lendulaskmist leidsid rantsõpidaja W. W. (Mac) Brazel ja tema kaheksa-aastane poeg Vernon kummiribadest, fooliumist, vastupidavast paberist ja teivastest koosnevad helkivad rusud.⁸ Alul ei teinud farmer leiust suurt väljagi ja jättis selle puutumatuks sinnasamasse. Kuid mõni nädal hiljem, olles meediast kuulnud saladuslikest lendavatest taldrikutest, mida sealtkandi rahvas olla näinud, otsustas ta rusudest teatada Roswelli šerifile. Too võttis otsemaid



„Me tulime helilaineid otsima.“

ÜLAL: Sellelaadseid 30-meetrise läbimõõduga polüetüleenist õhupalle kasutati projektis „Mogul“ New Mexico kohal, et katsetada venkude pealtkuulamise aparatuuri.

PAREMAL: Vähe sellest, et õhupallid olid sageli lamedad ja meenutasid maapinnalt vaadates lendavaid taldrikuid, lisaks rippusid nende küljes hõbedased radarisignaali peegeldid.



kontakti Roswelli sõjalennuväljaga ja sealt saadeti kohale luureohvitser, kes pidi koos Brazeliga tundmatud rusud kokku korjama. Nagu tema Roswelli kolleegidel, polnud temalgi aimu Alamogordo lennuväljal teoksil olevast ülisalajasest õhupallide katsetusprogrammist.

Roswelli infoteenistus saatis kohalikesse lehtedesse pressiteate, milles väitis, et „eile leidsid kinnitust kuulujutud lendavatest taldrikutest“, sest baasi luureüksused võtsid salapäraseid esemed oma valdusesse. Järgmisel hommikul, 8. juulil ilmus ajalehe Roswell Daily Record esiküljel artikkel silmatorkava pealkirjaga: „RAAF sai Roswelli lähistelt rantšost kätte lendava taldriku“. Rusud saadeti uurimiseks Fort Worthi sõjalennuväljale Texases. Pole teada, kas sealne ülemus oli projektist „Mogul“ kuulnud,



Roswell Daily Record, 8. juuli 1947: iga leHEMEHE unistus.

kuid kindlasti valas ta ebasoovitavale avalikustamisele külma vett krae vahele ja teatas, et see kõik oli palju kära eimillestki: Brazeli leitud rusud pärinesid ilmateenistuse allakukkunud õhupallist. Alamogordo Daily Newsi korrespondendid kutsuti rususid pildistama, vähemalt neid osi, mis olid väitega kooskõlas.

Kui selgus, et kogu lugu tähelepanu ei vääri, vaibus ka ajakirjanduse huvi. Aga ebakõlad tunnistajate ütlustes koos sõjaväelaste hulgas levinud kuulujuttudega kõrgel tasemel toimunud kinnimätsimisest andsid hoogu tollastele ufo-juhtumite lainele ja õhutasid vandenõuteoretikuid väitma, et avakosmosest saabunud lendava taldriku vrakk salastati kõige kõrgemal tasemel.

USA lennuvägi viis 1995. aastal läbi põhjaliku ja ammendava uuringu, mis ei jätnud kahtluse varjugi, et rusud pärinesid ülisalajaselt atmosfääri helikanali kuulamisseadmelt, mis oli loodud Nõukogude tuumakatsetustest pärinevate helilainete avastamiseks.⁹ Raport veenis mõningaid ufolooge, ülejäänud aga järeldasid lihtsalt, et USA õhuvägi pidi ju seda väitma, mis neil muud üle jäi.

Juhtum Roswellis on nüüd nii lahutamatu osa ufo-folkloorist, et seda on koguni kaunistatud juttudega tulnukalaipadest, mis sündmuskohalt olevat leitud ja Nevada kõrbes asuvasse ülisalajasasse, Area 51 nime all tuntuks saanud sõjabaasi lahkamisele viidud. Iga aasta 4. juulil toimub Roswellis ufo-festival, kus ufoloogid tulevad kokku vestlusringe ja

loenguid pidama. Juhtum on juurdunud ka popkultuuri. Hollywoodi ulmefilmis „Iseseisvuspäev“ ehitab üks sõjaväelane Roswellist leitud rusudest tulnukate kosmoselennuki, mida kasutatakse Maa kaitseks tulnukate sissetungi vastu. Kui filmi loojad oleks fakte täpsemalt järginud, *Will Smith* näeksime Will Smithi kohtumas tulnukate tohutu emalaevaga, mis *õhupallis* on relvastatud õhupalli, mikrofoni ja fooliumist radaripeegeldiga.



Erineva temperatuuriga õhust läbiminekul ilmneb refraktsioon mitte ainult heli, vaid ka teiste lainete puhul. Sama juhtub ka valgusega. Valguslainete paindumist võib näha, kui vaadata kõrvetava päikese käes pikka teelõiku. See, kuidas valgus asfaldi kohal oleva sooja ja ülevalpool oleva jahedama õhu vaheliselt eralduspinnalt murdub, loob mulje, nagu peegelduks taust teepinnalt. Kuuma õhu tõustes pöörlevad keerised tekitavad virvendava efekti, nagu oleks valgus kõverdunud nii- ja naapidi.

Valguse refraktsiooni demonstreerib ka veeklaasi pistetud lusika näiv kõverdumine. Veest väljuvate valguslainete järsk suunamuutus vee pinnal moonutab kujutist nõnda, et lusikas näib olevat katki ja selle kaks poolt sihivad eri suunda.

Refraktsioon annab seletuse ka ühele merelainete mõistatusele, mis on mind alati köitnud: miks jõuavad lained rannikule alati sellega rööbiti, liikumissuund ikka veepiiriga risti? Kui laineid tekitab torm avamerel, võiks arvata, et nad ei rullu randa ikka ja jälle kindlas suunas, vaid piki rannikut, ühest otsast teiseni.

Et see nii ei toimu, on taas refraktsiooni süü. Mida madalamaks vesi muutub, seda aeglasemalt kulgevad lained. Kui laine läheneb maismaale nurga all rannanõlva kalde suhtes, aeglustub rohkem laineharja maismaale lähemal asuv osa. See sunnib laineharju järjest enam pöörduma. Tulemusena pöördub lainelevi suund üha rohkem maismaa suunas.

Põnev on kujutleda, kui võõras paistaks see, kui lained ei rulluks randa tavapäraselt otse. Teab, kas nüüd lausa võõras, kuid kindlasti tunduks, et midagi on viltu. Enamik meist, lainevaatlejad või mitte, ei oska refraktsiooni eriti hinnata. Meie meelest on see ise- *Mis oleks, kui lained randuksid, külg ees?* enesest mõistetav. Mis meil sellest, et lained muudavad liikumissuunda, kui muutub nende kiirus teiste omadustega keskkonda jõudmisel? Refraktsioon selgitab, miks merelained jõuavad rannikule sellega risti, aga see ei pruugi tunduda teab mis tähtis, kui te pole varem

tähelegi pannud, et lained niimoodi teevad. Aga just selles lainevaatlemise mõte seisnebki: märgata, mis on peidus kõige igapäevase sees.

Lainevaatleja võib muidugi lihtsalt nautida laineid ilma sügavalt nende üle mõtlemata. Minu meelest on see kõigele lisaks parim mediteerimisviis üldse. Kuid saamine lainevaatlejaks selle sõna laiemas tähenduses tähendab seoste, paralleelide ja sarnasuste leidmist väga erinevate lainetüüpide vahel: mõnda neist – nagu neid, mis saabuvad rannale – on kerge märgata ning teised, näiteks helilained, jäävad silmale nähtamatuks. Maailma laineline iseloom võib paljudele tunduda nõnda tühine, et nad elavad selles osas täielikus teadmatuses, ent see on samuti sedavõrd põhjanev, et kui hakkate ükskord laineid märkama, näete neid kõikjal.



See toob meid difraktsioonini, mis on lainete kolmas (ja viimane) maneer:

lained mööduvad väikeste takistuste ümbert neid märkamata ning väikestest avadest väljudes lebivad igas suunas.

Takistuse mõju lainele sõltub eeskätt tõkke mõõtmete ja laine pikkuse suhtest. Kui takistus on laine pikkusest palju väiksem, ei avalda see laine liikumisele olulist mõju.

Õhus küünib helilainete pikkus mõnest sentimeetrist kuuldevahe- miku ülempiiril mõne meetrini selle alampiiril. Siit johtub, et erinevate helikõrguste difraktsioon toimub igapäevaste takistuste puhul erinevalt. Puud, tarad ja pargitud autod on kõrgete helide paarisentimeetritest lainepikkustest palju suuremad, kuid jäävad samas alla madalate helide mõnemeetritele lainepikkustele.

Kui ootate ülepääsu elava liiklusega tänavast, kuulete erinevate helikõrguste kakofooniat alates rehvide kõrgetoonilisest sahinast sillutisel kuni veoautomootorite madala pörinani. Kui aga teie ja tee vahele jääb tõkkeid, näiteks nurki ja seinu, kuulete vaid madalatoonilist mootorimüra. Kõrgemad toonid filtreeritakse välja.