

Jõhvi Gümnaasium

Roland Raidma, Henri Lemmats 11.a

# **SONDPALLI LENNUTAMINE STRATOSFÄÄRI**

Praktilise töö aruanne



Juhendaja: Airika Andruse

Jõhvi 2020

# Sisukord

<b>Sissejuhatus</b>	<b>3</b>
<b>1. Teoreetiline taust</b>	<b>4</b>
<b>2. Metoodika</b>	<b>6</b>
2.1. Koolitustel osalemine	6
2.2. Varustus	7
2.3. Lennu ettevalmistuse tegevuskava	7
2.3.1. Kasti sisu planeerimine	7
2.3.2. Kasti ehitamine	8
2.3.3. Programmeerimine	9
2.3.4. Stardiasukoha valik	9
2.3.5 Lennuloa taotlemine	10
2.3.6. Kasti testimine välitingimustes	10
2.4. Lennupäeval tegutsemine	10
2.5. Video tegemine ja üleslaadimine	11
<b>3. Tulemused</b>	<b>12</b>
<b>Kokkuvõte</b>	<b>14</b>
<b>Summary</b>	<b>15</b>
<b>Kasutatud allikad</b>	<b>16</b>
<b>Lisad</b>	<b>17</b>

# Sissejuhatus

Maailm areneb tänapäeval tohutult kiiresti, millele järgnevad ühiskonnas suured muudatused nii tehnoloogia-, kui ka tööstusvaldkonnas. Praeguste noorte jaoks on lai valik uksi avatud edasiste karjäärivalikute suhtes isegi enne gümnaasiumi või kutsekooli astumist. Kosmosega seonduvad teemad on põhikooli ning gümnaasiumi õpilaste seas jäänud teadus- ja huviringide tegevusalasse või osalisel määral füüsika ainetundidesse. Antud valdkond on kohati tehnoloogiliselt keeruline ja seadmete poolest ka kallis, mille tõttu ei ole see populaarne.

Jõhvi Gümnaasium liitus 2018. aastal Eesti Kosmosekoolide Võrgustikuga, kelle üks eesmärkidest on pakkuda võrgustikuga ühinenud õpilastele võimalust tutvuda lähemalt stratosfääri lendude planeerimise ja korraldamisega. Stratosfäärilendude planeerimine ja läbiviimine pole gümnaasiumi õpilastel ainekavas ja sellepärast on lende korraldatud vähe. Omakorda sellest tulenevalt võib informatsiooni antud valdkonna kohta pidada puudulikuks nii põhikooli, kui ka gümnaasiumi tasandil. Kosmosekoolide Võrgustiku äsjase loomise tõttu pole ükski Jõhvi Gümnaasiumi õpilane saanud olla osaline isegi ühe õhupalli stratosfääri saatmisest kuni tänaseni.

Toona, 2018. aasta detsembris, pakuti Jõhvi Gümnaasiumi kahele kümnenda lennu õpilasele võimalust osaleda kosmoseteemalises projektis, mille käigus said õpilased otsustada, kas osaleda või mitte. Praktilise töö jaoks vajalikud töövahendid ning seadmed jagati koolituste käigus programmis osalevatele koolidele. Projektiga seonduvad kulud nagu näiteks koolitused, lennupäeva transport ja vahendid, hüvitati Eesti Kosmosekoolide eelarvest. Õpilastel, kes projektis hakkasid kaasa lööma, puudusid isiklikud kokkupuuted kosmosevaldkonna ning lendude planeerimise osaga ja seetõttu pakkus praktilise töö sooritamise uusi teadmisi, kogemusi ning eneseteostusvõimalust.

Praktilise töö eesmärgiks oli sooritada stratosfäärilend nii, et saaks jäädvustatud fotod ja video õhulennust. Kõige olulisemaks pidasid autorid lennu edukat sooritamist, mis tähendas seda, et tehnika oleks leitav ning terve. Antud lennu planeerimise juures pidid autorid arvesse võtma palju faktoreid, mis olid seotud enamasti ilmastikuga, näiteks tuulesuund- ja tugevus.

# 1. Teoreetiline taust

Eesti Kosmosekoolide Võrgustik on välja arenenud ühest kosmoseteematisest huviringist, mis algselt leidis aset Väätsa Põhikoolis. Suure huvi tõttu käivitati 2018. aasta sügisel üle-eestiline võrgustik. Kosmosekoolide võrgustikku kuulub 10 kooli: Väätsa Põhikool, Tallinna Reaalkool, Merivälja Kool, Jõhvi Gümnaasium, Viljandi Jakobsoni Kool, Pärnu Vanalinna Kool, Kanepi Gümnaasium, Elva Gümnaasium, Paide Gümnaasium ja Pärnu Ülejõe Kool (Eesti Kosmosekoolide Võrgustik, 2019).

Loetelus olevate koolide näitel on suudetud korraldada stratosfääri teaduslende kuni 35 kilomeetri kõrgusele, seda muidugi Eesti tippteadlaste abiga. Kosmosekoolide Võrgustiku toetajateks on Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Ülikooli Tõravere Observatoorium, Innove ning Keskkonnaministeerium. Tallinna Tehnikaülikoolist on õpilastele abiks kolm teadlast: Rauno Gordon, Eiko Priidel ja Martin Simon, kelle igapäevatöö on seotud hoopiski Eesti satelliitide koostamise ning orbiidile saatmisega. Oma ala tippinsenerid annavad koolidele nõu ja õpivad noortega töötamise kaudu omakorda, kuidas anda edasi isiklike teadmisi õpilastele. Suurt rolli on Eesti tippteadlased ka mänginud stratosfäärilennu õpiku koostamisel. Võrgustiku ürituste korraldamist ja katselaboris katsetamist pakub eelkõige Tartu Ülikooli Tõravere Observatoorium kolme töötaja abiga: Mari Allik, Viljo Allik ja Tanel Liira. Programmeerimisega aitavad lisaks perekond Leoste (Janika, Jaanus ja Karl Leoste). Sondpalli stratosfääri saatmine on suur ettevõtmine ning seetõttu pakub antud protsess projektis osalejale väga õpetliku ja ekstreemse kogemuse. Selliste lendude korraldamine ja lähenemine Eestis on esmakordne ja see annab kõikidele õpilastele võimaluse end proovile panna ja selle käigus katsetada erinevaid lahendusi (Gordon, Leoste, Priidel, Simon, Leoste ja Nahkor, 2019).

Stratosfäär on atmosfäärikiht, mis paikneb merepinnast 17-50 km kõrgusel. Lisaks stratosfäärile on atmosfääris veel kihte nagu troposfäär, mesosfäär ja termosfäär (Tuisk, 2017).

Sond on kast, mis tõuseb õhupalli abil lendu. Kasti ning õhupalli keskele on paigutatud langevari, mis tagab ohutuma sondi maandumise. Autorite sondikorpus koosneb penoplastist, kuhu on paigutatud mitmesuguseid tehnilisi seadmeid, mis on välja toodud metoodika

peatükis. Praktilise töö sooritajate sond läbis troposfääri ning stratosfääri, kuhu vahele jääb veel tropopaus. (Eesti Kosmosekoolide Võrgustik, 2019)

Võrgustikutöö jooksul on stratosfäärilennu õpik “Teekond Stratosfääri”, mis valmis 2019. aastal. Avaldatud õpik võtab kokku kõik teadmised, mida teadlased aastase koolitusseeria käigus kümnele koolile jaganud on. Õpikumaterjal ning lisaks võrgustiku jagatud kogemus annab tuge kooliõpilastele, kes soovivad kosmosetehnoloogiat tundma õppida. Antud õppematerjali on koostanud teadlased Eiko Priidel, Rauno Gordon, Janika Leoste ja Martin Simon. (Eesti Kosmosekoolide Võrgustik, 2019)

## 2. Metoodika

Stratosfäärilennu planeerimine ning lisaks teostamine on pikk ja keeruline protsess, mis vajab lähemat selgitust. Süsteemsuse loomiseks on metoodika peatükk jagatud detailseteks alapeatükkideks alates koolitustel osalemisest kuni eesmärgi saavutamiseni.

### 2.1. Koolitustel osalemine

Teoreetiliselt algas praktiline töö juba 2018. aasta detsembris, kui autorid osalesid võrgustiku esimesel ametlikul koolitusel. Praeguseks on võrgustikul toimunud viis koolitust, kus on käsitletud eriti spetsifiliselt mitmeid lennuga seotud teemasid. Teemad on välja toodud alapunktidenäna. Lisaks jagasid koolitusel oma näpunäiteid ning nõuandeid valdkonnaga kursis olevad Eesti teadlased, keda oli välja toodud teooria peatükis.

- *13.12.2018 kuni 14.12.2018 - programmeerimine*

Programmeerimiseks anti autoritele pardaarvuti Raspberry Pi 3, mille abil on võimalik koguda erinevaid andmeid nagu õhutemperatuur, õhurõhk, niiskus jne. Terve koolituse vältel pandi rõhku skriptide ehk mingit toimingut kirjeldavate käsujadade kirjutamisele.

- *22.02.2019 - raadioside ja sensorid*

Koolitusel katsetati raadiosidet, millega on võimalik koguda lennu vältel andmeid ning neid otse-eestriist ka arvutist jälgida. Pardaarvuti külge on võimalik ühendada mitmesuguseid sensoreid olenevalt sellest, mis andmeid koguda soovitakse.

- *10.05.2019 - andmete kogumine ja analüüs*

Katsetati andurite võimekust ja andmete kogumise usaldusväärsust. Hiljem, kui andmed olid kokku kogutud, teostati analüüs, et näha, kas kõigil koolitusel osalejatel tulid kokkuvõttes sarnased tulemused.

- *08.11.2019 - lennu planeerimine*

Stratosfäärilennu edukaks sooritamiseks on tähtis hea planeering. Varasema kokkupuutega spetsialistid ja teadlased jagasid mitmesuguseid soovitusi, milliseid faktoreid tuleb arvesse võtta edukaks lennuks, milleks on ilmaoluga seonduvad faktorid nagu tuulesuund, tuulekiirus, õhutemperatuur ja nähtavus. Kõige mõistlikumaks stardiasukohaks pakuti välja Kesk-Eesti,

sest siis on kõige väiksem tõenäosus sondpallil teise riiki või avamerre triivida. Probleemide vältimiseks tuleb taotleda Lennuametilt lennuluba, et õhupallilend stratosfääri oleks kooskõlastatud ning vastaks seadustele.

- *07.02.2020 - murede lahendamine ja masinate käivitamise laager*

Selle koolituse põhiline eesmärk oli võrgustikus osalejate viimaste probleemide lahendamine. Korduvalt katsetati tehniliste seadmete töövõimet, et veenduda tehnika vastavuses. Selleks käivitati vidinad ja testiti neid et lennupäev mööduks kõigil edukalt. Autorite arvates oli tegemist kõige kasulikuma koolitusega siimaani, sest antud koolitusel koguti väga palju kasulikku informatsiooni.

## **2.2. Varustus**

Kosmosekoolide Võrgustiku poolt jagati vastav tehnika, millega on võimalik teostada stratosfäärilendu. Põhivarustusse kuuluvad: 2x 600g ja 1x 1000g lateksist õhupalli, 2x 128gb mälukaardid, erinevad andurid, 2x seikluskaamerat, GPS trækker ehk satelliitvõrgu abil ülemaailmset asukohta määrav seadeldis, 2x akupanka, pardaarvuti koos lisaplaadiga ning nende laadimiseks vajalik patareipakk. Kõikide tehniliste seadmete ning töövahenditega varustas autoreid Eesti Kosmosekoolide Võrgustik, kellel on eraldi iga kooli jaoks akt ja eelarve.

## **2.3. Lennu ettevalmistuse tegevuskava**

Kõige aluseks oli materjali piisav läbitöötamine, et kõik tööetapid saaks tehtud efektiivselt ja vähima võimaliku ajakuluga. Mõlemad autorid töötasid individuaalselt läbi õpiku “Teekond Stratosfääri” (Gordon, Leoste, Priidel, Simon, Leoste ja Nahkor, 2019). Pärast vajaliku informatsiooni omandamist jagasid töö autorid omavahel ära ülesanded, et lõigata kasu iga autori plussidest ja miinustest. Antud alapeatükk jaguneb omakorda alapeatüki alljaotuseks, et anda parem ülevaade iga autori panusest praktilisse töösse.

### **2.3.1. Kasti sisu planeerimine**

Autorite esimeseks ülesandeks oli kasti sisu planeerimine. Arutelu käigus otsustati kõige tähtsamaks elemendiks seikluskaamerate videopildi jäädvustamist terve lennu vältel. Selle

otsuse tõttu pandi enim rõhku seikluskaamerate salvestus- ja töövõimele. Kaamerate töömahu tõstmiseks otsustati lennu ajal kaamerad laadima panna kahe akupanga abil. Parima tulemuse tagamiseks seadistas Roland Raidma seikluskaamerate kvaliteediks 1080p 60fps (kaadrit sekundis).

Järgmiseks tähtsaks elemendiks oli GPS-trækker, mille abil on võimalik pärast maandumist saada teada kasti täpne asukoht. GPS-trækkerit katsetasid autorid üle kümne korra, et veenduda asukoha usaldusväärsuses ja akukestvuses. Antud asukohaseade näitab välistes tingimustes asukohta kõige halvemal juhul 10 meetri raadiuses. GPS-i täis aku kestab sisetingimustes üle 2 päeva, mis on enam kui vajalik, et trækker oleks võimeline andma signaali välistingimustes pärast maandumist. Trækkerisse sisestati SIM-kaart ehk mobiilsideteenuse kasutamiseks vajalik kiipkaart, et oleks ühendus mobiilsidevõrguga. Asukoha tuvastamiseks registreeris Henri Lemmats end veebilehel [GPS kaugjälgimine - seadmed ja rakendused Metrotecist](#), kus tuli sisestada GPS-trækkeri tagaosas olev kood. Veebilehel on võimalik jälgida asukohta kaardil, kuid 1 kuni 2 kilomeetri kõrgusel kaob mobiilsidelevi ära ning siis ollakse ülejäänud lennu tõusul teadmatutes. Maandudes on uuesti sondi levialasse saabudes kaardilt asukoht nähtav.

Kasti otsustati lisada ka pardaarvuti Raspberry Pi 3, mille abil on võimalik koguda mitmesuguseid arvandmeid ja lisaks programmeerida iseseisev sõltumatu GPS. Praktilise töö lisaväärtuseks otsustasid autorid joota pardaarvuti külge õhurõhu- ja temperatuurianduri, et näha, kuidas muutuvad antud väärtused lennu jooksul. Arvandmete kogumiseks on vaja pardaarvutil funktsioneerida ja seetõttu laeti seda tavaliste Duracelli patareidega. Kõige viimaseks lisati pardaarvutile GPS-i miniantenn, mille katsetamisele erilist rõhku ei pandud, kuna oldi veendunud GPS-trækkeri saajaprotsendilises töötamises.

### **2.3.2. Kasti ehitamine**

Stratosfäärilennu õpikus teiste toimunud lendude tutvustustest lugesid autorid välja, et penoplast on hea variant kasti ehitamiseks, sest tegu on odava materjaliga, millel on hea soojusisolatsioon. Penoplasti hankis autoritele nende juhendaja Airika Andruse. Kasti seinte paksuseks oli soovitatav vahemik 1.5 cm kuni 5 cm.



Kasti kujunduse ning ehitamise võttis enda peale Roland Raidma, kes tegeles sellega alguses garaazhis ning hiljem kodus. Jaanuarikuus pärast pikki koolipäevi lõigati valmis penoplastist plaadid. Kokku liimiti need kummiliimiga ning liimil lasti 20 minutit kuivada. Ühtlase struktuuri tagamiseks kleebiti mitu kihti ilmakindlat teipi, lisaks lükati seinte ühenduste vahele hambaorke, et kasti osad oleksid tugevalt koos. Kasti esimest versiooni kohandati lausa mitmeid kordi ennem, kui see täielikult valmis sai. Seinte kõrgust taandati, et kasti kaal oleks väiksem .

Pärast lõpliku versiooni valmimist tehti kasti auke ning avasid. Suuremad augud tehti kahe seikluskaamera jaoks, mille juures oli oluline jälgida, et kasti ääred ei jääks videol näha. Avad tehti anduri ning kaablisidemete jaoks. Lisaväärtusena tahtsid autorid mõõta õhurõhku- ja temperatuuri, seetõttu tuli andur paigutada kastist väljapoole. Tehnoloogiliste vidinate paigutus oli äärmiselt oluline, kuna õhutemperatuur muutub terve lennu vältel ning halva paigutuse korral võib takistada õhutemperatuur mõne seadeldise tööd.

### **2.3.3. Programmeerimine**

Pardaarvuti ning andurite toimimiseks on tarvis skripte ehk käsujadasid. Esimesel koolitusel tehti pardaarvutiga tutvust, õpiti seda kasutama ning sellele skripte kirjutama (Vt peatükk 2.1 Koolitustel osalemine). Peale seda kirjutas Henri Lemmats koodi nii kodus, kui ka koolis. Skriptide kirjutamiseks kasutati kosmosekoolide õpikut, kus on detailselt kirjeldatud vajalikke käskke ning nende tööpõhimõtteid. Praktiliselt kõik koodiread kirjutati juhendi järgi, kuid mõned muudeti ära vastavalt identsetele seadmete või sageduste andmetele.

### **2.3.4. Stardiasukoha valik**

Stratosfäärilennu stardipunkti valikul said määravaks mitmed faktorid ning varem lende korraldanud spetsialistide õpetussõnad. Määravad faktorid olid tuulesuund, tuulekiirus, ilmastikuolud ja riikide piirid. Autorid otsustasid esmaseks stardi asukohaks valida Põltsamaa, kuna prognoos oli soodne ehk lennupäeva jooksul ei oleks olnud vaja sõita väga pikka vahemaad kasti leidmiseks. Asukoht vahetati nädal hiljem hoopiski Väätsaks, sest sealt oldi sarnaseid lende korraldatud ning meile sai abiks olla üks võrgustiku eestvedajatest Jonas Nahkor, kellel on olnud varasemad kokkupuuteid stardiga.

### **2.3.5 Lennuloa taotlemine**

Sujuva ja seadusega kooskõlas oleva stratosfäärilennu läbiviimiseks oli vaja kirjutada Lennuametile ametlik kiri. Kirjas esitasid autorid lennu toimumise kuupäeva, kellaaja, kestvuse, alguskoha, informatsiooni sondi ning õhupalli kohta, tõusukiiruse ja nõõri katkemise tugevuse (Vt Lisa 1).

Esmalt oli stardiasukohaks valitud Põltsamaa, kuid ilmaprognoosi pidevalt jälgides märkasid autorid sondpalli triivimist Eesti riigipiiridest välja. Seega otsustati startida hoopiski Väätsa Põhikooli staadionilt. Prognoos ennustas sondpalli maandumist Tartust natukene edasi. Asukoha muutmise otsuse tõttu koostasid autorid uue kirja, millele tuli kiire ja positiivne vastus (Vt Lisa 2).

### **2.3.6. Kasti testimine välitingimustes**

Paar päeva enne lendu katsetasid praktilise töö autorid Roland Raidma ja Henri Lemmats tehniliste seadmete töövõimet välistes tingimustes. Hommikul kooli tulles kinnitati osaliselt kaamerad, pardaarvuti ning õhurõhu- ja temperatuuriandur, akupangad ja GPS-trækker. Kui kõik seadmed olid käivitatud, siis viidi kast Jõhvi Gümnaasiumi katusele.

Autorid soovisid katsetusega teada saada, kas miinuskraadide ning vihmajuga salvestavad kaamerad akupanga abiga ligikaudu kolm tundi, GPS-trækker töötab ja pardaarvuti salvestab autoritele vajalikku informatsiooni. Kõigil seadmetel lasti õues töötada üle kolme tunni.

Analüüsides saadi teada, et kaamerad filmivad hea kinnituse korral terve lennu vältel isegi ilma akupankadeta. GPS-trækker näitas täpset asukohta, aga pardaarvuti ei salvestanud logifaili õhurõhu- ja temperatuurianduri informatsiooni. Autorite jaoks olid järeldused tehtud ning oli saanud kõige tähtsam etapp ehk lennupäev.

## **2.4. Lennupäeval tegutsemine**

Lennupäeva alguses kogunesid töö autorid ja juhendaja Jõhvi Gümnaasiumis, kust võeti kaasa kõik vajalik varustus. Kell 8 hommikul sõideti Väätsa poole ning kella kümneks jõuti kohale. Stardi täpne asukoht oli Väätsa Põhikooli staadionilt.

Kohale jõudes hakati kohe ettevalmistustega pihta. Maha seati kile mugavuse ja tehnika hoidmise eesmärgil. Asjad laoti kile peale ja järgmisena teostati tehnika kontroll. Pardaarvuti signaali üritati üle poole tunni kätte saada, kuid signaali ei õnnestunudki lõpuks leida.

Kõik seikluskaamerad, akupangad, patareid ja GPS-trækker olid päev enne lendu juba täis laetud. Eelnevalt nimetatud tehnikavidinad peale ühe akupanga olid juba päev enne lendu tugevalt kaablisidemetega pingule tõmmatud, et ettevalmistused stardipäeval võtaksid minimaalselt aega (Vt Lisa 3). Kaablisidemeid kasutati eesmärgil, et õhulennu ajal ei kõiguks ega liiguks ükski tehniline seade kastis. Pardaarvuti koos anduri ja GPS-miniantenniga osutusid kasutuks, kuna ühtegi koodirida logifaili ei salvestatud ja GPS signaali ei leitud üles. Autorid olid eelnevate katsetuste põhjal veendunud GPS-trækkeri täielikus töökindluses ning rohkem aega tehnika katsetusele ei raisatud, vaid hakati vaikselt valmistuma sondpalli lendu laskmiseks.

Nüüd oli aeg lateksist 600g õhupall heeliumit täis lasta, millega tegeles võrgustiku eestvedaja Jonas Nahkor (Vt Lisa 4). Latekspalli täitmiseks kulus 10 minutit ning stardiks oli jäänud teha veel mõned tegevused. Sisse lülitati tehnilised seadmed ja seikluskaamerate külge ühendati veel akupangad. Kontrolliti veelkord, et seikluskaamerad filmiksid ja akupangad samal ajal laeks. Järgmisena tõmmati kasti kaas kaablisidemetega kinni ning mässiti võrgu sisse, mille küljes oli langevari. Langevarju külge läks omakorda latekspall, mis oli eriti tugevalt nõoriga kinni seotud. Kõik vajalikud protseduurid stardiks olid tehtud ning suunduti staadioni keskele, et sooritada esimene stratosfääri lend Jõhvi Gümnaasiumis. Kell 11.28 lasti sondpall teele ja nüüd jäi autoritel ainult oodata, vaid GPS signaali. Prognoosi järgi pidi sondpall liikuma Tartu poole. Sellest tulenevalt pakiti asjad kokku ning suunduti Tartu.

## **2.5. Video tegemine ja üleslaadimine**

Video valmimiseks vajalik videomaterjal sai võetud nii sondis olevatest kaamerateist kui ka stardipäeval tehtud videosalvestusest. Video monteerimiseks kasutas Henri Lemmats videotöötlusprogrammi *Adobe Premiere Pro*. Esialgset videot muudeti mitmeid kordi ning lõpuks oli tehtud videost neli versiooni, üks parem kui teine. Video taustale otsisid autorid muusika, et teekonda oleks põnevam jälgida. Laulule viidati ka video kirjelduses. Kui video

viimane versioon oli ära tehtud ning autorid sellega rahule jäid, laeti see videokeskkonda *Youtube*.

### 3. Tulemused

Sondpalli lennutamine stratosfääri oli autorite arvates edukas ning seatud eesmärgid said täidetud. Tõsisemad praktilised ettevalmistused stratosfäärilennu sooritamiseks oleks võinud hakata veidi varem, kui alles jaanuaris, kuid autoritel ei esinenud ajaplaneerimise tõttu probleeme. Hoolimata autorite vähese kogemuse ja vaba aja tõttu said kõik vajalikud tööetapid sooritatud õigeaegselt.

Üheks suurimaks probleemiks kujunes õhurõhu- ja temperatuurianduri käivitamine ning kogutud andmete logifaili salvestamine. Mõnel korral õnnestus autoritel andur nii tööle saada, et andmed edastati logifaili, mis tähendab väärtuste automaatset kirjutamist ühte teatud kohta. Lennupäeval ei teinud andur vajalikke toimingud ehk pardaarvutist polnud mitte mingil moel kasu. Praktilise töö lisaväärtusena ei olnud autorid mitte kogumata jäänud informatsiooni pärast mures, kuna tegu polnud peamise eesmärgiga.

Kõige ajamahukam tööprotsess oli suunatud kasti kavandamisele ning ehitamisele, sest autorid leidsid pidevalt viise, kuidas kasti paremaks muuta. Viimane versioon kastist sai valmis alles päev enne lendu, seega täiendati kasti järjepidevalt nii seest, kui ka väljast. Kõik tööetapid oli koondatud kastiga seonduvatele protsessidele.

Lennupäev möödus autorite jaoks suurepäraselt. Sondpall lasti lendu ajavahemikus, mis oli Lennuameti kirjas välja toodud. Start toimus Väätša Põhikooli staadionilt ja sondpalli leiti Tartu lähedalt, mis on linnulennul natukene alla saja kilomeetri (Vt Lisa 5). Praktilise töö läbiviijate sondpall tõusis 20 kilomeetri kõrgusele ning seejärel õhupall lõhkes. Teekond stratosfääri kestis 72 minutit, kuid langemine ainult 22 minutit ning töö tulemusena valmistati ka lennust kokkuvõtlik video, mis on laetud videokeskkonda *Youtube* (Vt Lisa 6).

Eesmärkideks oli stratosfäärilennu edukas läbiviimine, mis tähendas sondpalli lendu saatmist ning tehnika leidmist. Mõlemad eesmärgid said täidetud ning praktilise töö tegijad on tulemustega rahul. Tulevikus on ka veel lootust, et toimub sarnaseid lende, kas praeguste autorite või teiste Jõhvi Gümnaasiumi õpilaste näol.

Alates 9. märtsist oli võimalik näha kõikidest kooli televiisoritest klippi, mis on laetud üles ka videokeskkonda *Youtube* (Vt Lisa 6). Tagamõte peitub Jõhvi Gümnaasiumi õpilaste praktilise

töö resultaadi demonstreerimist laiemas pildis. Kooli suure õpilaste arvu tõttu on võimalik, et videot nähes tekib kellelgi huvi midagi sarnast tulevikus korda saata.

Õpilastel, kellel on lähem huvi või plaan võtta projektis osalemine autoritelt üle, saaksid vajadusel või probleemide tekkimise korral küsida autoritelt abi või veel enam nõuandeid. Terve töö jooksul kogutud teadmised, kogemused ning loodud videomaterjal on kasulik näiteks geograafia või füüsika tunnis demonstreerimiseks. Kõige loogilisem on esitleda praktilise töö põhjal suunatud ettekannet 100% eestikeelse õppekavaga klassiga, sest kontekstis esinevad rasked eestikeelsed terminid, millest ei pruugi teise koduse keelega õpilane kõige paremini aru saada.

# Kokkuvõte

Autorid seadsid käesolevale praktilisele tööle ühe peamise eesmärgi, mille saavutamiseks oli vaja sooritada edukas stratosfäärilend, mis tähendab sondipalli resultatiivset lendu laskmist ning hilisemat leidmist. Sellega pidi kaasnema ka terve lennu vältel jäädvustatud videomaterjal, mida ei ole võimalik saada ilma tehnika leidmiseta. Iga stratosfäärilennu juures peab arvestama erinevate ilmastiku faktoritega, mis ei soodustanud raskesti realiseeritavate eesmärkide püstitamist. Eesmärk sai täidetud sondi tagasijõudmise ning video valmimisega.

Tööprotsessi käigus tekkisid autoritel mõningaid probleeme. Üheks märkimisväärseks probleemiks osutus õhurõhu- ja temperatuurianduri töökorda seadmine ning omakorda kogutud andmete logifaili salvestamine. Testimistel olid andurid enamasti töökorras ja edastasid ka informatsiooni suunatud asukohta, lennupäeval ei toimunud pardaarvuti üldse. Sellest juhtumist hoolimata ei jäänud praktilise töö sooritajatel nende peamine eesmärk sooritamata, mis oli eduka stratosfäärilennu korraldamine. Lisaks oli pidevalt arenemisruumi kasti kujundamise ja planeerimise juures, mis kujunes ajaliselt kõige mahukamaks tööosaks, sest leiti hästi palju viise, kuidas kasti täiendada. Tegevused olid koondatud enamjaolt kasti ümber.

Pardaarvuti täielikust läbikukkumisest võib järeldada, et kui sooviks on koguda arvandmeid või jälgida GPS-signaali, siis tuleb sellele rohkem rõhku panna pidevate katsetustega. Üldpildis teisi läbikukkumisi ei olnud. Lõpptulemuses ollakse eriti rahulolevad, kuna autorid ei oodanud nii sujuvat ja hea kvaliteediga videot ning lennuprotsessi.

Praktilise töö vältel kogutud teadmised ja videomaterjal on kasulik näiteks koolisiseselt kaasõpilastele demonstreerimiseks. Õpilastel, kel on huvi midagi sarnast teha praktilise töö raames saavad töö juhendaja ja autoritega konsulteerida. Alati on ka võimalus liituda ise Eesti Kosmosekoolide Võrgustiku projektiga läbi Jõhvi Gümnaasiumi. Järgnevatele lennukorraldajatele soovitaks läbi viia stratosfäärilend, kus saavutatakse täielik raadioside ning kogutakse efektiivselt läbi pardaarvuti õhurõhu ja temperatuuri ning teisi andmeid.

# Summary

Jõhvi Gymnasium joined Eesti Kosmosekoolide Võrgustik (Estonian Space Schools Network, further ESSN) in 2018, whose one objective is to introduce the participants to planning and arranging stratosphere flights. As planning and arranging stratosphere flights is not necessary for gymnasium students, there has been very few flights conducted. In that case, the information about this field is insufficient for elementary school and gymnasium students. Due to ESSN being so new, no Jõhvi Gymnasium student has yet to participate in even one stratosphere launch until now.

The authors set one primary goal for this project, what required a successful stratosphere flight, which means recovery of the space shuttle. Accompanied with this would be video footage of the entire flight, which would be impossible without finding the space shuttle. When planning a stratosphere flight you have to take into account the different factors of weather, which did not make the challenging goal any easier. The goal was completed with the retrieval of the space shuttle and creation of the video.

During work process the authors faced a few problems. One of the bigger problems was getting the air pressure and temperature sensor to work and also reporting the data into a log file. During testing the sensor worked fine and saved the data where we needed it, however it did not work at all on launch day. Despite this drawback, the authors still completed their main objective, to arrange a successful stratosphere flight. As there was room for improvement on the design and planning of the space shuttle case, this turned out to be the most time consuming part of work because the authors found multiple ways to improve the case.

The knowledge and video footage gathered during the practical project could be useful to help demonstrate to other students in our school. The students who are planning to do similar activities for their practical project could also ask the authors for advice. There is always a chance to join the ESSN project yourself -through Jõhvi Gymnasium.



## Kasutatud allikad

Eesti Kosmosekoolide Võrgustik. (2019) *Eesti Kosmosekoolide Võrgustik*. Loetud aadressil <https://kosmosekoolid.ee/>

Gordon, R., Leoste, J., Priidel, E., Simon, M., Leoste, J. ja Nahkor, J. (2019). *Teekond Stratosfääri*. Stratosfäärilennu õpik. Loetud aadressil <https://kosmosekoolid.ee/abimaterjalid-stratosfaarilennutajale/>

Tuisk, R. (2017, oktoober). *Atmosfääri koostis ja ehitus*. Loetud aadressil <https://e-koolikott.ee/oppematerjal/14060-Atmosfaari-koostis-ja-ehitus>

# Lisad

## Lisa 1. Kiri Lennuametile

### Vabalennu õhupalli taotlus Postkast x



**Henri Lemmats** <henrilemmats@gmail.com>

saajale ecaa ▾

Tere,

Soovin lennutada vabalennu õhupalli:

Aeg: 20.veebruar, lennu algus kell 11.00, kestus 2-3 tundi

Lennu alguse koht: Põltsamaa

Pall: 1000g lateks pall, täidetud 15L heeliumi balloonist

Sond: 1000g vahtplast karp tehnikaga

Tõusukiirus: 5 m/s

Nööri katkemise tugevus on 10kg (kindlasti alla 22kg)

Lugupidamisega,

Henri Lemmats

## Lisa 2. Kirjalik vastus Lennuametilt



**Kea Toi**

saajale supervisor@eans.ee, eetu@eans.ee, mina ▾

K, 19. veebr 15:45



Teie 17.02.2020 taotluse muudatus  
Meie 19.02.2020 nr 4.7-6/20/422

Tere!

Edastame kooskõlastuse muudatuse, muudetud kohad tähistatud **tumedalt**.

Käesolevaga kooskõlastab Lennuamet Teie poolt 20.02.2020 kerge mehitemata vabalennuõhupalli taevasse laskmise järgmistel tingimustel:

- Kerge mehitemata vabalennuõhupalli lennutamine toimub 20.02.2020 ajavahemikus 11:00-14:00 kohalik aeg.
- Lendu lastakse üks mehitemata vabalennuõhupall.
- Mehitemata vabalennuõhupall lastakse lendu **Väätsa alevikust, Türi vald, Järva maakond**.
- Kerge mehitemata vabalennuõhupalli lähtestamiseks tuleb eelnevalt saada luba **Lennuliiklusteeninduse AS vahetuse vanemalt telefonil 6 258 254** vähemalt 10 minutit enne planeeritavat lähtestamist. Loa küsimisel tuleb edastada järgnev informatsioon: asukoht, algusaeg, arvestuslik kestvus, kõrgus, palli suurus ja värvus ning muu lennujuhi poolt küsitud informatsioon.
- **Vahetuse vanemal** on õigus vastava loa andmisest keelduda, kui lennuliiklusolukord seda ei võimalda.
- Kerge mehitemata vabalennuõhupalli käitamise eest vastutav isik on kohustatud teavitama **Lennuliiklusteeninduse AS vahetuse vanemalt telefonil 6 258 254** koheselt, kui õhupalli lennutamine on lõppenud.

### Lisa 3. Sondkasti sisemus

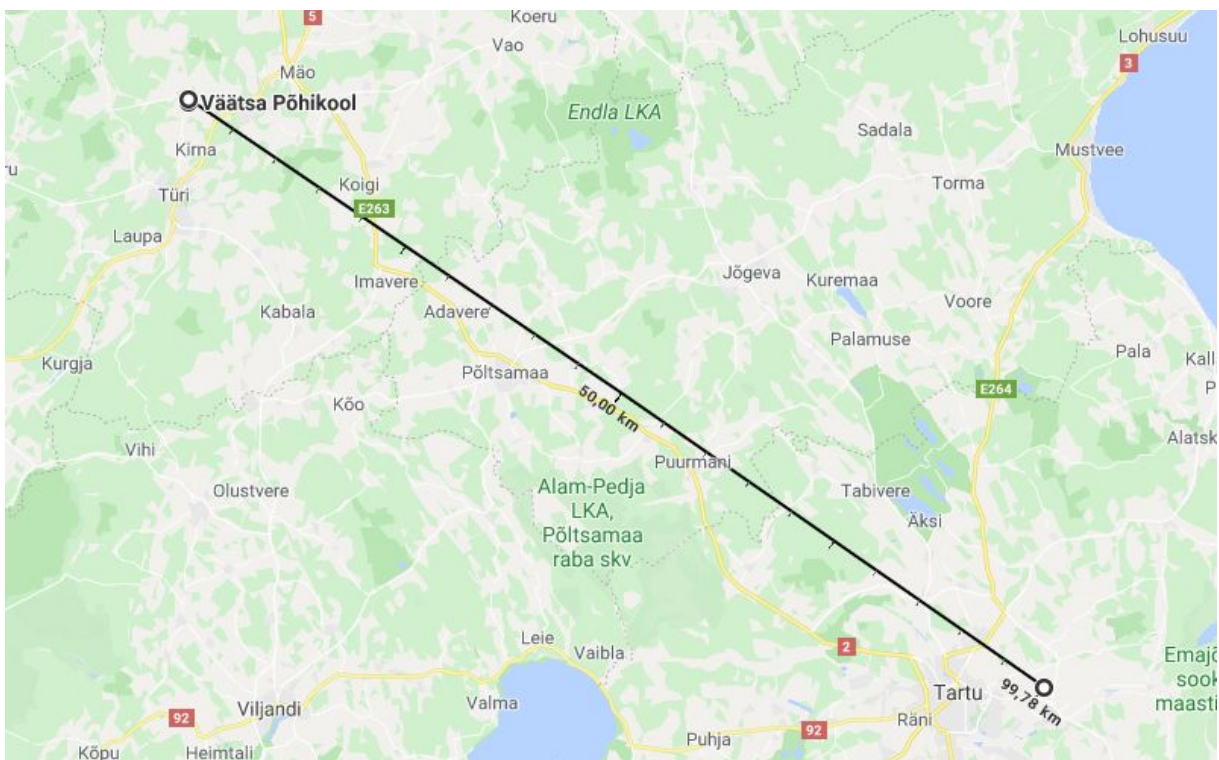




#### Lisa 4. Lateksist õhupalli täitmine heeliumiga



## Lisa 5. Sondpalli trajektoor linnulennult



## **Lisa 6. Jõhvi Gümnaasiumi esimese sondpalli lennutamine stratosfääri (artikkel leitav kooli kodulehelt)**

Praktilise töö raames viisime läbi stratosfäärilennu, mida toetas Eesti Kosmosekoolide Võrgustik <https://kosmosekoolid.ee/> .

Eriti täname Jonas Nahkorit, kes meid väga palju aitas ja kes on Eesti Kosmosekoolide Võrgustiku eestvedaja.

Stratosfäär on atmosfäärikiht, mis paikneb merepinnast 17-50 kilomeetri kõrgusel. Meie sondpall tõusis 20 kilomeetri kõrgusele ning seejärel õhupall lõhkes.

Lateksist heeliumiga täidetud õhupalli külge oli kinnitatud langevari, mis tagas kasti ohutuma langemise. Langevarju küljes oli omakorda kast, mis oli täidetud erinevate tehniliste seadmetega: kaks seikluskaamerat ning kaks akupanka kaamerate laadimiseks, pardaarvuti Raspberry Pi 3 mitmete sensoritega ja GPS-trækker.

Teekond stratosfääri ehk tõus kestis 72 minutit, kuid langemine ainult 22 minutit. Kogu lennu vältel töötasid mõlemad kaamerad, mille kaadreid saab näha lingil: <https://www.youtube.com/watch?v=Kr0luJ6vTZQ>

Eesmärgiks oli stratosfäärilennu edukas läbiviimine, mis tähendab sondpalli lendu saatmist ning tehnika leidmist. Mõlemad eesmärgid said täidetud ning praktilise töö tegijad on tulemusega rahul. Tulevikus on lootust, et toimub veel sarnaseid lende.

Video autorid Roland Raidma ja Henri Lemmats

Roland Raidma, Henri Lemmats

11.a klassi õpilased

*Fotode autorid Airika Andruse ja Roland Raidma*