

AVARUUSTIETOA OPETTAJILLE

Vinkkejä ja neuvoja
tähtitieteen ja avaruustekniikan
opetukseen

Kirjoittanut ja koostanut osana
Suomen Kulttuurirahaston tukemaa
Avaruustiedon koulukiertueen hanketta
Mikko Suominen

Mikko Suominen:
Avaruustietoa opettajille
2026



Materiaali on työstetty osana
Suomen Kulttuurirahaston Lapin rahaston
kevään 2024 haun kärkihanketta
Salli ja Kaarlo Merikosken rahaston tukemana.

Tämä materiaali on tuotettu
Creative Commons Attribution 4.0-lisenssillä
(CC by 4.0)

Löydät sen myös verkosta osoitteesta:
www.taivo.fi/avaruustieto

Kannet Mikko Suominen / ChatGPT / OpenAI

Painopaikka:
Tampereen Yleiskopio Oy

SISÄLLYSLUETTELO

Alkusanat opettajalle	6
Tähtitieteestä	8
Eksoplaneetat	10
Astrobiologiaa	12
Haastateltavana tähtitieteilijä	15
Avaruustekniikkaa	16
Rakettitekniikkaa	18
Avaruusaluukset	20
Miehitetyt avaruuslennot	23
Artemis-ohjelma ja haaveet lennoista kauemmaksi	26
Haastateltavana avaruusinsinööri	29
Havaitseminen	30
Avaruusaihepiirin tietokoneohjelmia	35
Stellarium-ohjelman käyttövinkkejä	40
Nasa Eyes -ohjelmisto	42
Kirjoittajan loppusanat	44
Akinin avaruustekniikan lait	46
Avaruustiedon nettisivustoja	48
Kirjoittajan esittely	50
Avaruustiedon koulukiertueen kartta	51
Tähtikarttoja	52
Nasan avaruusmissioita	54

ALKUSANAT OPETTAJALLE

Avaruustieto käsitteenä on avaruuteen liittyvää tietoa, sekä tähtitiedettä, avaruustekniikkaa että muitakin avaruuteen liittyviä alueita. Samaa aihepiiriä avaruustiedon nimekkeellä opetti myös **Arvo "Arkki" Kuusela** kiertäessään kouluja pienplanetaarion kanssa 1980-luvulta 2000-luvun alkuvuosiin innoittaen kymmeniä tuhansia lapsia tutustumaan avaruuteen, myös minut 90-luvun puolivälissä yläasteikäisenä.

Vihkosen tehtävänä ei ole antaa perinpohjaista ymmärrystä oppikirjojen tapaan, vaan jakaa opettajalle tai erityisen kiinnostuneelle oppilaalle yleisnäkemyksiä avaruusaihepiiristä kokonaisuudessaan ja nostaa erityisesti opetuksellisia аспектеjä esiin. Avaruustekniikan puolella on mukaan mahduttu hieman enemmän perustietoa, koska siitä aihepiiristä ei löydy helposti tietoa etenkin äidinkielellä.

Tärkeässä osassa tätä kokonaisuutta ovat vinkit siihen, mistä löytyy kouluille soveltuvia materiaaleja. Tavoitteena on nostaa pinnalle sellaisia työvälineitä, joista ei muualta löydä helposti tietoa.

Avaruusaihepiirin opetuksen laajuus Suomessa on hyvin hajanainen. Usein on opettajan omasta vapaa-ajan kiinnostuksesta kiinni, millä tavoin aihealuetta käsitellään osana tiettyjen vuosiluokkien opetussuunnitelmia.

Aihepiiriä esiteltäessä on syytä erottaa **tähtitiede** ja **avaruustekniikka** aloina ja potentiaalisina opintopolkuina. Avaruusaiheista kerrottaessa kouluissa yleensä korostuu liikaa tähtitiede eikä avaruustekniikasta kerrota juuri mitään.

Tähtitieteeseenkin liittyy tekniikkaa, mutta huomattavasti rajatummin kuin teknisellä alalla ja keskittyen esimerkiksi tiedeinstrumentteihin. Toisaalta avaruustekniikankin puolella täytyy ymmärtää avaruusympäristöä ja sen ilmiöitä, jotta voi suunnitella niissä toimivaa tekniikkaa.

On myös syytä tehdä alusta lähtien selväksi ettei oppilaan sukupuolella ole tekemistä sen kanssa, millaista alaa kannattaa opiskella. Tekniikka sopii myös tytöille!

Kouluopetuksen apuvälineinä ei kannata väheksyä esimerkiksi greipin ja neulanreiän käyttämistä demonstroimaan Auringon ja Maan kokoeroja sekä kuljettamalla ne noin 10 metrin päähän toisistaan vertaamaan niiden keskinäisiä etäisyyksiä. Painovoimakentän esittelyssä toimii esimerkiksi hula-vanteeseen viritetty kumikalvo ja metalliset pallot.

Visualisoinnissa videot ja animaatiot ovat tehokkaita, koska ne kiinnittävät nuoren yleisön huomion selvästi paremmin kuin kuvat. Useimmat avaruusjärjestöt ja tähtitieteen järjestöt sallivat lähes kaiken materiaalinsa käytön, kunhan lähteet mainitaan. Valmiiseen materiaaliin tulisi kuitenkin yhdistää mahdollisuus kysellä asioita ja siksi opettajan tulisi aina etukäteen miettiä ja selvittää vastauksia ilmeisimpiin materiaalista nouseviin kysymyksiin.

Vielä videoitakin tehokkaampaa ovat aihealueen tietokoneohjelmat, jotka sallivat interaktiivisuuden - ohjelman käyttäjä voi siirtyä esittelemään juuri sitä asiaa, josta yleisö on kiinnostunut. Toisaalta ohjelmien opettelu on aikaa vievää puuhaa. Muista, että kukaan ei ole seppä syntyessään ja uskaltamalla kokeilla pystyt oppimaan.

Oppilaiden osallistaminen on myös tärkeää. Siinä ryhmätyöt, omin käsin askartelu ja tutkielmat ovat keskeisessä osassa. Töiden tuotosten esittely esimerkiksi koulun käytävillä luo uteliaisuutta aihepiiriin myös muille luokka-asteille.

Avaruusaihepiirin opetusmateriaalien jakajina on Suomessa kaksi tahoa ylitse muiden.



Pienplanetaario, kaukoputki ja painepuvun kypärä ovat kaikki opetusvälineitä, jotka tuovat eri kanteilta avaruutta kouluopetukseen.

ESERO eli **European Space Education Resource Office** järjestää koulutusta opettajille ja tarjoaa materiaaleja etenkin avaruustekniikan puolelta. ESEROn toiminnan päätukijoina toimivat Euroopan avaruusjärjestö ja useat rahastot.

Tähtitieteellinen yhdistys Ursa on jo vuosisadan ajan tehnyt kansansivistystyötä ja innoittanut kaikenikäisiä avaruusharrastukseen isolta osin vapaaehtoisvoimin, julkaissut Tähdet ja avaruus -lehteä (aiemmalta nimeltään Tähtiäika) sekä valtavan määrän kirjoja, joita löytyy useimmista kirjastoista.

Tämä materiaali on koottu **Suomen Kulttuurirahaston** kevään 2024 haun apurahaa **Salli ja Kaarlo Merikosken rahastolta**. Apurahaprojektissa **Mikko ja Xiaoyun Suominen** kiersivät Lapin maakunnan alueen kouluissa 60 opetuspäivää pienplanetaarion kanssa ja opettivat avaruustietoa lähes 3000 oppilaalle. Samalla kehitettiin aihepiirin 1-2 oppitunnin pituista opetuskokonaisuutta sekä hiottiin tämän vihkosen materiaalikokonaisuutta.

Pääosa vihkosen materiaalista on suomenkielisen version rinnalla käännetty pohjoissaameksi osana tavoitetta antaa mahdollisuus oppia asioita omalla äidinkielellä ja päästä käsiksi aihealueen erityissanastoon. Pohjoissaamen kääntäjänä on toiminut **Pentti Pieski**.

Myönnän avoimesti, että tämän materiaalin painotukset ovat sangen subjektiivisia, mutta kumpuavat kuitenkin yli 30 vuoden tähtiharrastamisen ja 20 vuoden aihepiirin tiedeviestinnän parissa työskentelyn saroilta.

Tämä materiaali on vapaasti käytettävissä **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (CC-SA 4.0)** -lisenssillä. Saat siis jakaa ja muunnella sitä, mutta mainitse sitä käyttäessäsi aineiston lähde sekä tekijä ja pohjoissaamen materiaalin tapauksessa myös kääntäjä.

Ivalossa 1.1.2026
Mikko Suominen

TÄHTITIETEESTÄ

Tähtitiede on tiede, joka tutkii maailmankaikkeutta. Tähtitieteen osa-alueita ovat esimerkiksi planeettatiede, galaktinen tähtitiede, ekstragalaktinen tähtitiede, astrofysiikka ja kosmologia. Tähtitieteeseen läheisesti liittyviä alueita ovat esimerkiksi hiukkasfysiikka sekä astrobiologia, joka tutkii elämää maailmankaikkeudessa.

Havaintoja tehdään pääosin sähkömagneettisen säteilyn avulla, mutta myös esimerkiksi gravitaatioaallot ja neutriinot antavat riippumatonta kuvaa ympäristöstämme.

Isossa osassa tähtitiedettä on kehitetty malleja, jotka sopivat havaintoihimme maailmankaikkeudesta. Numeerinen simulointi onkin keskeisessä roolissa ja alalle aikovalla ohjelmoinnin harjoittelu on erityisen hyödyllistä jo nuorena.

Kouluopetuksessa tähtitieteen asiat liittyvät pääosin fysiikkaan ja kemiaan, mutta ulottuvat myös esimerkiksi maantiedossa, biologiassa, tietotekniikassa ja historiassa käsiteltäviin aiheisiin. Opettajien on helppo löytää yhtymäkohtia meitä ympäröivään maailmankaikkeuteen monesta aiheesta ja näiden esimerkkien tuominen esiin lyhyestikin voi innoittaa oppilaita ajattelemaan asioita laajemmin kuin yleensä.

Kiinnostus tähtitieteeseen on yleistä riippumatta ihmisten omasta taustasta. Eräs hypoteesi selittämään suurta kiinnostusta tähtitiedettä ja etenkin kosmologiaa kohtaan on, että se on maksimaalisen kaukana tosielämästä ja tarjoaa mahdollisuuden unohtaa arjen murheet.

Tähtitieteen harrastaminen painottuu usein yötaivaan havaitsemiseen, mutta siihen liittyy paljon muutakin. Avaruusteleskooppien ja -luotainten ottamat kuvat kiehtovat niin kauneudellaan kuin outoudellaankin. Moni seuraa myös, millaisia uusia havaintoja toisille taivaankappaleille lähetetyt robottimme tuovat.

Suomessa on poikkeuksellisen paljon tähtiharrastajia. Pääosa harrastajista kuuluu paikallisiin tähtiharrastusyhdistyksiin. Suuri osa on myös Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry:n jäseniä, monelle heistä jäsenlehti Tähdet ja avaruus on tärkeä asia jäsenyydessä. Valtakunnallisena toimivan Ursan jäsenmäärä on viime vuosikymmeninä lähennellyt 20 000 jäsentä, mikä on maailmanlaajuisestikin huippumäärä Suomen väkilukuun suhteutettuna.

Opettaja voi vinkata avaruusaihepiiristä innostuneen oppilaan tutkimaan aihepiirin kirjoja kirjastosta, käymään Ursan sivuilla lukemassa aiheista tai tutustumaan esimerkiksi YouTubesta löytyviin suomenkielisiin esitelmiin.

Tähtiharrastus voi monelle nuorelle olla ikkuna, jonka kautta pääsee kurkistamaan oikean tieteen tekemiseen sekä ymmärtämään luonnontieteiden tutkimusmaailmaa. Jatkuvasti on vireillä erilaisia kansalaistiedeprojekteja, joiden kautta voi lähes kuka tahansa omilla havainnoillaan tai analyysillään osallistua aitoon tieteelliseen tutkimukseen.



Taivasta syväskannaava Vera Rubin -observatorio on yksi ihmiskunnan tärkeimmistä havaintovälineistä etenkin taivaalla tapahtuvien muutosten osalta. Kuva NSF–DOE Rubin Observatory / NOIRLab / SLAC / AURA / T. Matsopoulos



ESAn Gaia-avaruusteleskooppi mullisti käsityksemme kotigalaksistamme ja mittasi noin 2 miljardin tähden ominaisuuksia.
Kuva ESA / ATG medialab / ESO / S. Brunier

Lukemista ja katsottavaa:

Oja: Polaris: nuorten tähtitieto

Teerikorpi, Valtonen: Kosmos - Maailmamme muuttuva kuva

Karttunen, Sarimaa: Tähtitiede - Tiedettä kaikille

Karttunen et al.: Tähtitieteen perusteet (yliopistotason peruskurssin oppikirja)

Ursan YouTube-kanava <https://www.youtube.com/@ursafi>

EKSOPLANEETAT

Tähtitieteen kiinnostavimpiin aihealueisiin kuuluvat viime vuosikymmeninä löydetty toisia tähtiä kiertävät planeetat eli **eksoplaneetat [extrasolar planets]**.

Vuoden 2025 lopussa tunnettiin kriteereistä riippuen vahvistettuja eksoplaneettoja 6065 (Nasa) tai 7917 (Exoplanet.eu). Vahvistamattomia eksokandidaatteja on kymmeniä tuhansia.

Eksoplaneettojen tärkeimpien etsintämenetelmän selittäminen sopii hyvin yläkouluikäisille tai lukiolaisille. Nuoremmillekin niistä voi puhua muutaman sanan yksinkertaistetusti. Tärkeintä on ymmärtää etsinnän periaatteet ja miten hirtävään suuri haaste on havaita edes planeettojen olemassaolo ja miten valtava haaste on selvittää niiden tarkempia ominaisuuksia.

Kaukaisen tähden kiertolaisen erottamista on usein verrattu tulikärpäsen erottamiseen kirkkaan majakan lyhdyn vierestä. Tähdet ovat hirveän kirkkaita ja niihin verrattuna pikkuriikkiset planeetat heijastavat pienen osan niihin heijastuvasta tähtien valosta.

Etsintämenetelmissä korostuu digiajan mittaustarkkuus, joka mahdollistuu parhaiten avaruusteleskooppien avulla, ilman häiritsevää ilmakehää. Myös havaintoaika on tärkeää, mitä pidemmältä ajalta havaintoja on, sitä pienemmäksi häiriöiden kohina jää verrattuna planeettojen antamaan signaaliin.

Suora valokuvaus [direct imaging] on yksinkertaisin etsintämenetelmä ymmärtää. Mikäli planeetta erottuu valokuvassa omana valopisteenään ja ajan kuluessa valopisteen paikka muuttuu tähden verrattuna planeetan kiertäessä radallaan, kyseessä on tähden kiertolainen. Emotähden valon himmentämiseen on kehitetty erilaisia menetelmiä. Parhaiten planeetat erottuvat infrapunassa ja useimmat tällä tavalla löydettyistä kiertävät himmeitä punaisia kääpiötähtiä sekä hehkuvat vielä muodostumisensa synnyttämää omaa lämpöään.

Ylikulkumenetelmä [transit method] on verrattavissa auringonpimennykseen sillä erotuksella, että tähden pinnasta ja samalla sen lähettämästä valosta peittyy vain hyvin pieni osa. Tällainen havaitseminen on mahdollista ainoastaan, mikäli planeetan radan taso sattuu kulkemaan oikeassa kulmassa meistä katsoen. Jupiterin kokoinen planeetta Auringon kokoista tähteä kiertämässä peittää karkeasti kymmenesosan tähden halkaisijasta eli sadasosan sen valosta, Maan kokoinen planeetta kooltaan sadasosan peittää tähden valosta kymmenestuhannesosan. Ylikulkumenetelmä on paljastanut ylivoimaisesti eniten eksoplaneettoja, etenkin Kepler-avaruusteleskoopin havainnoista.

Säteisnopeusmenetelmä [radial velocity method] perustuu emotähden ja planeetan keskinäiseen painovoimavaikutukseen, kun ne kiertävät yhteistä painopistettään. Vaikka planeettaa ei pystytä havaitsemaan suoraan, sen vaikutusta emotähteensä huojuttamassa sitä pystytään mittaamaan tähden spektristä, kun se välillä tulee meitä kohti ja välillä etäännyy. Usean planeetat vaikutukset ovat monimutkaisia analysoida.

Muihin menetelmiin kuuluvat esimerkiksi planeetan painovoimalinssin mahdollistama **mikrolinssimenetelmä [microlensing method]** ja tähden kuvatun paikan muutokset eli **astrometria [astrometry]**. Muitakin menetelmiä on, mutta niiden avulla löydettyjen eksojen määrät ovat vähäisiä.

Kokonaiskuvamme tähän mennessä tehdyistä löydöistä ei vastaa todellista eksoplaneettojen jakaumaa. Kaikilla etsintämenetelmillä helpoiten löytyvät emotähtiinsä verrattuna suuret ja lähellä niitä kiertävät planeetat.

Pystymme silti havaintotarkkuuden huomioimalla muodostamaan jo arvioita siitä, millainen eksoplaneettojen jakauma on todellisuudessa.

Suurimpiin yllätyksiin kuuluu, että hyvin yleinen planeettojen kokoluokka vaikuttaa olevan Maan ja Neptunuksen kokoluokan väliin sijoittuvat planeetat, joita voi kutsua supermaapalloiksi tai minineptunuksiksi. Emme edes tiedä varmuudella, ovatko tällaisten planeettojen olosuhteet yleensä verrattavissa enemmän kivi- vai kaasuplaneettoihin. On ehdotettu, että moni niistä on paksun kaasukehän peittämiä valtamerimaailmoja.

Myös monia tähtiä kiertää lähellä kaasuplaneettoja, jotka ovat hyvin kuumia ja sen vuoksi pullistuneita. Jupiterin massainen planeetta saattaakin olla halkaisijaltaan kaksinkertainen ja tiheydeltään siten vain kahdeksasosa.

Emme toistaiseksi tunne varmuudella vielä yhtäkään eksokuuta. Suurella kaasuplaneetalla saattaisi hyvin olla jopa maapallon kokoinen kuu ja ne saattaisivat kiertää emotähteään millä tahansa etäisyydellä.

Nykyään pystytään mallintamaan melko hyvällä tarkkuudella planeettojen muodostumista sekä niiden ratojen vaeltamia planeettojen keskinäisten painovoimavuorovaikutusten kautta jopa miljardien vuosien aikajänteellä. Esimerkiksi emotähteään lähellä kiertävät massiiviset planeetat voivat aiheuttamallaan painovoimallaan estää pienempiä planeettoja kiertoradoille kovin lähellä niitä.

Erilaisille kaksoistähdillekin saattaa muodostua planeettoja stabiileille radoille joillakin rajoituksilla ja sellaisia on löydettykin.

Eksoplaneettojen olosuhteet tarjoavat jännittävän aiheen spekuloida ja oppilaille tehdä ajatusleikkejä ja ryhmitöitä yhdistäen tieteen ja taiteen planeettojen olemusten hahmottamisessa. Nasan "Eksoplaneettojen matkatoimisto" -sivusto tarjoaa runsaasti visualisointeja avuksi mielikuvitukselle.

Tunnettujen eksoplaneettojen esittelyyn on ylivoimaisesti paras työväline Nasa Eyes -sovellusperheen Eyes on Exoplanets. Katso lisää tietoa siitä tietokoneohjelmien osiosta sivulta 60.

Vuoden 2026 alussa Nasan vahvistetuiksi luokittelemien noin 6100 eksoplaneetan löytömenetelmät:

- 73,7% ylikulkumenetelmällä
- 19,1% säteisnopeusmenetelmällä
- 4,4% mikrolinssimenetelmällä
- 1,5% suoralla kuvauksella

Lukemista:

Kaltenegger: Alien Earths: The New Science of Planet Hunting in the Cosmos

Nasa Exoplanet Archive: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

Encyclopaedia of Exoplanetary Systems: <https://exoplanet.eu/>

NASA Exoplanet Travel Bureau:

<https://science.nasa.gov/exoplanets/immersive/exoplanet-travel-bureau/>

ASTROBIOLOGIAA

"On kaksi mahdollisuutta: Joko olemme yksin maailmankaikkeudessa tai emme. Molemmat vaihtoehdot ovat pelottavia."

Arthur C. Clarke

Lapsille tutussa sadussa Kultakutri-tyttö eksyy karhujen taloon, jossa on puuroa lautasilla. Ensimmäinen puurovati on liian kuuma, toinen liian kylmä ja kolmas juuri sopiva.

Satu sopii hyvin introksi eksoplaneettojen olosuhteiden pohtimiselle. Lähellä emotähdeään kiertävät ovat maapalloon verrattuna kuumia ja kaukana kiertävät kylmiä. Tämä vaikuttaa myös planeettojen olosuhteisiin ja koostumuksiin, kuumilla kiviplaneetoilla haihtuvat aineet, kuten vesi ovat yleensä kadonneet lämmityksen ja tähtituulen seurauksena avaruuteen. Kylmillä kiviplaneetoilla on yleensä vesijäätä runsaasti. Sama planeettoja kiertäviin kuihin eri etäisyyksillä.

Juuri oikealla etäisyydellä emotähdestä, Kultakutrin vyöhykkeellä eli elämän vyöhykkeellä, voi planeetan lämpötila mahdollistaa pinnalla esiintyvän nestemäistä vettä. Useimpien eksoplaneettojen tapauksessa pystymme laskelmoimaan tätä etäisyyttä niiden emotähden valovoiman ja planeetan kiertoetäisyyden perusteella.

Laskelmien suurin epävarmuus liittyy planeettojen kaasukehiin, sillä kaasukehän kasviuoneilmiö tai pilvien vaikutus voi nostaa tai laskea pinnan tasapainolämpötilaa. Lämpölähteitä toki on muitakin, kuten esimerkiksi planeetan tai kuun sisustasta vapautuva lämpö. Emotähden säteilyn lämmitys on silti pääosassa.

Nestemäisen veden esiintymistä pidetään yleisesti vaatimuksena meidän kaltaisemme hiilipohjaisen elämän kehittymiselle. Hiili on kemiallisten ominaisuuksiensa ansiosta kaikista alkuaineista ylivoimaisesti käyttökelpoisin monimutkaisten molekyylien pohjaksi.

On ehdotettu, että maapallon elämään verrattuna täysin erilaistakin ja muissa lämpötiloissa tai ympäristöissä viihtyvää elämää saattaa esiintyä maailmankaikkeudessa, mutta toistaiseksi ymmärtämyksemme siitä on vajavaista.

On huomattavaa, että tähden elämänvyöhyke siirtyy sen toiminnan aikana. Esimerkiksi Auringon kaltaisen tähden elämänvyöhyke liikkuu miljardien vuosien kuluessa hitaasti tähdestä ulospäin, koska tähden teho kasvaa.

Emotähden ominaisuuksillakin on vaikutuksensa. Suurimmat ja valovoimaisimmat tähdet palavat kosmisessa aikaskaalassa nopeasti loppuun. O-spektriluokan kuumat ja massiiviset tähdet palavat loppuun noin 10 miljoonassa vuodessa, mikä on nykykäsityksen mukaan liian lyhyt aika ainakaan monisoluisen elämän kehittymiselle. Pienimmät ja yleisimmät tähdet, punaisen kääpiötähdet, voivat pysyä normaalissa vaiheessaan jopa 100 miljardia vuotta. Ajoittain niillä kuitenkin uskotaan esiintyvän voimakkaita flare-purkauksia, jotka voisivat tuhota kaasukehän niitä kiertäviltä planeetoilta.

Myös galakseista löytyy elämänvyöhyke. Siinä rajoittavat tekijät ovat ainakin raskaiden alkuaineiden osuuden eli tähtitieteen terminä metallisuuden väheneminen mitä kauemmaksi galaksin keskusosista mennään sekä keskustan alueella tähtien korkeasta tiheydestä seuraava supernovien steriloiva vaikutus. Nykytiedon valossa uskotaan, että Auringon paikkeilla suunnilleen puolivälissä Linnunradan kiekon keskustasta sen reunalle sijaitsee oivallinen alue elämän kehittymiselle.

Fermin paradoksi esittää kysymyksen, "Missä kaikki ovat", tarkoittaen miksi emme ole vielä kohdanneet merkkejä muista sivilisaatioista. Löydettyjen eksoplaneettojen määrä ja arviot niiden yleisyydestä korostavat aiheen tärkeyttä.

Selittäviä hypoteeseja on ideoitu monenlaisia. Päähaarat hypoteeseille ovat elämän kehittymisen harvinaisuus, elämänmuotojen erilaisuus viestimisen haasteena sekä eläintarhahypoteesi, jonka mukaan olemme heidän mielestään vielä liian kehittymättömiä.

SETI eli **Search for Extra-Terrestrial Intelligence** on hanke, jossa yritetään löytää teknisesti edistyneiden sivilisaatioiden lähettämiä signaaleja. SETI on aina tuottanut runsaasti väittelyä Yhdysvalloissa ja sen rahoittaminen valtion taholta on ollut vaihtelevaa. **Breakthrough Listen** on yksi aktiivisimmista parhaillaan meneillään olevista projekteista.

Draken kaava käsittelee sitä, miten monia teknologisesti kehittyneitä ja viestimään pystyviä sivilisaatioita Linnunradassa on tällä hetkellä. Haasteena on, että suurin osa kaavan termeistä on erittäin vaikeita arvioida. Riippuen valittavista arvoista, voimme olla Linnunradassa yksin tai yksi miljoonista sivilisaatioista.

Portaita matkalla tähtienväliseksi sivilisaatioksi voivat olla esimerkiksi sopivanlaisen planeettajärjestelmän muodostuminen, itseään kopioimaan pystyvät molekyylit, yksinkertainen yksisolulinen elämä, monimutkainen yksisolulinen elämä, suvullinen lisääntyminen, monisolulinen elämä, työkaluja käyttävät suuriaivoiset olennot, omamme kaltainen teknologinen yhteiskunta ja lopulta siirtokuntien perustaminen muille taivaankappaleille.

Suuri Suodatin on konsepti, jonka mukaan elämän kehityksessä jossain kohtaa, esimerkiksi yhdellä edellä luetelluilla portailla jonkin askeleen täytyy olla äärimmäisen hankala. Se on toiminut suodattimena estämään muualla jossain syntyvän elämän kehityksen galaksimme tai maailmankaikkeuden yleisasuttajaksi.

Eksistentiaalisia uhkia tutkimaan erikoistunut **Nick Boström** argumentoi, että havaintojen puuttuminen kehittyneistä toisista sivilisaatioista on hyvä asia. Se viittaa siihen, että suodattimena toimiva askel on todennäköisesti jo ihmiskunnan historiassa sen takana eikä vieläkin uhkana sen edessä.

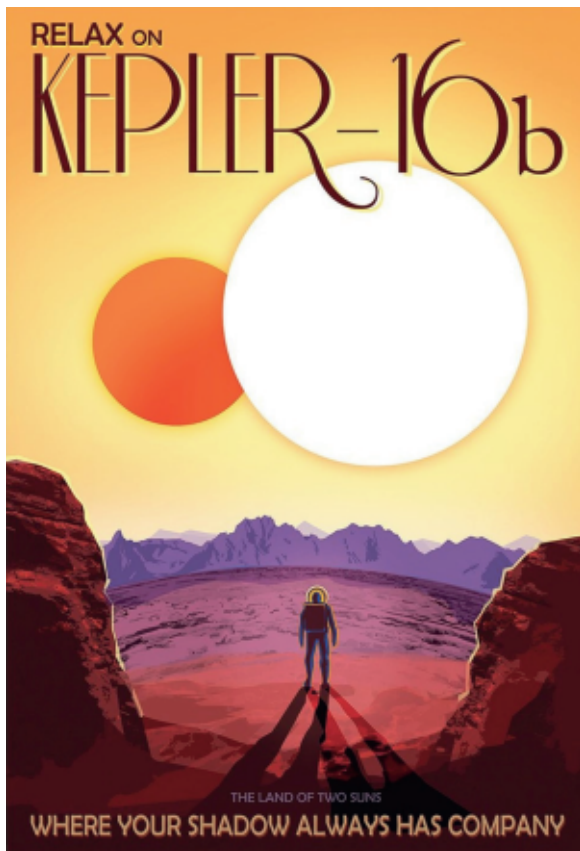
Lukemista:

Lehto: Astrobiologia

Lehto, Lehto, Janhunen: Elämä maapallolla

Boströmin sivusto: <https://nickbostrom.com/>

Webb: Missä kaikki ovat? 75 ratkaisua Fermin paradoksiin ja maan ulkopuolisen elämän arvoitukseen



Emme tunne eksoplaneettojen olosuhteita, mutta voimme haaveilla niistä!
Kuvat Nasa / JPL-Caltech / Exoplanet Travel Bureau

HAASTATELTAVANA TÄHTITIETEILIJÄ

Kysymyksiin vastaa **Anne Virkki**, joka on akatemiatutkija Helsingin yliopistossa. Virkki on työskennellyt myös 5 vuotta Arecibon radioteleskoopilla Puerto Ricossa.

Millaista on tyypillinen tähtitieteilijän työ?

Nykypäivän ammattitähtitieteilijät ovat pääasiallisesti tutkijoita. Tutkimusta tehdään eri tavoin: osa kerää tutkimusaineistoa joko havaitsemalla erilaisilla teleskoopeilla tai laboratoriomittauksilla, osa tekee tietokonesimulaatioita, ja osa kehittää teoreettisia malleja käyttäen hyväkseen erilaisia aineistoja.

Tähtitieteilijät yleensä keskittyvät johonkin tiettyihin kohteisiin tai ilmiöihin, kuten galakseihin, tähtiin, mustiin aukkoihin tai planeettakuntien eri kohteisiin – joko omamme tai muiden tähtien kuin Auringon planeettakuntiin. Näitä kaikkia voi tutkia monin tavoin, kuten niiden syntyä, kehitystä, tai tiettyjä ilmiöitä, joita niihin liittyy.

Kaikkien tutkijoiden työhön sisältyy tyypillisesti opiskelu tohtoriksi asti, sen jälkeen muutamia vuosia kestävä tutkijatohtorikausi ulkomailla tai vähintään eri instituutissa kuin missä tohtorintutkinto tehtiin, ja sen jälkeen joko tutkimusrahoitusten hakua tai yleistä työnhakua maailman tutkimusinstituutteihin.

Tutkimuksen ja rahoitushakujen lisäksi tutkijat kirjoittavat tutkimusjulkaisuja ja matkustavat konferensseihin esittelemään tutkimustyötään muille alan tutkijoille. Yliopistoissa työskentelevät tutkijat myös tyypillisesti opettavat yliopistolla.

Millaisia harhaluuloja yleisesti koet liittyvän tähtitieteeseen ammattina?

Tähtitiede on yksi maailman vanhimmista tieteistä ja se on kehittynyt ajan myötä uusille urille. Yleisimmät tähtitieteeseen liittyvät harhaluulot ovat tarttuneet ehkä historiankirjoista siitä, miten tähtitiedettä tehtiin ennen vanhaan, eli kaukoputkihavaintoihin ja niiden raportointiin keskittyen.

Mitä asioita neuvoisit nuorelle, joka olisi kiinnostunut opiskelemaan tähtitiedettä?

Tähtitiede on hyvin pitkälti sovellettua fysiikkaa, jossa auttavat vahvat matemaattiset taidot, ja menetelmien kannalta myös tietojenkäsittelytieteen taidot, eli koodaus ja datatiede. Näitä aiheita kannattaa opiskella jo lukiossa niin paljon kuin mahdollista, mikä auttaa pärjäämistä fysiikan yliopisto-opinnoissa.

Jos haluaa opiskella ammattitähtitiedettä, niin pitää hakeutua Helsingin, Turun, tai Oulun yliopiston luonnontieteisiin keskittyviin tiedekuntiin fysiikkaa opiskelemaan. Helsingin ja Turun yliopistojen tähtitieteen opetus ja tutkimus on laajempaa kuin Oulussa. Planeettakuntatieteissä on Helsinki vahvin, instrumenttikehityksessä puolestaan Turku.

Mitä sanoisit alan työmahdollisuuksista ja tulevaisuudennäkymistä?

Tähtitieteen alan työpaikoista ja tutkimusrahoituksesta on Suomessa kova kilpailu. Suurin osa tähtitiedettä Suomessa opiskelleista hakeutuu töihin ulkomaille tai muille aloille. Vaikka tähtitieteen tutkijan ura ei urkenisikaan, niin opinnot eivät kuitenkaan mene hukkaan, koska monia samoja taitoja voi soveltaa myös monilla muilla tutkimukseen, tietojenkäsittelytieteeseen ja matematiikkaan liittyvillä aloilla.

AVARUUSTEKNIKKAA

Avaruustekniikan ala sisältää avaruusjärjestelmien suunnittelun, kehityksen ja operoinnin. Järjestelmäkokonaisuuksiin kuuluvat esimerkiksi avaruuteen lennätettävät luotaimet ja satelliitit, kuljetuksesta vastaavat kantoraketit sekä tietoliikennettä hoitavat maa-asemat ja käyttäjäsovellukset. Alaan liittyvät myös järjestelmien tietokoneohjelmistot, lentojen lakiasiat ja astronauttien lääketiede. Avaruusalan liikevaihto 2024 oli 520 miljardia euroa.

Avaruuslennot olivat pitkälti haaveilua ennen 1900-lukua. Merkittävin henkilö alan perusteiden luomisessa oli venäläinen **Konstantin Tsiolkovski** (1857-1935). Avaruustekniikan isänä pidetty ja nuorena kuuroutunut Tsiolkovski teki uransa kouluopettajana, mutta osasi ainutlaatuisesti ideoida, laskelmoida ja kuvailla avaruustoiminnan asioita, joita toteutettiin vasta lähes vuosisata myöhemmin.

Avaruustoimintaan liittyen on tärkeää ymmärtää luonnontieteiden ja tekniikan ero. Se, että hahmotetaan teoriassa tapa, miten jokin järjestelmä pitäisi toteuttaa, on vasta toteutuksen alkutaivalta. Keskeistä sen sijaan on järjestelmän toteuttaminen hallitusti, taloudellisesti ja ennen kaikkea luotettavasti. Voidaankin sanoa, että ei ole olemassa rakettitieteilijöitä, vaan he ovat raketti-insinöörejä.

Tie ideasta toteutukseen on mille tahansa projektille tai järjestelmälle pitkä. Koska jo laitteistojen kuljettaminen avaruuteen maksaa paljon, halutaan varmistua etukäteen mahdollisimman tarkkaan, että kaikki toimisi halutusti.

Käytännössä tärkeän avaruusaluksen, kuten taloudelliseen toimintaan käytetyn satelliitin tai planeettaluotaimen järjestelmiin ei haluta valita teknologioita, joiden onnistunut toiminta olisi kovin epävarmaa. Yksittäisen alijärjestelmän riskit voivat vaarantaa kokonaisuuden.

Teknologian valmiustasot (*Technology Readiness Level, TRL*) ovat tapa luokitella sitä, miten käyttövalmis jokin järjestelmä on.



Uhkarohkea strategia laskeutuvien ja sen ansiosta uudelleen käytettävien rakettivaiheiden kehittämisessä nosti SpaceX-yhtiön maailman ykköseksi laukaisuissa. Kuvassa Falcon Heavy -kantoraketin apuraketit laskeutuvat vierekkäin rakettimallin neitsytlennolla helmikuussa 2018. Kuva SpaceX

Teknologian valmiustasot Nasan standardin mukaan

- TRL 1 - Peruseriaatteet havaittu käytännössä ja raportoitu
- TRL 2 - Teknologian konsepti tai sovellus muotoiltu
- TRL 3 - Analyttinen tai kokeellinen toiminta
- TRL 4 - Osion toiminta validoitu laboratorioympäristössä
- TRL 5 - Osion toiminta validoitu relevantissa ympäristössä
- TRL 6 - Järjestelmän tai alijärjestelmän demonstrointi relevantissa ympäristössä
- TRL 7 - Järjestelmän prototyypin demonstrointi avaruusympäristössä
- TRL 8 - Järjestelmä käyttövalmis ja testattu sekä demonstroitu käyttöympäristössään
- TRL 9 - Järjestelmä todistanut toimintansa onnistuneesti lennolla

Maailman avaruustoiminnassa tärkeä toimija uudenlaisten teknologioiden saamisessa käyttöön on *NASA Innovative Advanced Concepts* eli *NIAC*, joka rahoittaa vuosittain kymmenien keksintöjen alkutaivalta. Sotilaspuolella *Defense Advanced Research Projects Agency* eli *DARPA* ja muut vähemmän tunnetut organisaatiot vievät alaa eteenpäin harppauksin, jotka usein tulevat julkisuuteen vasta vuosikymmeniä myöhemmin.

Avaruusprojektilla on **kolme akselia - teknologia, talous ja motivointi**. Ei tarvitse pelkästään pystyä rakentamaan toimiva järjestelmä, vaan täytyy myös osata laatia sen rahoituslaskelmat sekä kyetä perustelemaan ja argumentoimaan projektin hyödyt, jotka pohjustavat tahdon sen toteuttamiseen.

On huomionarvoista, että avaruustoiminnassa tiedotus ei aina vastaa totuutta. Etenkin yksityisyritysten, mutta myös muiden toimijoiden lehdistötiedotteita lukiessa täytyy muistaa, että tiedotteet eivät ole totuus, vaan osamotivaattorina on usein hakea rahoitusta tai nostaa pörssikursseja. Ei siis pidä luottaa sokeasti tulevaisuuden lupauksiin eikä etenkään esitettyihin aikatauluihin. Jos jokin taho lupaa satelliittiprojektillesi ilmaisen laukaisun vielä kehitteillä olevalla kantoraketillaan, kannattaa punnita tarkkaan, käykö tarjoukseen tarttuminen liian kalliiksi.

Avaruusprojektit ovat yleensä paljon monimutkaisempia kuin yleensä esimerkiksi luonnontieteiden taustan omaavat ihmiset ajattelevat. Projektinhallinta on äärimmäisen tärkeää, sillä avaruustekniikassa korostuvat dokumentointi ja laadunvarmistus redundanssilla eli rinnakkaisten varajärjestelmien lisäämisellä ja testaamalla kaikki huolellisesti etukäteen.

Se, mikä on kerran kehitetty ei myöskään säily itsestään. Mikäli nyt tehtäisiin päätös siitä, että Apollo-lentojen Saturn V -kantoraketti kuualuksineen haluttaisiin rakentaa uudelleen, veisi prosessi todennäköisesti ainakin 3-5 vuotta ennen kuin käytössä olisi lentämään kykenevä raketti.

Aivan kuten ohjelmistoalallakin, henkilötyökuukauden myytti ei pidä paikkaansa. Sata työntekijää ei kehitä puolessa vuodessa läheskään yhtä hyvää lopputulosta kuin kymmenen työntekijää viidessä vuodessa.

Perinteisesti avaruusalan suurprojekteissa on etenemisstrategiana ollut suunnitella ja hioa iso kokonaisuus mahdollisimman valmiiksi "piirustuspöydällä" vaihe vaiheelta ennen käytännön rakentamista. Tämä muistuttaa ohjelmistotuotannon vesiputousmallia.

Pienestä aloittanut SpaceX-yhtiö puolestaan on valinnut ketterän kehityksen mallin, jolla toteutukseen ja sen testaukseen pyritään jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Siinä iteratiivisella eli sykliä toistamalla etenemistavalla kokeillaan puolivalmiita järjestelmiä käytännössä, kerätään kokemusta ja hiotaan prototyyppejä eteenpäin opitun mukaan.

Rohkeus lähteä kokeilemaan ja usein aluksi epäonnistumaan on tuottanut tulosta. SpaceX on vallannut leijonanosan maailman laukaisumarkkinoista, länsimaiden miehitetyistä lennoista ja satelliittien dataliikenteestä kuluttajille. Täysin uudelleenkäytettäväksi suunnitellulla ja parhaillaan kehitettävällä **Starship-kantoraketilla** on potentiaalia kieriä yrityksen etumatkaa vielä paljon pidemmäksi.

Aivan mahtava apu avaruustekniikan sisimmän olemuksen hahmottamiseen ovat avaruusalan uranuurtajan **David Akinin** keräämät **Akinin lait**, jotka löytyvät tämän vihkosen lopun liitteistä sivulta 46 alkaen. Ne sisältävät sekä huumoria että kokemuksen syvää rintaääntä sopivassa suhteessa. Akinin lakien tarkastelu voi tuoda sekä piristystä että ahaa-elämyksiä kaikenikäisille.

Lukemista:

Fortesque, Stark, Swinerd: Spacecraft Systems Engineering

Muirhead, Simon: High Velocity Leadership

Feynman: Personal Observations on Reliability of Shuttle

McDonald, Hansen: Truth, Lies, and O-rings: Inside the Space Shuttle Challenger Disaster

RAKETTITEKNIKKAA

Toistaiseksi ihmiskunnan ainoa tapa päästä maanpinnalta avaruuteen ovat **kemialliset rakettimoottorit** eli ajoaineiden polttamiseen perustuvat moottorit.

Rakettimoottorin toiminnasta on tärkeää ymmärtää liikemäärän reaktioperiaate. Kun esimerkiksi tonnin massaisen aluksen moottorista sinkoutuu taaksepäin kilo palokaasuja 3 kilometrin sekuntinopeudella, saa alus itsessään lisävauhtia eteenpäin 3 metriä sekunnissa. Reaktiovoimaa ei saa sekoittaa paineesta tulevaan työntövoimaan, sillä optimaalisessa raketissa suuttimen päässä paine-ero ympäristöön olisi nolla.

Käytännössä avaruuteen pääsemiseen tulee vastaan kaksi luonnonvakiota - ajoaineiden palaessaan vapauttama energia massayksikköä kohden sekä painovoimavakio. Maan kokoisella planeetalla olemme melko syvän painovoimakuopan pohjalla ja planeetan pinnalta on vaikea nousta avaruuteen edes kiertoradalle saati kauemmaksi.

Nykyisellään kiertoradalle kuormaa vievän kantoraketin laukaisumassasta on tyypillisesti 85-90 prosenttia ajoaineita. Käytännössä maapallolta avaruuteen pääseminen on vaikeaa, mutta ei mahdotonta. Jos asuisimme esimerkiksi Marsin kokoisella planeetalla, olisi avaruuteen pääseminen helppoa. Supermaapallolta eli hieman suuremmalta kiviplaneetalta se olisi lähes mahdotonta.

Vedyn polttaminen ja hapen kanssa antaa huippuluokan energiamäärän eli ominaisimpulssin, mutta ne eivät ole absoluuttisesti paras yhdistelmä. Eksoottisempia ja tehokkaampia ajoaineaineyhdistelmiä on mallinnettu, mutta niiden vaatiman moottorin monimutkaisuus syö marginaalisen etumatkan. Vety ja happi ovat käytännön ykkönen.

Kerosiini eli energiatiheä bensiini voi helpon varastointinsa vuoksi olla kätevämpi valinta poltettavaksi hapen kanssa. Jotkin uudemmat raketit suosivat metaania polttoaineena, koska on suhteellisen helppo valmistaa toisilla taivaankappaleilla ja säilyttää pitkiä aikoja. Hydratsiinin kaltaisia yksikomponenttipolttoaineita käytetään yleensä pitkäaikaista säilytystä varten avaruusalusten sisällä, vaikka ne eivät ole kovin tehokkaita.

Nestemäinen rakettimoottori vaatii monimutkaisen moottorin pumppuineen, mutta on ajoaineidensa massasta saatavaan hyötyyn nähden tehokas. Se soveltuu pienin kustannuksin myös uudelleen käytettäväksi, mikäli se saadaan ehjänä alas.

Kiinteä rakettimoottori on yksinkertainen ja antaa suuren hetkellisen työntövoiman, mutta on ajoaineensa massan hyötysuhteeltaan huonompi. Sitä ei myöskään ole juurikaan mahdollista säädellä sytytyksen jälkeen ennen sen palamista loppuun. Kiinteitä rakettimoottoreja käytetään yleensä vain apuraketeissa sekä varastointia ja nopeaa käyttöönottoa vaativissa ohjuksissa. Hybridimoottorissa hapettimen tai polttoaineen pääsyä kiinteää ajoainetta sisältävään palokammioon säännöstellään ja saadaan kiinteää moottoria parempi hallittavuus.

Kantoraketeissa on useita raketivaiheita, jotta "tyhjentyvien tankkien" massa voidaan pudottaa pois. Vaiheissa eri korkeuksille tarkoitettujen rakettimoottorien suuttimet ovat eri kokoisia ja optimoitu ympäröivään paineeseen. Ongelman ratkaisevia aerospike-suuttimia ei vielä ole saatu käyttökelpoisiksi.

Ehdotuksia ajoaineiden käytöltään tehokkaammista rakettimoottoreista on esitetty.

Ilmaa hengittävä moottori ei joutuisi nostamaan kaikkea hapetintaan mukanaan, vaan ottaisi kiihdytysvaiheessaan happea ilmakehästä. Tällaisen moottorin kehitys on vielä vaiheessa, **SABRE-moottori** on yksi projekteista. Ydinreaktorin käyttäminen ajoaineen lämmittämiseen kuumemmaksi kuin mitä se lämpiäisi palamalla on kokeessakin vaihtoehto. Sulamisen estämisen on toistaiseksi liian vaikeaa, mutta Venäjä kehittää **Burevestnik-risteilyohjusta**, joka toimisi samalla periaatteella.

Avaruuteen voisi periaatteessa nousta muullakin tavalla kuin rakettimeoottorin avulla. Ehdotuksena olisi kiihdyttää alus riittävään nopeuteen jo maanpinnalla. Tällöin se nousisi vauhdillaan ja tarvitsisi vain pieniä ohjailuja kiertoradalle. Ongelmana on kuitenkin ilmanvastus. **StarTram** on kenties kehittynein konsepti.

Avaruushissi on toinen rakettimeoottoreista riippumaton ehdotettu teknologia. Kiipeämällä ylöspäin voisi pitkää kaapelia pitkin nousta pois planeettamme painovoimakuopasta. Käytännössä hissin ongelma on kaapelin kestävyys - edes yksittäisestä timanttimolekyylisestä valmistettu tasapaksukaapeli ei kestäisi omaa painoaan. Tekemällä kaapelin yläosasta leveämmän, se voisi kenties kestää oman painonsa ja sallia hissin toiminnan, mutta tämä on epävarmaa. Kuussa tai Marsissa se olisi helpompaa.

Kun avaruusalus on päässyt Maan kiertoradalle, avautuvat sille monenlaiset mahdollisuudet käyttää erilaisia jo olemassa olevia tai suunniteltuja muitakin moottoreita, kun ei enää tarvitse kamppailla alas putoamista vastaan. Tällöin pienikin kiihdytysvoima riittää vähitellen suureen nopeudenmuutokseen.

Sähkötehoa hyödyntävät ionimoottorit, radioaaltoilla plasmaa kuumentava **VASIMR-moottori** tai jopa levitetävä aurinkopurje soveltuvat ainakin teoreettisesti matkaan kiertoradalta eteenpäin. Valopurjetta voitaisiin kiihdyttää myös lasereilla, projektissa **Breakthrough Starshot**. Kun päästään kauemmaksi maapallon magneettikentän hiukkasvyöhykkeistä toimisi myös sähköinen aurinkotuulipurje **E-sail**. Ydinräjäytyksiä voisi käyttää **projekti Orionin** tapaan.

Huomioitavaa on, että "ampua" on suomeksi todella huono verbi kuvaamaan avaruustekniikassa raketien käyttämistä. "Laukaista" kuvastaa paljon paremmin hallittua prosessia.

Harrastusraketteja koululaisille?

Rakettien opettamiseen kouluissa on melko turvallinen tapa rakentaa vesiraketteja muovisista virvoitusjuomapulloista ja lennättää niitä kymmeniin metreihin. Niille tarvitaan aerodynaamisen vakauden antamat siivekkeet, kiihdytystelineenä toimiva keppi ja vapautusmekanismi. Tukikeppi aiheuttaa aina vaaran rakettia kohti kumartuvan silmille ja onkin suurin rakettimeoottorin riski. Ruutimoottoreita käyttävät pienoismalliraketit vaativat puolestaan vetäjälle kurssin ja paljon enemmän turvallisuuden suunnittelua. Ne voivat nousta satoihin metreihin. Suomessa pienoismallirakettiharrastus on pääosin Suomen avaruustutkimusseuran alaisuudessa.

ESERO Finland on järjestänyt vuosittain **CanSat-kilpailun**, jossa koululaiset pääsevät rakentamaan hyötykuorman, virvoitusjuomatölkin kokoisien "satelliitin", joka sitten lennätetään järjestäjien toimesta isommalla harrastajaraketilla 1-3 kilometriin.

Erilaiset pelilliset tietokoneohjelmat, kuten **Kerbal Space Program** antavat mahdollisuuden rakentaa ja testata erilaisia raketteja viihdyttävästi ja vaarattomasti tietokonesimulaatioissa.



Lukemista:

Don Pettit: Tyranny of the Rocket Equation

[https://www.kiss.caltech.edu/lectures/](https://www.kiss.caltech.edu/lectures/Pettit_Lecture_2015.html)

[Pettit_Lecture_2015.html](https://www.kiss.caltech.edu/lectures/Pettit_Lecture_2015.html)

Janhunen: Sähköinen aurinkotuulipurje, E-sail:

<https://www.electric-sailing.fi/>

ESEROn CanSat-kilpailu:

<https://www.esero.fi/cansat-kilpailu>

Kuva: Ruutimoottoreilla toimivat pienoismalliraketit nousevat jopa satoihin metreihin ja palaavat laskuvarjon varassa, mutta vaativat tarkkoja turvajärjestelyjä käytössään.

AVARUUSALUKSET

Suomen kielessä sana **spacecraft** käännetään käyttökielellä usein **avaruusluotaimeksi**.

Todellisuudessa parempi suora käänнос olisi **avaruusalus**. Englannin kielessä **space probe** puolestaan on yksinkertainen **pienluotain**, joka on yleensä isomman aluksen kyydistä irrotettava kokonaisuus.

Periaatteessa avaruusalus-termi kattaa kaikki keinotekoiset laitteistot, joita avaruuteen on lähetetty. Niihin lukeutuvat esimerkiksi satelliitit, planeettaluotaimet, avarusteleskoopit, miehitettyjen lentojen alukset, avaruusasemat ja muutkin vastaavat kokonaisuudet.

Satelliitti tarkoittaa kiertolaista. Taivaankappaleilla on sekä luonnollisia kiertolaisia, joita kutsutaan kuiksi, että ihmiskunnan rakentamia keinotekoisia kiertolaisia, joita kutsutaan vanhahtavasti tekokuiksi. Arkikielessä satelliitti-sana on vakiintunut tarkoittamaan juuri maapallon keinotekoisia kiertolaisia. Toisia taivaankappaleita kiertäviä satelliitteja kutsutaan suomeksi yleensä luotaimiksi.

Maapallon kiertoradalla on nykyään noin 10 000 satelliittia ja määrä kasvaa useilla tuhansilla joka vuosi. Noin 70 prosenttia kaikista satelliiteista oli Starlink-internetsatelliitteja. Englanniksi puhutaan **satellite constellation** -termillä suurista samaa tehtävää toteuttavien satelliittien joukoista, suomeksi voisi toimia käänнос **satelliittiparvi**.

Satelliittien tehtävät liittyvät esimerkiksi tietoliikenteeseen, kaukokartoitukseen, navigointiin tai sääennusteisiin. Niille valitut radat riippuvat niiden käyttötavasta. Esimerkiksi tietoliikennesatelliitit halutaan sijoittaa yleensä matalalle radalle sekä signaalien tehontarpeen että tietoliikenneviiveiden minimoimiseksi, kun taas sääennusteisiin halutaan tyypillisesti laaja ja pysyvä valvonta-alue, joka onnistuu geostationaariradalta.

Käytössä olevien satelliittien lisäksi Maata kiertää myös suuri määrä avaruusromua, johon kuuluu esimerkiksi rakettien ylimpiä vaiheita, toimintansa lopettaneita satelliitteja ja törmäyksissä syntyneitä sekalaisia romupalasia. Niistä aiheutuu vaaraa törmäysten vuoksi.

Alijärjestelmät

Kouluopetuksessa avaruusaluksen toiminnallisuuden ymmärtämiseen on kätevä verrata alusta järjestelmiseen arkielämän elävään olentoon elimineen ja apuvälineineen.

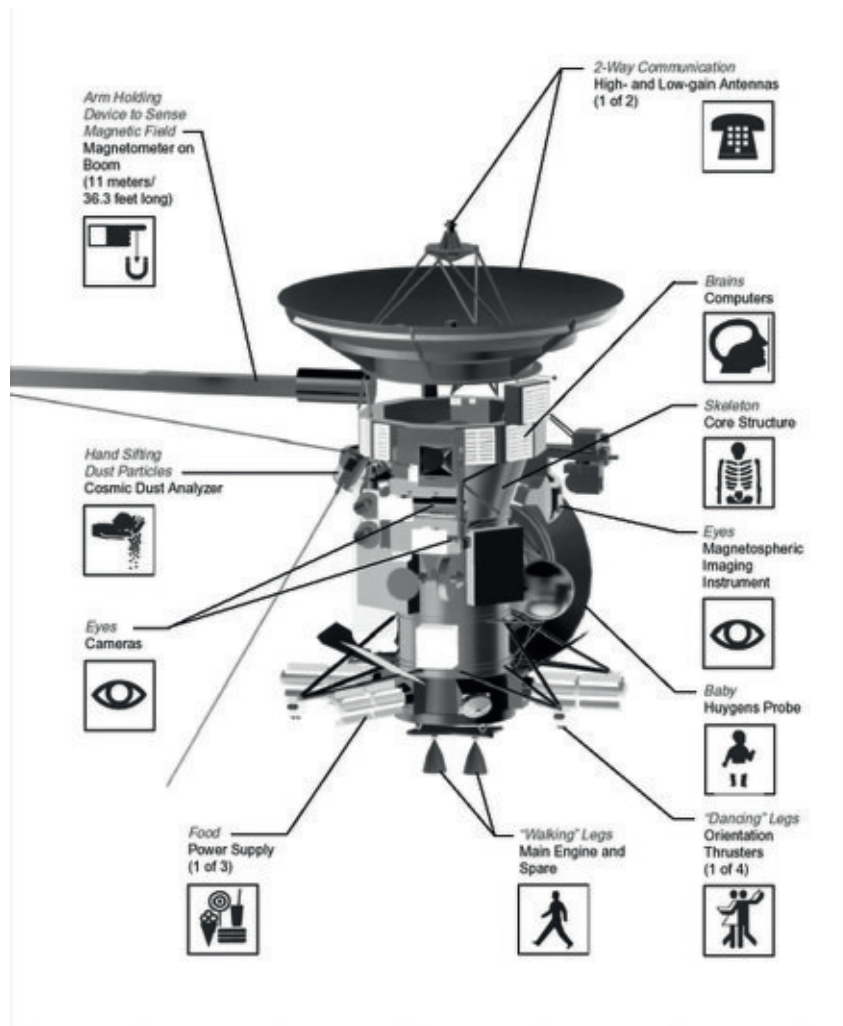
Avaruusaluksen sisältämät alijärjestelmät huolehtivat kukin joistakin sen toiminnan vaatimuksista. Ainoastaan niiden yhteistoiminta takaa tehtävän suorittamisen, siksi ei voi sanoa, että yksikään järjestelmistä olisi toisia tärkeämpi.

Avaruusalusprojektissa tyypillisesti järjestelmäinsinööri on henkilö, joka on parhaiten selvillä kokonaisuuden toiminnasta, etenkin alijärjestelmien yhteistoiminnan osalta. Usein jokaisella alijärjestelmällä on oma henkilöstötiiminsä, laajimmat niistä mahdollisilla tiedeinstrumenteilla.

Usein avaruusalus järjestelmiseen jaetaan kahteen osaan: toimintatehtävää suorittava osio eli **hyötykuorma**, englanniksi **payload** ja **toiminnan mahdollistava osio** eli **huolto-osio**, englanniksi **spacecraft bus**.

NewSpace

Avaruusalan suurinta muutosta viime vuosikymmeninä kutsutaan termillä **NewSpace**. Siihen kuuluvat teknologian miniaturisoinnin ja standardoinnin mahdollistama entistä pienemmät, halvemmat ja nopeammat avaruusprojektit.



Cassini-avaruusaluksen alijärjestelmät. Kuva: Nasa / JPL

Nasa on verrannut Cassinin alijärjestelmiä tällä tavoin elävään olentoon:

<i>Alijärjestelmä</i>	-	<i>Vastaava elin / osa</i>
Tietokoneet	-	Aivot
Rakenteet	-	Selkäranka
Kamerat, magnetometrit	-	Silmät
Päämoottorit	-	Jalat
Ohjausmoottorit	-	"Tanssijalat"
Hiukkasmittalaite	-	Käden tuntoaisti
Teholähde	-	Ruokavarasto/ Ruoansulatusjärjestelmä
Radio antennineen	-	Puhelin
Huygens-laskeutuja	-	Vauva

Keskeisenä osana ovat nanosatelliittien **CubeSat**-standardikoot, jotka mahdollistavat avaruusalusten pakkaamisen kantorakettiin tilaa säästäten ja muulle, usein tärkeämmälle avaruusrahdille aiheutuvien riskien vähentämisen. Myös CubeSat-yhteensopivia järjestelmiä on saatavilla helposti ja kohtuuhinnalla kansainvälisesti.

Perusyksikköinä CubeSateissa ovat U-kuutiot, jotka ovat mitoiltaan 10 cm x 10 cm x 10 cm ja massoiltaan korkeintaan 1,33 kiloa olevia rakennuselementtejä. Pakattuna satelliitin täytyy mahtua tähän kokoon, mutta avaruudessa se voi avata laajempia osia, kuten yleensä ainakin antennit. Esimerkiksi 2U-koon satelliitti on 20 cm x 10 cm x 10 cm kokoa ja 6U-satelliitti on yleensä 30 cm x 20 cm x 10 cm.



1U-koon Kitsat-opetussatelliitit soveltuvat satelliittien toiminnan ymmärtämiseen koulussa. Oppilaat pääsevät kurkistamaan lähes aidon kaltaiseen elektroniikkaan purkamalla satelliitin palasiksi ja kokoamaan sen. Satelliitti ja sen maa-asemana toimiva radio pystyvät tietoliikenteeseen ja satelliitti välittää mittauksiaan ja ottamiaan kuvia tietokoneelle. Kitsat tuo avaruustekniikan käsin kosketeltavaksi ja oppilas alkaa tekemisen kautta hahmottamaan, miten laitteistot toimivat todellisuudessa. Kuva Kitsat.fi

Avaruusalusten kokoluokissa lainataan SI-järjestelmän yksiköiden etuliitteitä, joskin erilaisella porrastuksella kuin luonnontieteissä.

Aluksen massa (kg)

alle 0,1

0,1-1

1-10

10-200

200-600

600-1200

Näitä suuremmat:

1200-2500

2500-5000

yli 5000

Kokoluokan etuosa

femto-

piko-

nano-

mikro-

mini-

pien-

keskisuuri

suuri

erittäin suuri

Avaruusharrasalusten harrastamiseen on nykyään monenlaisia tapoja ja apuvälineitä. Avaruusjärjestöiltä löytyy suuri määrä kuvia, animaatioita ja digitaalimalleja niiden toimintaan tutustumiseen. Erityisesti niistä täytyy mainita Nasan Eyes-selainsovellukset.

Monenlaisia malleja, esimerkiksi paperista tai pahvista taiteltavia pienoismalleja, 3D-tulostettavia tiedostoja tai Lego-sarjoja. Nasalta löytyy myös kännyköiden **Spacecraft AR** -sovellus, jolla eri avaruusalusten kokoja pystyy näkemään kännykän ruudulla reaaliaikaiseen videonäkymään lisätynä.

Satelliittien havaintomahdollisuuksista löydät tietoa Havaitseminen-osiosta sivulta 40 alkaen.

MIEHITETYT AVARUUSLENNOT

Miehitettyjä avaruuslentoja voi lähestyä oppilaiden kanssa esimerkiksi siitä näkökulmasta, mitä ihminen tarvitsee avaruudessa oleskeluun.

Miten kauan ihminen selviää?

- 3-5 minuuttia ilman happea
- 2-5 vuorokautta ilman vettä
- 30-60 vuorokautta ilman ruokaa
- ??? vuorokautta ilman painovoimaa
- ??? vuorokautta ilman psykologista tukea

Oloihin toki vaikuttavat muutkin tekijät, esimerkiksi ympäristön lämpötila, ilmankosteus ja hiilidioksidin määrä.

Avaruutta itsessään voi pitää äärimmäisen epävieraanvaraisena ympäristönä ihmiselle. Miehistöä kuljettavan avaruusaluksen tai avaruuskävelyn aikana avaruuspuvun täytyy pystyä huolehtimaan elossapitojärjestelmällään astronautin tarpeista. Järjestelmä voi olla avoin tai suljettu riippuen siitä, kierrätetäänkö hyödykkeitä, kuten happea ja vettä puhdistuksen ja prosessoinnin kautta.

Avaruuden rajana pidetään virallisesti 100 kilometrin korkeutta merenpinnan tasosta. Jotkin toimijat käyttävät myös 50 mailin eli 80 kilometrin korkeutta avaruusrajana.

Avaruudessa on käynyt vuoden 2025 loppuun mennessä noin 770 ihmistä. Heistä noin 640 heistä on käynyt kiertoradalla, loput vain lyhyellä hypyllä avaruuden rajan yli. Kansainvälisellä avaruusasemalla on yleensä 7-10 miehistön jäsentä kerrallaan ja Kiinan Tiangong-avaruusasemalla 3 hengen miehistö.

Kun verrataan turistilentojen lyhyttä avaruushyppyä juuri ja juuri 100 kilometriin matkaan kiertoradalle, se on kuin vertaisi minuutin avantouintia kylpyläviikonloppuun. Ero on suuri ja se näkyy myös näihin käytettävissä aluksissa, kiertoradalle pääsy vaatii monivaiheisen raketin, kun taas pelkkään avaruushyppyyn voi pystyä rakettilentokonekin.

Astronautti on ammattinimike, vaikka termiä käytetäänkin väljästi lehdistössä. Kaupallisilla avaruuslennoilla on lähes avaruusturisti, vaikka hän suorittaisikin muutaman tieteellisen kokeen lennon aikana. Jossain vaiheessa raja maksavan matkustajan ja työntekijän välillä tulee vastaan, esimerkiksi viikon pituisella työtehtäviin keskittyvällä yksityisyrittäjän lennolla voidaan jo lähestyä avaruuden ammattilaisen rajaa.

Lennoilla käytetään yleensä laukaisun ja laskeutumisen aikana painepukua, joka suojaa matkustajia siltä varalta, että aluksen sisällä oleva ilmanpaine menetetään. Tämä on erilainen ja kevyempi puku kuin varsinainen avaruuskävelypuku, joka sisältää itsenäisen elossapitojärjestelmän tyypillisesti 8 tunniksi.

Nousu maanpinnalta kiertoradalle kestää yleensä noin 8 minuuttia riippuen käytettävästä aluksesta. Matkalla koetaan suurimmillaan noin 4 g:n eli nelinkertainen kiihtyvyys verrattuna maapallon pinnan painovoimakiihtyvyyteen. Sen pystyy kestämään lähes kuka tahansa hyvässä istuimessa, lyhytaikaisesti kovakuntoinen lentäjä voi kestää 10 g:tä tajuissaan.

Kiertoradalle pääsyn jälkeen aluksen moottorit voidaan sammuttaa ja matkustajille koittaa näennäinen painottomuus. Käytännössä aluksessa vallitsee mikropainovoima, jossa kiihtyvyydet ovat yleensä sadastuhannesosia verrattuna maanpinnalle.



ESA on toistaiseksi riippuvainen muista avaruusjärjestöistä saadakseen astronauteilleen kyydin avaruuteen. Kuvakollaasi vuonna 2009 valituista astronauteista työtehtävissään. Kuvat ESA

Helpoin tapa päästä kokemaan hetkellinen painottomuus on hypätä ilmaan. Sen ajan, kun henkilö on irti maasta, hänen kokemiinsa voimiin lukeutuu lähinnä ilmanvastus. Trappoliinilla voi saada painottomuutta yli sekunnin ajan, hyppyristä ponnistava moottoripyöräilijä useita sekunteja ja paraabelirataa lentävän lentokoneen kyydissä noin 20-30 sekuntia kerrallaan.

Suoraviivaisin tapa päästä avaruuteen on ostaa lento kaupallisilta avaruusturismiyhtiöiltä, jolloin siihen kuuluu yleensä kuukausien mittainen koulutus. Nykyään kiertoradalle suuntautuva avaruuslento maksaa kymmeniä miljoonia euroja, lyhyen avaruuden rajan ylittävän avaruushypyn saa sadoilla tuhansilla euroilla.

Oppilaille voi puhua Euroopan avaruusjärjestön astronauttihausta, joka järjestetään noin 10 vuoden välein ja johon suomalaisillakin on mahdollisuus hakea. Monet toivotuista astronauttien ominaisuuksista liittyvät myös koulunkäyntiin.

Vaatimuksina ESAn astronauttikandidaateille ovat

- vähintään ylempi korkeakoulututkinto, mieluiten tohtorinväitöskirja luonnontieteiden, tekniikan tai lääketieteen aloilta
- vähintään 3 vuotta työkokemusta omalta alalta
- alle 50-vuotias
- hyvä englannin taito ja mieluiten osaamista myös muista isoista kielistä
- kyky työskennellä epäsäännöllisillä työajoilla ja pitkillä työmatkoilla
- hyvä paineensietokyky
- hyvä fyysinen ja psyykinen kunto
- sujuva puhuja isolle yleisölle

On huomattavaa, että astronautin ei tarvitse niinkään olla kaikessa tai edes jossakin asiassa paras, mutta olla todella hyvä lähes kaikessa. Kilpaurheilun harrastaminen jossain lajissa on myös erityisesti hyödyksi, sillä se kohottaa kuntoa ja paineensietokykyä. Lentoharrastus on hyödyllinen, mutta yliopistotason koulutustausta on sitä paljon tärkeämpi.

Astronautit valitaan koulutukseen yleensä 30-40-vuotiaina ja valmistuttuaan he pääsevät keskimäärin kahdesti avaruuteen urallaan.

Käytännössä riski, että kiertoradalle suuntautuvalla lennolle osallistuva ei pääse elävänä maanpinnalle, on noin prosentin luokkaa. Vastikään käyttöön otetuilla aluksilla riski on suurempi ja käytössä koetelluilla pienempi. Siivekkäillä aluksilla pelastautumismahdollisuudet hätätilanteessa kesken laukaisun ovat huonommat kuin kapselimalleissa aluksissa. Riskit täytyy jokaisen lennolle lähtevän tiedostaa ja olla valmis ottamaan.

Lukemista:

Valtaoja: Lähdetään avaruuteen

Mäkinen: Avaruuslentäjän käsikirja

ESA Astronaut Selection:

https://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA/ESA_Astronaut_Selection

Columbia Accident Investigation Board Report

<https://sma.nasa.gov/SignificantIncidents/assets/columbia-accident-investigation-board-report-volume-1.pdf>

ARTEMIS-OHJELMA JA HAAVEET LENNOISTA KAUEMMAKSI

Lähivuosien tavoitteita

Miehitetyissä lennoissa suurin jännittävyys liittyy Nasan ja yhteistyökumppanien **Artemis-kuuohjelmaan**. Mukaan lukien sitä edeltävän kesken jäänyt samantyyppistä rakettia ja alusta käyttävä **Constellation**-ohjelma, paluu Kuuhun on ollut käynnissä vuodesta 2004 lähtien.

Tämän vihkosen julkaisemisen aikoihin Artemis-ohjelmaan ollaan tekemässä suuria muutoksia. Alkujaan jo Artemis III -lennon piti laskeutua Kuuhun, mutta Nasa lykkäsi kuulaskeutumisen vasta sitä seuraavalle lennolle. Oheinen aikataulutus tämänhetkisen tiedon perusteella.

Artemis-ohjelman suunnitelma

(Todennäköisesti ylioptimistiseksi osoittautuvan aikataulun mukaan)

Artemis I: Miehitämätön koelento Kuun ympäri Orion-aluksella 2022

Artemis II: Miehitetty lento Kuun ympäri Orion aluksella, tavoite 2026

Artemis III: Miehitetty yhteistoimintaharjoitus Maan kiertoradalla, Nasa haluaa testata Orion-aluksen ja yksityisyrittäjiltä tilattujen Starship- ja Blue Moon -alusten yhteistoimintaa, tavoite 2027.

Artemis IV: Miehitetty laskeutuminen Kuun pinnalle, matka Orion-aluksella ja laskeutuminen SpaceX-yhtiön Starship-aluksen kuuversiolla, tavoite vuoden 2028 alku

Artemis V: Toinen kuulaskeutuminen, todennäköisesti myös Starship-aluksella. Tavoite vuoden 2028 loppu.

Artemis VI: Kolmas miehitetty laskeutuminen Kuun pinnalle, aluksena todennäköisesti Blue Origin -yhtiön Blue Moon, tavoite 2029

Tämän jälkeen Artemis-lentoja on määrä jatkaa vähintään vuosittain. Nasa panostaa parhaillaan miehitetyn kuuaseman kehitykseen ja lentojen aikataulu voi tihentyä alkuperäisestä lento per vuosi -tahdistä. Yksittäisten lentojen kokonaiskestoksi on suunniteltu 1-2 kuukautta, kunnes kuuasema saadaan käyttöön.

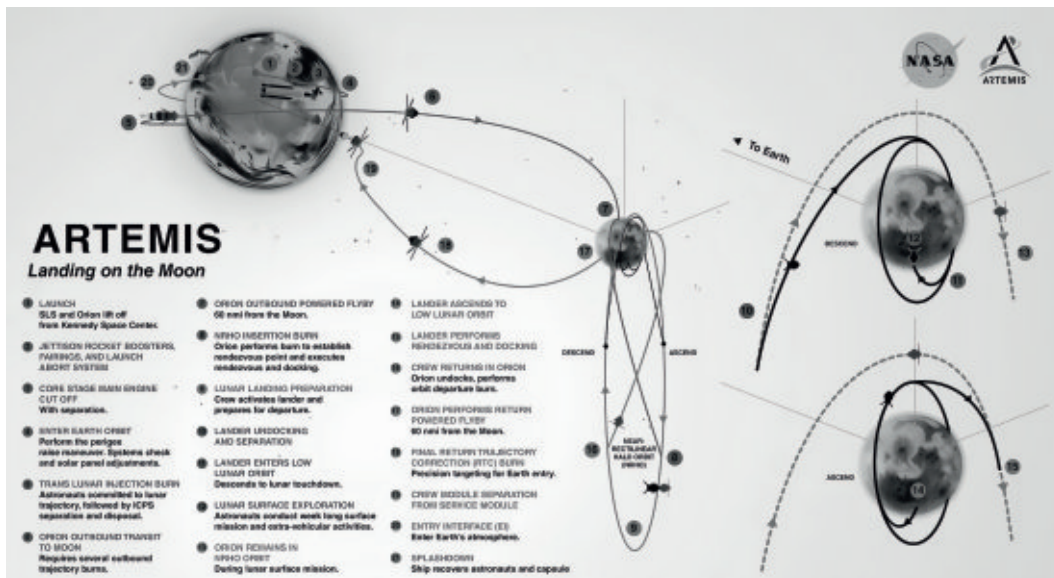
Yhdysvaltojen ohella myös Kiina panostaa omaan kuuohjelmaansa. Vaikka yksityiskohtia ei uutisoida kovin tarkasti, on miehitetyn laskeutumisen tähtäimenä vuosi 2030. Kiina on edennyt viime vuosikymmeninä kovaa vauhtia lennoissaan. Uskomattominta on, miten hyvin Kiina on kyennyt tekemään laadunvarmistusta ja välttämään isompia epäonnistumisia. Juuri huono laadunvarmistus, suureksi osaksi henkilöpalvonnan vuoksi kääntyi aikoinaan Venäjän avaruushjelman tuhoksi.

Useat yritykset suunnittelevat yksityisiä matalan Maata kiertävän radan avaruusasemia ja jokin projekteista varmasti toteutuukin lähivuosina. Ne eivät kuitenkaan varsinaisesti vie vielä ihmiskuntaa vielä uusille raiteille avaruustoiminnassa. Uutena asiana useat tahot suunnittelevat kiertoradalle sijoitettavia datakeskuksia, jotka hyödyntäisivät lähes jatkuvaa auringonpaistetta tehölähteekseen. Myös kiertoradalta tehoa sädetäviä aurinkovoimaloita on ehdotettu.

SpaceX-yhtiön Starship-kantoraketilla on potentiaalia laskea radikaalisti avaruuteen pääsyn hintaa, mikäli se saadaan rutiinotoimintaan. Halvempi avaruuteen pääsy heijastuisi myös avaruustoiminnan määrään. Starship on kehitetty päätavoitteenaan miehitetyt Mars-lennot ja SpaceX tähtää siihen, joskin suunnitelmien aikataulu liukuu jatkuvasti eteenpäin.

Haasteita ja mahdollisuuksia

Nykyään avaruuslentojen suurimmat fysiologiset ongelmat aiheutuvat matkustajan kokeman painovoiman puutteesta. Se vaikuttaa esimerkiksi ihmiskehon mukautumiseen ja avaruustautiin eli



Artemis IV -lennon on määrä laskeutua Kuun pinnalle lähivuosina. Ratamekaniikan suunnittelu on monimutkaista ja muutoksiakin nyky suunnitelmaan voidaan tehdä etenkin kantorakettilinnan osalta SLS:n, Starshipin ja New Glennin kilpaillessa. Kuva Nasa

lennon alkupahoinvointiin, pitkällä avaruuslennoilla luiden ja lihasten haurastumiseen, yleiseen mukavuuteen sekä pieniltä tuntuviin asioihin, kuten ilmanvaihtoon vaadittavien tuulettimien määrään ja sitä kautta taustahuminan tasoon.

Pyörimällä toteutettu keinopainovoima toisi avun moneen asiaan. Avaruusasemasuunnitelmien pyörivät moduulit on jätetty toistaiseksi toteuttamatta käytännössä kustannussyistä, vaikka niillä olisi suuri vaikutus terveyteen ja mukavuuteen.

Mikäli tulevaisuudessa lennetään Marsiin tai muualle kauas, niin on tärkeää säilyttää matkustajien kunto ja toimintakyky. On suunniteltu, että asuinmoduuli ja raketivaihe tai toinen asuinmoduuli voitaisiin kiinnittää toisiinsa esimerkiksi 100 metriä pitkällä kaapelilla ja asettaa pyörimään keinopainovoiman luomiseksi.

Avaruuden säteily-ympäristön asiat on aihealue, johon liittyy paljon vahvoja mielipiteitä ja ainoastaan vähän käytännön tuntemusta. Toiset väittävät, että hiukkassäteily estää pitkät lennot kokonaan, toiset pitävät niiden riskejä melko harmittomina.

Toistaiseksi minkään eläimen siedättämällä kehittämälle vastustuskyvylle säteilylle ei ole löydetty todisteita, vaikka sellaista on esitetty. Joillakin eliöillä on luonnostaan hyvä vastustuskyky säteilyn aiheuttamille vaurioille, sellaisiin lukeutuvat esimerkiksi mikroskooppiset karhukaiset. On mielenkiintoinen kysymys, että jos Marsiin muuttaminen nostaa todennäköisyyttä saada syöpä elämäsi aikana esimerkiksi 15 prosenttiyksikköä, niin jättäisitkö siksi muuttamatta? Entä jos taustoitetaan, että 80-vuotiaaksi elävän ihmisen todennäköisyys saada syöpä elämänsä aikana on jo muutenkin 30 prosenttia, niin onko ero 30 ja 45 prosentin välillä enää kovin merkittävä? Todellisia todennäköisyyksiä emme tunne.

Tulevaisuuden matkakohteista Kuun jälkeen eniten houkuttelee Mars. Sen olosuhteet ovat huomattavasti Kuuta paremmat: kolmasosan Maan painovoimasta, mikrometeoroideilta suojaava ohut kaasukehä, 24 tuntia 40 minuuttia kestävä vuorokausi ja veden saatavuus pinnanalaisesta jäästä. Huonompina puolina ovat pitkä matka ja syvä painovoimakuoppa.

Jupiterin suuret kuut ovat mahdollisia tulevaisuuden miehitetyille lennoille. Kuitenkin niistä sisimmät ovat syvällä emoplaneettansa magneettikentän luomissa säteilyvyöhykkeissä. Ion pinnalla ihminen saisi

kuolettavan säteilyannoksen minuuteissa ja Europan pinnalla tunneissa. Ganymedes ja Callisto ovat sen sijaan käytännössä yhtä turvallisia kuin planeettojenväläinen avaruus ja niille pääseminen on helpompaa, koska ne eivät ole yhtä syvällä Jupiterin painovoimakuopassa kuin sisemmät kuut.

Kuuman ja paksun kaasukehän peittämä Venus voi ensi alkuun tuntua mahdottomalta kohteelta miehitetyille lennoille. Kuitenkin Venuksen kaasukehän yläosissa, noin 50-60 kilometrin korkeudella vallitsevat samaa luokkaa oleva paine ja lämpötila kuin maapallon pinnalla. Kaasukehä itsessään on toki hapeton ja hieman myrkyllinen, mutta zeppeliinin kyydissä tai leijuvassa pilvikaupungissa ihmisille riittäisivät hyvin ohuet kaasutiiviit puvut oleskeluun ulkosallakin. Tätä on visioitu Nasan HAVOC-konseptissa.

Minne sitten miehitetyillä lennoilla matkataankin, tärkeässä roolissa tulee olemaan paikallisten luonnonvarojen hyödyntäminen [**ISRU, In-Situ Resource Utilization**]. Se on lähes välttämätöntä, sillä lennoilla tarvittavan rahdin ja hyödykkeiden kuljettaminen maapallolta on vaivalloista.

Tavoitteena tulevaisuuden avaruustoiminnassa muiden taivaankappaleiden pinnalla on arvoketjun luominen. Eri tahot voivat silloin vastata esimerkiksi luonnonvarojen louhimisesta, prosessoinnista ja jakelusta.

Tulevaisuuden Mars-siirtokunnan on ehdotettu käyvän kauppaa esimerkiksi ostamalla maapallolta korkean teknologian laitekomponentteja ja maksavan niistä myytävien ohjelmistojen tuotannolla.

Kuvitelmillä ei ole rajaa siitä, miten pitkälle avaruuden luonnonvarojen hyödyntäminen voisi kasvaa. Avaruussivilisaatio voisi luoda megarakennelmia, kuten avaruushissejä, keinotekoisia valtaviakin asemia tai asutettavan pinta-alan maksimoivia orbitaali-renkaita vapaaseen avaruuteen.

Kardašovin asteikko luokittelee tähtienvälisiksi levittäytyneitä sivilisaatioita sen mukaan, miten suuria energioita ne kykenevät hyötykäyttämään.

Tyyppin I sivilisaatio pystyy hallitsemaan yksittäisen planeetan pinnalle tulevaa energiaa, periaatteessa kuin päällystäten planeetan hävikkeettömällä aurinkokennoilla.

Tyyppin II sivilisaatio pystyy hallitsemaan kokonaisen tähden energiaa.

Tyyppin III sivilisaatio pystyy hallitsemaan kokonaisen galaksin kaikkien tähtien energiaa.

Ihmiskunta saavuttaa toistaiseksi noin 0,3 prosenttia tyyppin I -sivilisaation tasosta.

Lukemista ja katsottavaa:

Zubrin, Wagner: **The Case for Mars**

von Braun: **Project Mars - A Technical Tale**

TV-sarja: **For All Mankind**

Wernquist: **Wanderers**

<https://www.youtube.com/watch?v=YH3c1QZzRK4>

Janhunen: **Ceres megasatellite**

<https://www.electric-sailing.fi/ceres/>

HAASTATELTAVANA AVARUUSINSINÖÖRI

Kysymyksiin avaruustekniikan sisällöstä, opetuksesta ja työstä vastailee **Jaan Praks**, Aalto-satelliittiprojekteja johtanut professori Aalto-yliopistosta.

Mistä asioista puhuisit nuorille avaruustekniikan alasta?

Yritän pitää esillä, miten paljon avaruustekniikka muokka jokapäiväistä elämäämme. Avaruudesta tulevat signaalit, jotka ohjaavat pankkien aikaleimoja ja esimerkiksi navigoinnissa itseajavat autot käyttävät nekin avaruudesta tulevaa signaalia. Se, mitä tiedämme maapallosta, esimerkiksi ilmastonmuutoksesta ja ympäristöjutuista perustuu sekin suurelta osin satelliitteihin, samoin säätiedotukset.

Haluaisin aina pitää esillä, että avaruus ei ole vain suurvaltojen pönöttelyä, vaan se on todella menestyvä ja ehkä yksi nopeiten kasvavista teollisuusaloista. Avaruuspuolella on tulevaisuudessa paljon työpaikkoja, todella kansainvälisiäkin sellaisia. Alalla rakennetaan satelliitteja, tulevaisuudessa louhitaan ehkä asteroideja ja tehdään monenlaista.

Avaruustekniikan alalta löytyy todella paljon erilaisia työnkuvia. Voidaan lähteä esimerkiksi avaruuslainsäädännöstä, jossa tarvitaan juristeja ja päädytään data-analyysiin, lämpösuunnitteluun sekä monenlaisiin insinöörialoihin.

Melkein millä tekniikan alalla tahansa voi tehdä myöskin töitä avaruuspuolella. Ei tarvitse välttämättä opiskella avaruustekniikkaa, vaan opiskella myöskin elektroniikkaa, radiotekniikkaa, antennitekniikkaa tai signaalinkäsittelyä, tietoliikennettä... näillä kaikilla aloilla on vahva liittymä avaruuspuolelle ja näillä diplomeilla voi hyvinkin mennä avaruusosalalle töihin. Toki on hyvä, että avaruusosalalla tiedetään myöskin aihealueesta ja on käyty avaruustekniikan kursseja.

Haluaisin maalata nuorille kuvan tulevaisuuden alasta, joka on kansainvälinen, menestyvä ja kasvava. Sillä on tosi paljon haastavaa ja mielenkiintoista tekniikan tekemistä ja voi sanoa, että tekniikan alan huippu on avaruudessa.

Astronautin ammatti ei enää nykyään ole niin ihmeellisen suosittu. Onhan se toisaalta tosi erikoinen ja mielenkiintoinen tehtävä olla ikään kuin ihmiskunnan edustaja kaukana avaruudessa, mutta sellaisia ihmisiä on hirveän vähän. Kaikkien ei tarvitse olla astronautteja, jotta pystyy tekemään mielenkiintoisia avaruuteen liittyviä asioita.

Suomessakin on avaruustekniikan linjoja, tai ainakin yksi Aallossa, jossa voi opiskella avaruustekniikkaa pääaineena. Suomi on hyvin piensatelliitti- ja uuden avaruustekniikan keskeinen maa. Tätä on linjattu strategioissamme.

Kansainvälinen skene on liitoksissa isoon aerospace-teollisuuteen. Siksi on hyvä idea katsoa mahdollisuuksia vaihto-opiskelun mahdollisuuksia. **Space Master** -ohjelma on hyvä siitä, että siinä on Suomi mukana.

Kehottaisin opiskelijoita hakemaan mahdollisuuksia ulkomailta, koska uramahdollisuuksia on paljon. ESA etunenässä, koska Nasaan on vaikea päästä ja sinne pääsee käytännössä vain tieteen kautta.

HAVAITSEMINEN

Avaruuteen tutustumisen tärkeänä osana on tähtitaivaan kohteiden havaitseminen. Se toimii myös linkkinä omien konkreettisten elämysten ja kaukaiselta tuntuvan astrofysiikan välillä. Yötaivaasta saa paljon irti paljain silminkin, mutta kiikarit tai kaukoputki avaavat kohteita näkyviin. Kamera puolestaan sallii havaintotulosten jakamisen ja vertailun.

Valmistautuminen

Havaintoihin valmistautuessa on tärkeää valita paikka, jossa ei mahdollisuuksien mukaan ole häiritseviä valonlähteitä, kuten katuvaloja häiritsemässä. Kaupungin valot vaalentavat taivasta jopa kymmenien kilometrien päässä. Kuun vaihe vaikuttaa myös, täysikuun aikaan taustataivaan pimeys kärsii ja Kuu on horisontin yläpuolella lähes koko yön.

Anna silmän tottua pimeään. Kun tulet valoisasta pimeään, kestää silmällä noin 30-40 minuuttia tottua hämärään ja siirtyä silmän tappisoluja hyödyntävästä kirkkaan valaistuksen värinäöstä sauvasoluja hyödyntävään hämäränäköön.

Tähtikartta tai horisontin yläpuolella olevien kohteiden selvittäminen etukäteen tietokoneohjelmalla on suureksi avuksi. Mikäli joutuu käyttämään älypuhelin, pitäisi sen näytön jo etukäteen olla säädettyinä mahdollisimman himmeäksi.

Kirkkaan lampun valo, oli se sitten oma tai jonkun mukana olijan, voi pilata silmän sopeutumisen ja aloittaa hämäränäön odottelun alusta. Oman liikkumista ja tähtikartan lukemista auttavan lampun tulisi olla hyvin valittu. Lähes kaikki myydyt lamput tuntuvat olevan suunniteltu pimeänpelkoisille tavoitteenaan maksimaalinen valovoima. Niitä voi himmentää teippaamalla valon eteen esimerkiksi punaista muovikalvoa, tarvittavan valon määrä on yllättävän pieni.

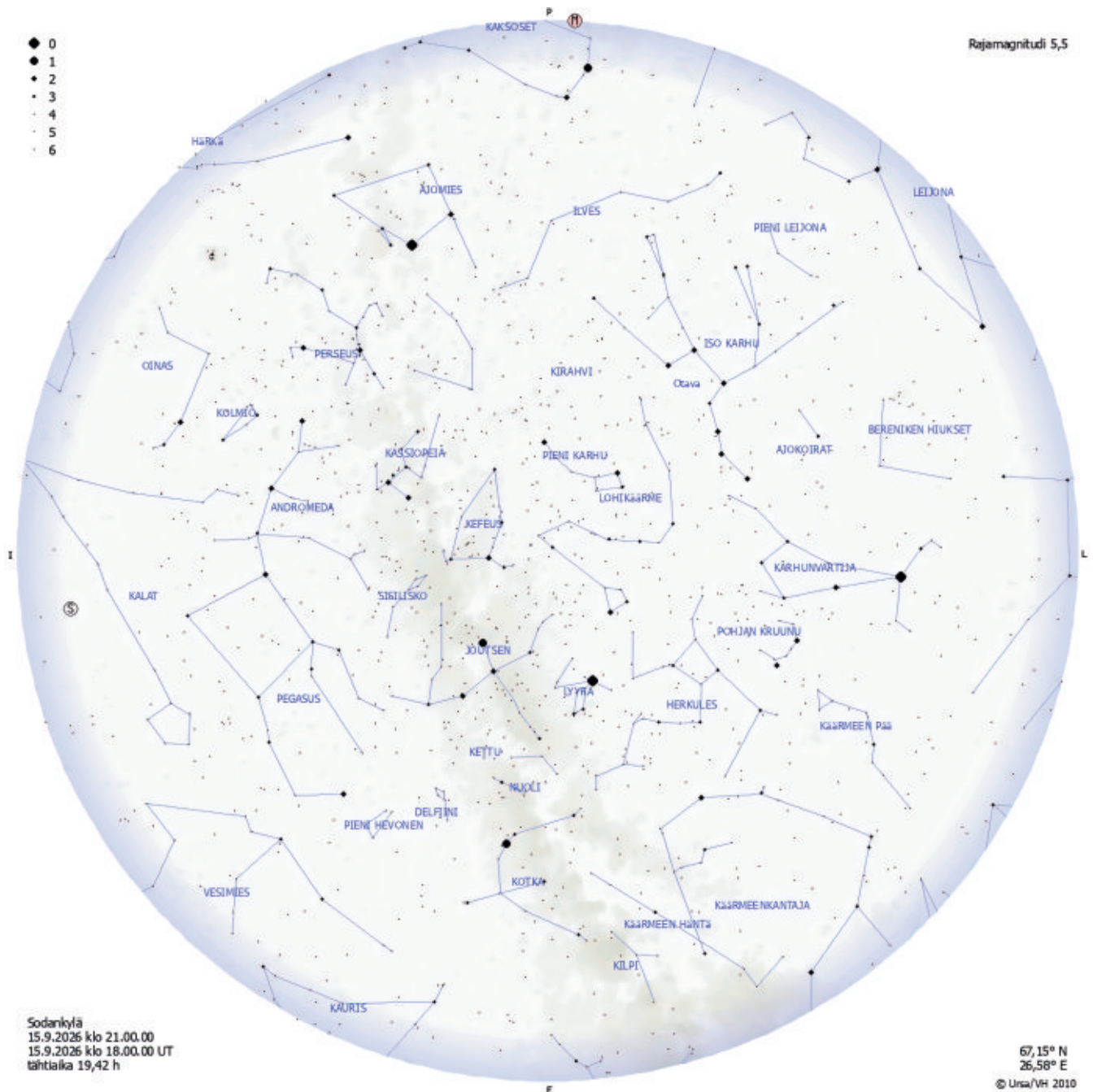
Havaintovälineen valinta

Yleisesti havaintolaitteessa tärkeintä ei ole suurennos, vaan valovoima. Etenkin syvän taivaan kohteet, kuten tähtisumut ja galaksit, ovat hyvin himmeitä. Sen sijaan kirkkaiden planeettojen havaitsemiseen voi suhteellisen pienikin linssikaukoputki soveltua hyvin.

On tärkeää myös ymmärtää, että optiikassa kulmaerotuskykyyn vaikuttaa objektiivin halkaisija. Pienellä kaukoputkella suurennoksen lisääminen ei auta, vaan diffraktion laeista seuraten kuva muuttuu vain epäselväksi.

Jos puntaroi puhtaasti havaintolaitteiden hyötyjä, niin muutaman sadan euron budjetilla taivaasta saa irti enemmän ostamalla suuret ja valovoimaiset kiikarit (esim. 15x70) kuin perustason kaukoputken. Kiikareissa on suureksi avuksi, jos ne saa kamerajalustaan kiinni, sillä yli 10-kertaisella suurennoksella ne alkavat tärisemään.

Kaukoputkeen esineenä liittyy oma lumonsa ja suurin osa aloittelevista tähtiharrastajista haluaa hankkia nimenomaan kaukoputken. On tärkeää hankkia samalla muutamia okulaareja, joilla saa vaihdeltua suurennosta ja yksityiskohtia. Toisaalta menemällä mukaan paikalliseen tähtiharrastusyhdistykseen voi jäsenyydellään saada avaimen tähtitorniin ja päästä havainnoimaan paljon paremmin välinein kuin itsellä olisi rahkeita.



Tähtikartta Sodankylän horisontille 15. syyskuuta 2026 klo 21.

(Tähtien paikat ovat samat myös lokakuun puolivälissä klo 19 tai marraskuun puolivälissä talviajassa klo 16)

Käytettäessä tähtikartta nostetaan pään päälle, jolloin ilmansuunnat asettuvat oikein. Ursan sivuilta voit generoida tähtikartan havaintopaikallasi ja -ajallasi. Tähtien paikat säilyvät samoina kyseisille vuosittaisille ajankohdille vuodesta toiseen, mutta planeetat ja Kuu liikkuvat. Nykyään myös kännykkäsovellukset ovat suosittuja, mutta niitä käytettäessä on huomioitava, että näytön täytyisi olla tarpeeksi himmeä ettei se häiritse hämäränäköä. Kuva Ursa / Ville Hinkkanen

Kun puhutaan Auringon havaitsemisesta, ei voi koskaan liikaa korostaa sen vaaroja ja tästä tulee puhua myös oppilaille. Aurinkoa saa katsoa ainoastaan varta vasten siihen tarkoitettun suotimen läpi. Vaarana on vahingossa kääntää suojaamaton havaintoväline Aurinkoon, mikä aiheuttaa jopa täyden sokeuden silmään. Havaintovälineen omistaja on aina vähintään osavastuussa tapahtuneesta. Kaukoputken okulaaripuolelle kiinnitettävä monen halpakaukoputken mukana tuleva suodin ei kelpaa, vaan suotimen on oltava objektiivin eteen tukevasti kiinnitettävä siihen tarkoitettu kalvo.

Aurinkoa havaittaessa järjestäjän täytyy olla jatkuvasti havaintovälineen vieressä vahtimassa, että vaaratilanteita ei synny. Erityisen tärkeää tämä on, mikäli Aurinko projisoidaan havaintovälineen kautta valkoiselle alustalle, sillä jopa satunnaisilla ohikulkijoilla on taipumuksena tunkea mitään sanomatta kurkistamaan putkeen.

Valokuvauksessa täytyy lähteä tarpeeksi tukevasta jalustasta ja kamerasta, jossa saa säädettyä asetuksia. Mahdollisimman suuri aukko ja korkea ISO-asetus auttavat kuvauksen herkkyyteen. Taustataivaan tummuus on silti tärkeää.

Ilman seurantaan tähtien venyminen viiruiksi alkaa häiritsemään sitä nopeammin mitä kapeampi kuvausalue on. Sitä voi välttää lyhyempien valotusten pinoamisella tietokoneohjelmalla, jolloin kohina vähenee ja kuvasta erottaa himmeämpiä kohteita.

Yleensä raakakuvien ottaminen kannattaa, sillä niitä saa säädettyä jälkeempään monipuolisesti ohjelmistoilla. Revontulikuvauksessa yleensä noin 1-2 sekunnin valotus on sopiva, sillä muutoin revontulien liikkeet tekevät niistä puuromaisen ja epäselvän alueen.

Tähtikuviot

Tähtitaivaan voi jakaa usealla tavalla erilaisiin tähtikuvioihin. Osa tähdistä näyttää selkeästi kuuluvan samoihin ryhmiin muista irrallaan, mutta toisaalta tällaisiakin tähtien ryhmiä voi yhdistellä toisiinsa muodostaen laajempia kokonaisuuksia, joita kutsutaan asterismeiksi.

Virallinen tieteessä käytetty 88 tähtikuvion jako perustuu kreikkalaisiin tähtikuvioihin ja Kansainvälinen tähtitieteen unioni hyväksyi sen käyttöön 1928.

Saamen tähtitaivas tarjoaa vaihtoehtoisen jaon totuttuihin tähtikuvioihin verrattuna ja muistuttaa siitä, että jaot eivät ole absoluuttisia eikä mikään niistä ole enemmän oikein kuin muut. Myös Stellarium-ohjelmassa saa näkyviin Saamen tärkeimmät tähtikuviot, samoin kuin kymmenien muidenkin kulttuurien tähtikuviojaon.

Tähtiin liittyvät myytit ja tarinat ovat viihdyttäviä kaikenikäisille ja voivat auttaa taivaan hahmottamista ja kohteiden muistamista. Mikäli koulu järjestää havaintoillan, niin tähtikuvioiden esittely tieteen ja myyttien valossa on tärkeä osa.

Tähtitaivasohjelmissa mytologisten kuvioiden piirtäminen taivaalle tuo oman aspektinsa lisää. 3D-avaruusohjelmissa päästään tarkastelemaan myös tähtien erilaisia etäisyyksiä.

Kohteet

Tähtitaivaan kiinnostavimpiin kohteisiin lukeutuvat aurinkokunnan kohteet, kuten Kuu ja planeetat sekä syvän taivaan kohteet, kuten tähtijoukot, tähtisumut ja galaksit. Planeetat kiertävät Aurinkoa eri etäisyyksillä eri nopeuksilla, joten niiden paikat taivaalla vaihtuvat hiljalleen. Venus ja Merkurius näkyvät vain ollessaan kaukaisimmillaan Auringosta, silloin ilta- tai aamutähtinä.

Syvän taivaan kohteissa kauniita katseltavia kiikareilla tai kaukoputkella ovat tähtijoukot, kuten Seulaset eli Plejadit, Hyadit ja Perseuksen kaksoistähtijoukko Misam. Pallomaiset tähtijoukot M3 ja M12 näyttävät mehiläisparvilta. Tähtisumuista ylivoimainen on Orionin suuri kaasusumu, jonka keskellä näkyy vauvaikäisiä trapetsin tähtiä. Kauimmaisista kohteista ovat Andromedan ja Kolmion galaksit, joiden valo on matkannut miljoonia vuosia.

Tähdenlento-parvet tarjoavat mahdollisuuden nähdä tähdenlentoja huomattavasti enemmän kuin yleensä.



Raketti-ilmiot ovat yksi ihmeellisimmistä taivaanilmiöiden tyypistä. Kuvassa Venäjältä laukaistun Bulava-ohjuksen luoma pilvi, joka hehkuu helmiäispilven väreissä aamuauringon valaisemana korkeuksissa, vaikka havaintopaikalla on vielä aamuhämärä. Kuvan otti ilmiön sattumalta nähnyt Risto Sarén joulukuussa 2005 läheltä Rovaniemeä. Kuva Risto Sarén

Perseidien maksimi on elokuun puolivälissä, geminidien joulukuun puolivälissä ja kvadrantidien aivan tammikuun alkupäivinä. Parhaimmillaan voi nähdä jopa yhden meteorin minuutissa. Oppilaille on tärkeää kertoa erot - **meteoroidi** on pienkappale avaruudessa, **meteori** on ilmakehässä kiitävä tähdenlento ja **meteoriitti** puolestaan maanpinnalle tullut avaruuskivi.

Komeetat ovat jännittäviä kaukaa tulevia vieraita aurinkokunnan sisäosissa. Paljain silmin erottuvia komeettoja näkyy taivaalla keskimäärin puolentoista vuoden välein, kirkkaita komeettoja näkyy yksi tai kaksi vuosikymmenessä. Noin puolet kirkkaista komeetoista on ennestään tunnettuja, puolet aiemmin tuntemattomia. Komeettojen kirkkausennusteet eivät läheskään aina pidä paikkaansa, sillä ainetta purkautuu komeettaytimistä joskus vaikeasti ennustettavasti.

Erinomainen sivusto kuvaukseen tutustumiseen on Ursan havaintojärjestelmä osoitteessa **taivaanvahti.fi**. Sinne voi raportoida omia havaintoja, saada palautetta ja vinkkejä sekä tutkia muiden harrastajien kuvia.

Satelliitit ja raketti-ilmiot taivaalla

Myös avaruustekniikan kohteita pystyy havainnoimaan taivaalta. Satelliitin voi nähdä yötaivaalla hitaasti tasaista vauhtia liikkuvana tähtimäisenä kohteena. Jotkin satelliitit pyörivät, mistä voi seurata jaksoittainen vaihtelu kirkkaudessa.

Koska satelliitit heijastavat auringonvaloa, ne näkyvät vain, mikäli ne ovat auringonvalossa, mutta havaintopaikka on Maan yöpuolella. Kun Aurinko on syvällä horisontin alapuolella, matalan radan satelliitit

ovat Maan varjossa eikä niitä siksi näy.

Paras aika seurata satelliitteja onkin katsella niitä illalla heti hämärän tultua sekä seuraavina tunteina tai aamuhämärässä ennen auringonnousua. Tyypillisesti matalan radan satelliitti on näkyvissä 5-10 minuuttia, kun se ylittää taivaan. Matalalla radalla satelliitin rata kierros kestää noin 90 minuuttia eli saman satelliitin saattaa nähdä kaksikin kertaa samana iltana, tosin eri kohdilla taivasta, koska Maa ehtii pyörähtää 90 minuutissa 22,5 astetta.

Satelliittien näkyvyysennusteet ovat saatavilla monelta sivustolta ja **Heavens-above.com** kuuluu niistä parhaisiin. Omalle tietokoneelle tai kännykkään asennettaviin ohjelmistoihin täytyy rataelementit päivittää noin viikon välein, sillä radat muuttuvat yläilmakehän ja mahdollisten ratamuutosten vaikutuksesta.

Kaikista kirkkain satelliitti on Kansainvälinen avaruusasema eli ISS [**International Space Station**]. Se kiertää maapalloa vähän yli 420 kilometrin korkeudessa noin 52 asteen inkliinaatiolla eli se käy radallaan kaukaisimmillaan päiväntasaajasta 52 asteen päässä. Suomesta nähtynä Kansainvälinen avaruusasema on ylikulkujensa aikaan aina lähellä eteläistä horisonttia. Helsingistä se voi nousta noin 20 asteen korkeuteen horisontista, Rovaniemeltä vain noin 5 asteen korkeuteen.

Yötaivaan näyttävimpiin valoilmiöihin kuuluvat lukeutuvat raketti-ilmiöt, jotka ovat melko harvinaisia. Kantoraketti polttaa useita tonneja ajoaineita sekunnissa, joten se luo paljon valoa. Myös raketin palokaasut jättävät taivaalle pitkään näkyvän hitaasti hälvenevän vanan, joka voi loistaa auringonvalossa.

Perinteisesti raketti-ilmiöitä on nähty eniten Venäjän Plesetskistä ja Vienanmereltä sukellusveneistä tehdyistä laukaisuista, mutta ne ovat vähentyneet. Länsinaapureissamme lähimpiä laukaisualueita ovat Ruotsissa Kiirunassa sijaitseva **Esrange** sekä Norjan Lofoottien pohjoisosassa sijaitseva **Andøya**, jotka molemmat haaveilevat ensimmäisistä kiertoratalaukaisuistaan lähivuosina.

Myös jopa Yhdysvalloista tehdyt laukaisut voivat aiheuttaa kiertoratakorkeudelle Auringon valoa heijastavan pilven, kun raketin ylin vaihe dumpkaa yli jääneet ajoaineensa pois laukaisun päätteeksi. Taivaan poikki hitaasti lipuva hohtava pilvi on todella erikoinen näky.

Erikoisena ilmiönä on myös vastikään laukaistujen satelliittien kirkas helminauha. Satelliittiparvien, kuten Starlinkin satelliitit viedään usein hyvin matalalle radalle noin 20-30 kerrallaan ja ne nostavat sitten korkeuttaan omilla moottoreillaan ja levittäytyvät tasaisesti ratatasolle muutaman viikon kuluessa.

Lukemista:

Kaila: Tähtitaivaan opas

Manner, Mäkelä: Tähtitaivas paljain silmin

Perhoniemi: Taivaantarkkailijan kirja

Landefort, Landefort, Valtaoja: Sámi almmi máidasat / Lapin taivaan tarinat

Luomanen: Ilmakehän ilmiöt

Minnaert: Maiseman valot ja värit

Mäkelä et al.: Tähdet-vuosikirjat

Ursan Tähtitaivas nyt -sivu

<https://www.ursa.fi/taivaalla/tahtitaivas-tanaan.html>

Satelliittien tarkkailijan opas

<https://www.ursa.fi/avaruustekniikka/satelliitit/opas.html>

Raketti-ilmiöiden opas:

<https://www.ursa.fi/avaruustekniikka/raketti-ilmiot/opas.html>

AVARUUSAIHEPIIRIN TIETOKONEOHJELMIA

Elämyksellinen ja kokemuksellinen opetus tarjoaa vaikuttavuutta, mutta vaatii samalla opettajalta erityistä panostusta. Tietokoneohjelmat avaavat mahdollisuuksia, joita suurin osa ei tule edes ajatelleeksi.

Ei ole helppoa opetella täysin uutta ja on aivan normaalia tuntea turhautumista ennen kuin pääsee ohjelman käyttöön sisälle. Suurimmalle osalle niin opettajista kuin avaruusharrastajistakin kynnys opetella käyttämään tietokoneohjelmia on liian suuri.

Itseään niskasta tarttumisen kuitenkin tarjoaa mahdollisuuden näyttää avaruuden asioita paljon ymmärrettävämmin kuin valmiit kuvat, kaaviot ja animaatiot pystyvät koskaan välittämään. Tietokoneohjelmassa käyttäjällä on ohjat käsissään, voidaan katsoa juuri niitä asioita, joista puhutaan ja joista yleisö on kiinnostunut.

Tietokoneelle asennettavat ovat yleensä paljon monipuolisempia kuin selaimessa pyörivät ohjelmat. Tämä toki aiheuttaa rajoituksia koulujen tietokoneilla tehtävään opetukseen. Suurin osa oheisista ohjelmista vaatii järjestelmänvalvoja-tason oikeudet.

Opetuksellisen ohjelman ja pelin ero on joskus häilyvä. Ei pidä ollenkaan väheksyä sitä, että pelillisenkin voi hahmottaa asioita ja monia nuoria pelillisyyden motivoi.

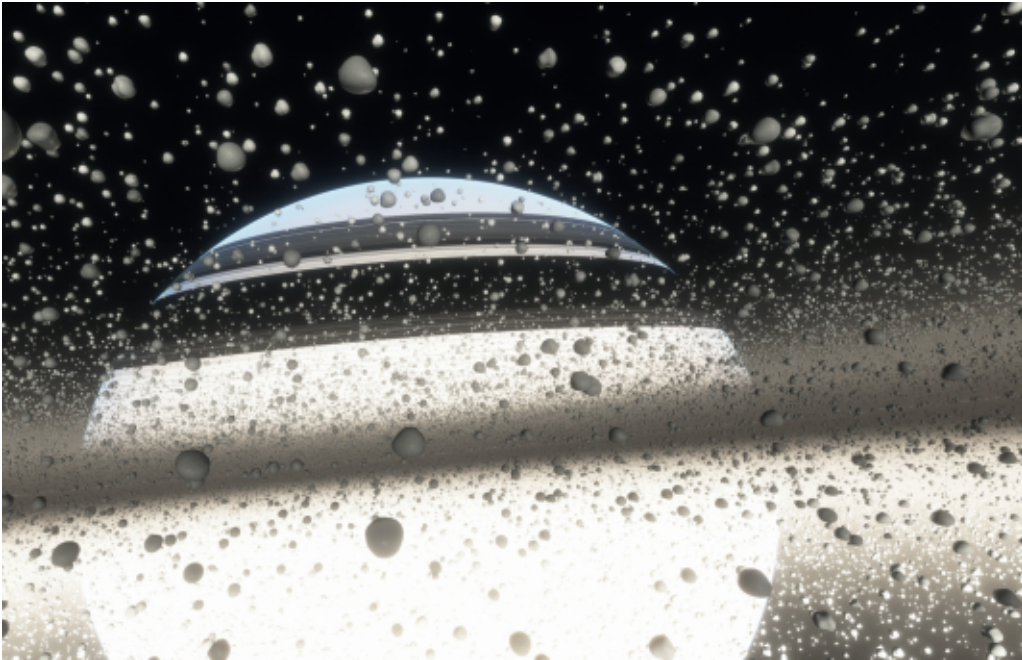
Virtuaalitodellisuus (**VR, Virtual Reality**) ja lisätty todellisuus (**AR, Augmented Reality**) tuovat nekin mahdollisuuksia, mutta aivan vielä harvalla koululla on niihin tarvittavia laitteistoja.

Äärimmäisen tärkeä järjestelyasia ohjelmien esittelyyn koskee valaistusta. Kun esityksen taustataivas on musta, niin esitystilän pimeys korostaa tuntuvasti elämystä. Tarvitaan oikeasti pimeä tila, hämärä ei riitä!

Ikkunasta tulevalle valolle sälekaihtimien sulkeminen tai tavallinen verho ei riitä - tarvitaan oikea pimennysverho tai on pimennettävä itse. Mustat isot roskapussit (mustuudessa ja paksuudessa on eri asteita) kiinnitettynä teipillä ikkunoihin toimivat. Teippinä maalarinteippi ei yleensä pysy kiinni, vaan kannattaa käyttää pitävää, mutta tarpeeksi helposti irtoavaa teatteriteippiä (***gaffer tape***).

ASENETTAVIA OHJELMIA:

3D-avaruus



Space Enginen avulla pääsee virtuaalimatalle esimerkiksi Saturnuksen renkaita katsomaan. Kuva Space Engine

Space Engine

Näyttävä virtuaaliavaruus, joka vaatii näytönohjaimelta paljon tehoa. Ladattavissa on isot tekstuurit netistä ja ohjelmisto sallii myös sisällön lisäämisen. Oletusasetuksilla ohjelmisto generoi proseduraalisesti satunnaisia kohteita ja yksityiskohtia, kun mennään kauemmaksi. VR-ominaisuudet mukana.

Kaupallinen, Steam-pelijärjestelmässä 29 euroa. Pro-versiossa hieman lisäosia ja kaupallinen käyttö sallittu.

<https://spaceengine.org/>

Celestia

Perinteinen virtuaaliavaruusohjelma. Planeettapinnat rajoittuvat litteiksi, vaikka varjostukset luovat kolmiulotteisuutta. Harrastajien tekemiä lisäosia saatavilla.

Ilmainen

<https://celestiaproject.space/>

Huom. saatavilla myös Educational-lisäosio, jossa on monia opetuksellisia valmiita elementtejä.

Open Space

Parhailtaan kehitteillä oleva opetusohjelmisto. Sisältää ohjelmistoon tuotuja datakirjastoja, mutta vielä hieman keskeneräinen. Ei yhtä näyttävä kuin Space Engine, mutta tieteellisesti tarkempi.

<https://www.openspaceproject.com/>

Tähtikartat

Stellarium

Klassikoksi muodostunut tähtikarttaohjelma, jossa on nykyään monenlaisia lisäosioita. Yksi hienoimmista ominaisuuksista dynaaminen tähtitausta. Runsaasti valinnanvaraa asetuksissa, kielissä ja sisällöissä. Monia lisäosia ja datakirjastoja saa haettua ja päivitettyä verkosta. Ilmainen.

<https://stellarium.org/>

Cartes du Ciel

Perinteisempi tähtikarttaohjelma. Ilmainen.

<https://sourceforge.net/projects/skychart/>

Muut

Universe Sandbox

Painovoiman esittelyä kaikissa mahdollisissa mittakaavoissa N kappaleen simulaatiossa. Hiekkalaatikko, jossa voi kokeilla ja säätää monenlaista. Suuremmat skenaariot vaativat runsaasti tehoa näytönohjaimelta ja prosessorilta. Myös VR-versio olemassa.

Kaupallinen, Steam-pelijärjestelmässä 29 euroa.

<https://universesandbox.com/>

Orbiter

Lentosimulaattori avaruuslentämisestä sekä avaruudessa että kaasukehissä. Realismin määrä valittavissa. Runsaasti lisäosia saatavilla. Ilmainen.

<https://www.orbiter-forum.com/>



Kerbal Space Programissa saa rakentaa oman monivaiheraketin monipuolisista moduuleista ja lennättää sitä pelillisesti. Kuva KSP

Kerbal Space Program

Kieli poskessa toteutettu avaruuslentosimulaattori, jossa saa rakentaa omia raketteja ja (yrittää) lentää niillä. Erinomainen ohjelmisto opetella rakettitekniikan perusteita sekä kokoamalla raketteja kuin lego-palikoista että avaruuslentojen dynamiikan perusteita. Ei aivan Orbiterin luokkaa oleva tunnelma.

Kaupallinen, Steam-pelijärjestelmässä 37 euroa.

<https://www.kerbalspaceprogram.com/>

SELAIMESSA PYÖRIVIÄ OHJELMIA:**Stellarium Web**

Sisällöltään yksinkertaistetumpi versio asennettavasta versiosta, mutta silti monipuolinen.

<https://stellarium-web.org/>

Ursan tähtikartta

Perusasiat tähtitaivaasta ja kännykkää kääntelemällä suuntaava taivas, mutta ei dynaamista taustaa eikä moniakaan valintoja. Suomenkielinen teksti on silti kätevä harrastuksen alussa.

<https://www.ursa.fi/taivaalla/tahtikartta/>

NASA Eyes

Nasan visualisointipaketti. Mukana esimerkiksi aurinkokunta luotaimineen ja paljon esittelyanimaatioita, tunnettujen eksoplaneettojen sijainnit ja tiedot, suurimpien asteroidien esittelyä ja Maata tarkkailevien satelliittien dataa. Uusimpana osiona Deep Space Network -tietoliikenneverkon seuranta. Lisää sivuilla 42-43.

<https://science.nasa.gov/eyes/>

KÄNNYKKÄSOVELLUKSIA:

Mobile Observatory sisältää laajan ja järkevästi valikoidun kokoelman tähtitaivaan tapahtumien visualisointia. Kuvat Mobile Observatory

Mobile Observatory Pro

Android-kännykkätähtitiedeohjelmien parhaimmiston kuuluva sovellus sisältää tähtikartat, tähtitaivaan tapahtumien laskelmat ja monipuoliset hyödylliset työkalut. Ohjelman kehittäjä on tähtitieteen ammattilainen ja se näkyy laadussa.

Kaupallinen, 13 euroa

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zima.mobileobservatorypro>

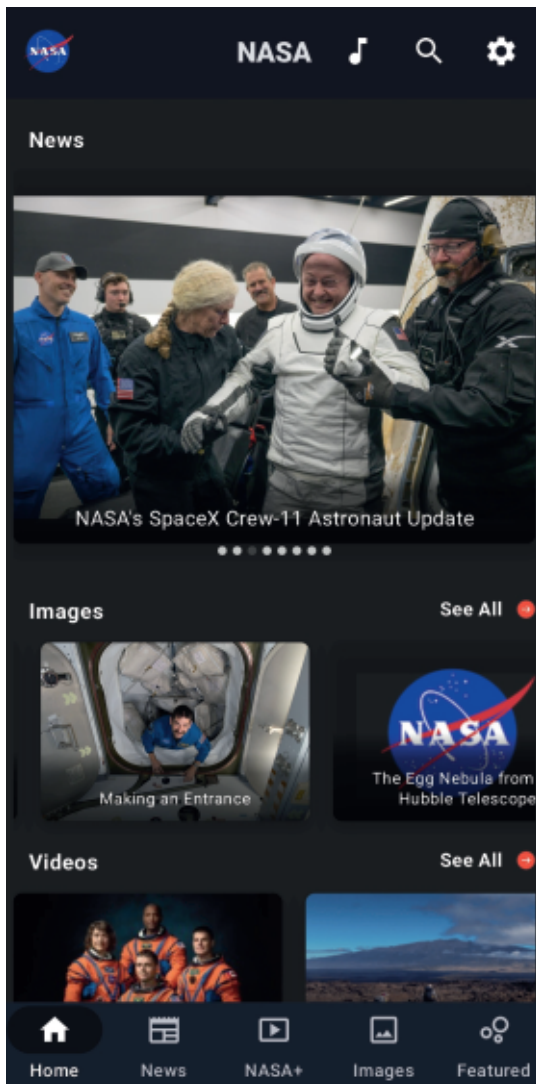
Spacecraft AR

Nasan avaruusaluusten kokoja ja malleja esittelevä ohjelma visualisoi vaikka Curiosity-Marsmönkijän koon olohuoneeseesi. Kätevä antamaan mittakaavoja. iOS / Android, ilmainen.

<https://science.nasa.gov/eyes/spacecraft-ar/>



Spacecraft AR yhdistää kuvia ja animaatiota ympäristöön, se voi tuoda esimerkiksi virtuaalisen ja animoidun Curiosity-mönkijän olohuoneesi parketille, sekä pienoiskoossa että täydessä koossaan. Kuva Nasa



Nasan tuoreimmat uutiset, kuvat, videot ja podcastit löytyvät kaikki kätevästi NASA Appin kautta tarkasteltaviksi esimerkiksi joukkoliikenteen kyydissä.

NASA-sovellus

Nasan uutisia, tulevia tapahtumia, kuvia ja podcasteja keräävä sovellus sopii hyvin kännykkään ajanvietteeksi esimerkiksi koulu/työmatkalle selailtavaksi.

iOS / Android, ilmainen

<https://www.nasa.gov/nasa-app/>

STELLARIUM-OHJELMAN KÄYTTÖVINKKEJÄ

Stellarium on ilmainen ja laajaksi kasvanut "planetaario-ohjelma", joka simuloi tähtitaivasta haluttuun aikaan halutusta paikasta. Ohjelmasta on saatavilla Windows, MacOS ja Linux -versiot. Lisäksi Stellariumista on nettiselaimessa pyörivä kevyt versio, joka ei kuitenkaan ole läheskään yhtä monipuolinen kuin asennettavat versiot.

Ohjelman keskeisin ominaisuus sekä kehittäjänkin myöntämä jatkuva haaste on taivaan dynaaminen tummuus, joka ottaa huomioon sekä Auringon sijainnin, valosaasteen, sumun ja muita asioita.

Ohjeita opetteluun, sopii myös yläkoulun tai lukion oppilaille:

Asetusten valikossa mene Pää-kohtaan [F2] ja valitse kieliasetuksiksi sekä ohjelman kieleksi että taivaskulttuurin kieleksi Suomen kieli. Selvitä sijaintisi koordinaatit ja syötä ne Paikkakunta-ikkunassa [F6] eli päävalikon ylimmässä kohdassa. Lisää paikkakuntasi luetteloon.

Valitse Taivas- ja näyttöasetusten ikkuna [F4] ja sieltä Maisemat. Valitse "Yksinkertainen horisontti", jotta näet horisonttiin asti.

Valitse taivaalta planeetta. Zoomaa siihen hiiren rullalla. Käytä kulmamitta-työkalua työkaluriviltä [Ctrl+A]. Miten monta planeettaa mahtuisi Kuun halkaisijalle? Miten kirkkaina planeettojen kuut näkyvät? Mieti, mitä varten et pysty erottamaan Jupiterin kuita paljain silmin.

Ota pois maisemahorisontti [G], ilmakehä [A], ilmansuunnat [Q] ja vaihda ekvatoriaalijalustaan [Ctrl+M]. Valitse haluamasi seurattava kohde, esimerkiksi Mars-planeetta ja lukitse se keskelle [Spacebar]. Ota näkyviin päivämääräikkuna ja siirrä se esimerkiksi toiseen yläkulmaan. Kiihdytä aikaa J, K ja L -näppäimillä. Tutki planeettojen näennäisiä reittejä taivaalla useiden vuosien aikana.

Etsi tilanne omalla syntymähetkelläsi. Missä tähtikuviossa Auringossa oli tuolloin eli mikä tähtikuvio vastaa synnyinhetkeäsi oikeasti? Onko se sama kuin "viralliset" horoskoopit?

Komeettojen tutkimista varten mene Asetukset [F2] -> Laajennukset ja valitse Satelliitit. Aktivoi satelliitit, päivitä niiden rataelementit ja lisää satelliittien nimet sekä markkerit näkyviin. Zoomaa koko taivas näkyviin ja tarkastele aikaa scrollaamalla [J, K, L], mihin vuorokaudenaikaan satelliitteja on näkyvissä eniten. Tutki satelliittien "syttymistä" eli niiden muuttumista harmaasta valkoiseksi. Ota horisontti pois näkyvistä ja vertaa sitä Auringon paikkaan.

Mene päävalikossa toiseksi alimmaiseen eli "Tähtitieteellinen laskin"-ikkunaan. Valitse Kuvaajat-alasivu. Tutki haluamallesi aurinkokunnan kohteelle esimerkiksi "Kulmaläpimitta vs. aika" ja "Magnitudi vs. aika" käyriä. Valitse tarpeeksi pitkä aikaväli ja mieti, miten selität käyrien muodot. Tämä voi vaatia runsaasti laskentatehoa ja aikaa.

Valitse "Tähtitieteellinen laskin" -ikkunasta pimennykset. Laske seuraavat auringonpimennykset 10 vuodelle. Miten usein täydellisiä auringonpimennyksiä esiintyy? Osaatko selittää kaikki laskennan kentät?



Tähtikuvioiden mytologiset hahmot valittuina Stellarium-ohjelman tähtikarttanäkymään, Orion kuuluu kevättalven illan silmiinpistävimpiin tähtikuvioihin. Kuva on käännetty negatiiviksi painatussystä. Kuva Stellarium



Stellariumissa saa näkyviin myös kirkkaimpia syvän taivaan kohteita. Tässä Cassiopeian tähtikuvion ympäristöä. Kuva Stellarium

Europa (J11)

Tyyppi: kuu
 Magnitudi: 5.78 (observatoriatu mag. 5.98 (Dorjeen 1.48 (mumussal))
 Absoluuttinen magnitudi: -1.41
 Keskitaakan oppositiokorkeus: 5.29
 Rekt./dekl. (J2000.0): 7h05m13.36s+22°56'30.3"
 Rekt./dekl. (nykyinen): 7h05m13.36s+22°56'30.3"
 Tunt./dekl. (J2000.0): 0h55m05.35s+22°57'23.3" (vapaakokorkeus)
 Alt./azim.: +22°56'30.3"/+27°14'14.4" (vapaakokorkeus)
 Alt./azim.: +22°56'30.3"/+27°14'14.4" (vapaakokorkeus)
 Täht. pit./leveys: +129°11'33.47"/+51°45'05.0"
 Dik. pit./leveys (J2000.0): +204°45'43.57"/+0°22'19.1"
 Dik. pit./leveys (nykyinen): +204°45'43.57"/+0°22'19.1"
 Etäisyys tähdestä: 670 815 000 km
 Keskitaakan: 670 815 000 km
 Toiminnan taajuus: 670 815 000 km
 Kulkusuunta: 194 km
 Kulkusuunnan (m. laatu):
 Keskitaakan: +0°57'41.1"
 [AU:n] pituus: 670
 Keskitaakan lähe: +8°50'12" suuntaan 278.4°
 Keskitaakan lähe: 670+0°57'41.1" silvontaa
 Keskitaakan: +208°50'48.0"
 Dik. in. [AU:n]: +129°11'33.47"
 Keskitaakan: +129°11'33.47"
 Väli: 99.2%
 Keskitaakan Europa (J1) — Apollon: +0°07'31.1"
 Etäisyys: 4.825 AU (721.968 milj. km)
 Etäisyys: 4.825 AU (721.968 milj. km)
 Väli: 129°11'33.47"
 Keskitaakan: 33.818 km/s
 Keskitaakan nopeus: 1.237 km/s
 Keskitaakan kiertäjä: 3.56 vuorokautta (0.0114 a)
 Keskitaakan kiertäjä: +8°07'05.89"
 Keskitaakan: 2021.6 km
 Keskitaakan: 8213 km/0.0
 Keskitaakan: 8213 km/0.0
 Keskitaakan: 11.862 m/s
 Keskitaakan: +8°07'05.89"
 Keskitaakan: L=+192°57'13" B.=+1°02'42"
 Keskitaakan: L=+192°57'13" B.=+1°02'42"
 Keskitaakan: +192°57'13" B.=+1°02'42"
 Keskitaakan: +192°57'13" B.=+1°02'42"
 Keskitaakan: +192°57'13" B.=+1°02'42"
 Keskitaakan: +192°57'13" B.=+1°02'42"



Jupiterin kuiden näkyvyyksien ja asentojen selvittäminen onnistuu myös Stellariumilla. Se kertoo myös yllättävän paljon tietoa kohteista, tässä valittuna Europa-kuu. Kuva Stellarium

NASA EYES -OHJELMISTO

<https://science.nasa.gov/eyes/>

Nasan ykköstyökalu harrastajille avaruusmissioiden, avaruuskohteiden ja mittausten visualisointiin kolmiulotteisesti kasvaa vuosi vuodelta. Aluksi ohjelmistosta oli myös asennettava versio, mutta sittemmin se on siirretty täysin selainpohjaiseksi.

Eyes on Solar System

Aurinkokunnan planeettojen, kuiden ja suurimpien pienkappaleiden lisäksi mukana on suuri osa tämänhetkisistä aurinkokunnassa matkaavista avaruusaluksista, joiden malleja, paikkoja ja ratoja pääsee tarkastelemaan eri ajanjaksoilla.

Ohjelmisto sisältää suuren määrän animoituja ja tekstein selitetyjä kohokohtia, kuten Mars-mönkijöiden laskeutumisista tai planeettaluotainten lähiohituksia erityiskohteista. Koska kaikki on toteutettu samassa ympäristössä, pääsee käyttäjä helposti kääntelemään näkökulmaa ja zoomaamaan lähemmäksi tai kauemmaksi joko hiirellä tai näppäimistöllä.

Eyes on Asteroids

Pitkälti edellisen sovelluksen kaltainen, mutta sisältää noin 40 000 Maan radan lähiasteroidia, joiden lähiohituksia ja kokoja pääsee tarkastelemaan kolmiulotteisesti.

Eyes on Exoplanets

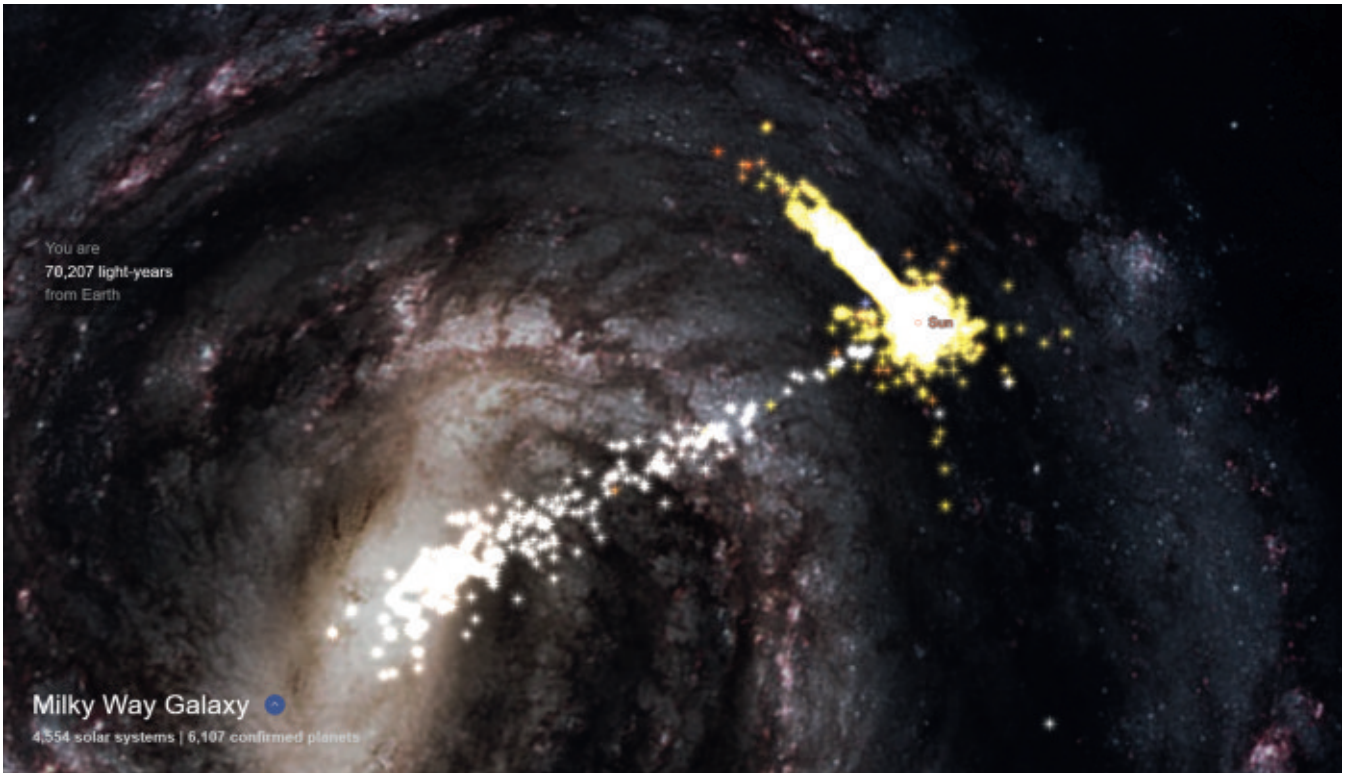
Paras työkalu tähän mennessä löydettyjen eksoplaneettojen sijaintien visualisointiin. Tarkastelun voi aloittaa esimerkiksi haluamaltaan paikkakunnalta maanpinnalta yöaikaan ja laittaa tähtikuvioviivat näkyviin. Ohjelma näyttää, mistäpäin taivasta tunnetut eksoplaneetat löytyvät.

Jokaisen tunnettuja eksoplaneettoja sisältävän järjestelmän rakennetta pääsee tarkastelemaan ja halutessa vertaamaan aurinkokunnan skaalaan. Arvioitu elämänvyöhyke esitetään vihertävällä. Eksoplaneettojen visuaalinen esitys on taiteilijan näkemys, mutta kokoja voi verrata Jupiteriin tai Maahan.

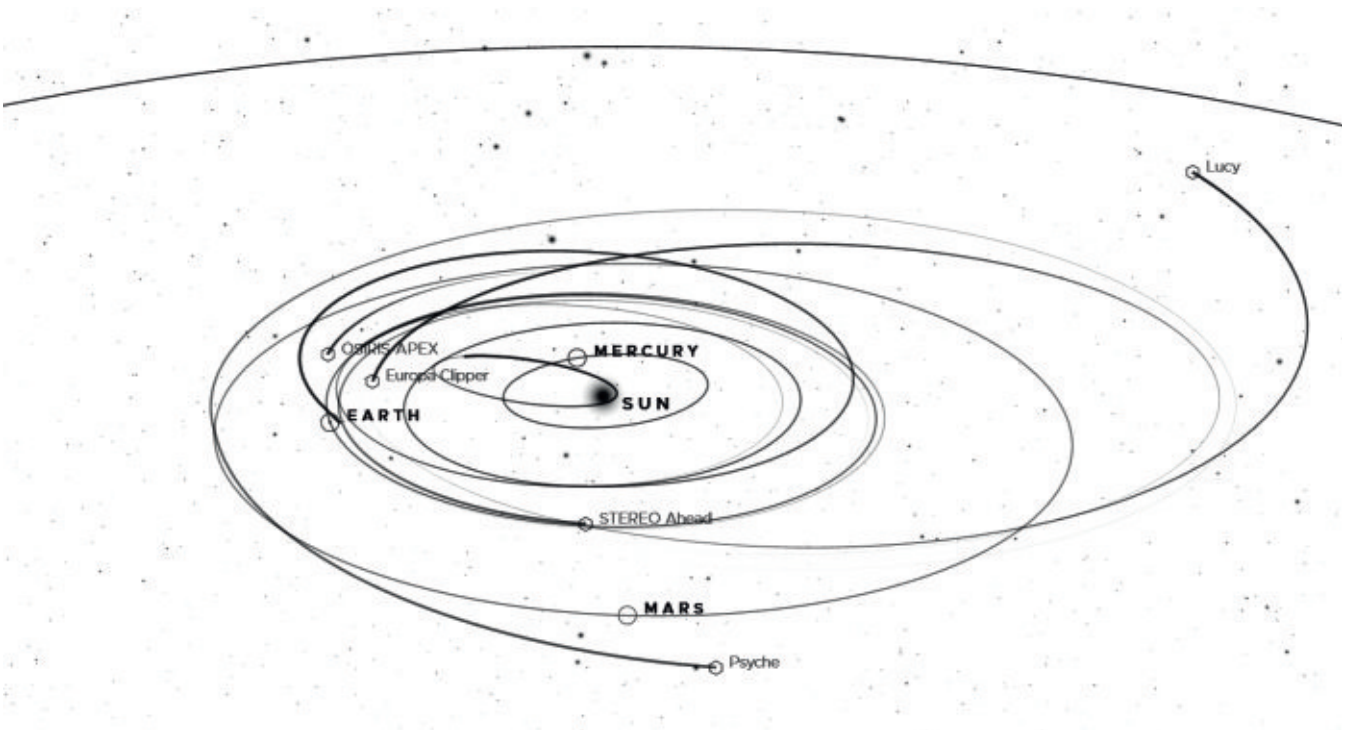
Eyes on Earth

Ympäristön tilaa tarkastelevien satelliittien malleja, ratoja ja etenkin mittauksia esittelevä sovellus. Maapallon tekstuuriksi saa vaihdettua esimerkiksi ilman tai valtameren lämpötilan, pintakerroksen kosteuden tai merenpinnan korkeudenvaihtelut.

Satelliitteja on mukana noin 30 kappaletta visualisoiden satelliittien rakenteen, radan sekä kokoluokan vertaamisen koulubussiin tai ihmiseen. Events-osiosta löytyy satelliittikuvia vuositason luonnon tapahtumista, kuten myrskyistä, tulivuorenpurkauksista, tulvista tai metsäpaloista lyhyen infon kera.



Eyes on Exoplanet -sovelluksessa valittaessa tarkastelupaikaksi avaruuden, pystyy zoomaamaan ulos jopa Linnunradan mittakaavaan. Auringon ympäriltä satunnaiselta vaikuttavan eksolöytöjen pallon lisäksi erottuu kaksi valokeilamaista suuntaa, joista eksoplaneettoja tunnetaan enemmän. Linnunradan keskustan suunnassa tähtitiheys on suurimmillaan, joten sinnepäin on tähystetty paljon. Kepler-avaruusteleskoopin kuvakenttä Joutsenen ja Lyyran tähtikuvioiden välissä sisältää tuhansia eksolöytöjä. Kuva Nasa / Eyes on Exoplanets



Ihmiskunnan robottilähettiläät aurinkokunnassa liikkeineen löytyvät Eyes on the Solar System -osiosta. Useista Nasan missioista on katsottavissa myös animaatioita, jotka näyttävät esimerkiksi Perseverance-mönkijän laskeutumisen Marsiin tai Pluton ohittavan New Horizons -luotaimen kuvaus- ja havainnointikoreografian. Kuva Nasa / Eyes on the Solar System

KIRJOITTAJAN LOPPUSANAT

Avaruus on äärimmäisen kiehtova aihealue ja nuorille on tietoa saatavilla valtavia määriä verrattuna edeltäviin sukupolviin, kunhan aihepiirissä löytää alkuun.

Avaruustekniikka on yksi nopeimmin kasvavista teollisuudenaloista maailmassa ja sovelluksia riittää. Nuorta voivat innostaa esimerkiksi maailmankaikkeuden tutkimiseen rakennetut avaruusobservatoriot, planeettamönkijät, maailman luonnon seuranta satelliittihavainnoin, rakettimeoottorien kehittäminen, satelliittinavigoinnin signaalianalyysi tai sotilassovellusten maailma. Kaikkien näiden pariin voi erikoistua avaruusosalalla.

Avaruussovelluksilla on potentiaalia auttaa ihmiskuntaa sen suurimmissa ongelmissa. Ilmastonmuutoksen hillitsemistä on ehdotettu tehtäväksi avaruussovellusten avulla. Maapallon ylikuumentumista voisi ehkäistä esimerkiksi avaruuteen sijoitettavilla suurilla, mutta äärimmäisen ohuilla peileillä tai kuupölyn levittämällä Maan kiertoradalle. Lajikatoa puolestaan voidaan vähentää esimerkiksi maankäytön ja kalastuksen lähes reaaliaikaisella seurannalla satelliittien avulla.

Pullonkaulana laajamittaiselle avaruusinfrastruktuurille ja ihmiskunnan laajentumiselle avaruuteen on yhä avaruusrahdin kuljetuksen hinta. Mikäli Starshipin kaltainen täysin uudelleenkäytettävä kantoraketti saadaan käyttökelpoiseksi rutiinilennoille, niin alalle voi koittaa todellinen kultakausi. Kuun sekä asteroidien luonnonvarojen hyödyntäminen voi päästä alkuun ja innostaa yksityissektoria laajentamaan ihmiskunnan toiminta-alueita.

Motivaattorina tulevaisuuden avaruusresurssien hyödyntämiselle voi miettiä, että pelkästään asteroidivyöhykkeen metallien yhteisarvo nykyhinnoilla vastaisi karkeasti 100 miljardia euroa jokaiselle maapallon asukkaalle. Avaruushyödykkeitä ei yleensä kannata rahdata maapallolle, vaan käyttää avaruusinfrastruktuurin rakentamiseen eri puolilla aurinkokuntaa.

Tähtitieteen puolella opitaan jatkuvasti lisää maailmankaikkeudesta. *James Webb -avaruusteleskoopin* ja *Gaia-tähtikartoittajan* kaltaiset projektit nostavat havaintodatamme määrää ja laatua yhä korkeammalle lähellä ja kaukana. Toimintansa juuri aloittanut laajakulmaisella jättiläisteleskoopilla varustettu *Vera Rubin -observatorio* skannaa puolet taivaasta läpi kolmen vuorokauden välein ja nopeatkin taivaan muutokset ja Maan lähiympäristöstä kulkevat kappaleet paljastuvat ennennäkemätöntä vauhtia.

Suomessa tähtiharrastajia on väkilukuun verrattuna enemmän kuin missään maailman maassa lukuun ottamatta aivan pienimpiä maita. Myös ESAn viimeisessä astronauttihaussa Suomesta oli huippumäärä hakijoita väkilukuun suhteutettuna.

Suomessa virtahepona olohuoneessa on oman avaruusjärjestön puute. ESAn jäsenmaista lähes jokaisella on avaruustoimintaa ja -tutkimusta ohjaamassa avaruuspuolelle erikoistunut ja siitä välittävä järjestö. Avaruusjärjestö koordinoisi ja innostaisi kansallista tutkimusta ja osallistumista kansainvälisiin projekteihin sen sijaan, että nykyisellään ne on jaettu "hajoita ja hallitse" -periaatteella neljän eri ministeriön alle. Myös kaikkien tasojen koulutuksen koordinointi ja alan nuorisotyö kuuluisi avaruusjärjestön piiriin, nykyisellään sitä on olemassa kansallisella tasolla hyvin vähän.

Suomen valtion osallistumista ESAn aluksi liittäntäjäjäsenenä ja vuoden 1995 lähtien täysjäsenä hoiti ensin Tekes ja sen jälkeen Business Finland. Niissä käytännön valintoja tekevät talousbyrokraatit, koska poliitikoista vain muutama on koskaan ymmärtänyt avaruusaihepiiristä tuon taivaallista.

Ehdotukset kansalaisia kiinnostaviin asioihin, kuten miehittyihin lentoihin tai edes aurinkokunnan tutkimukseen suoraan osallistumisesta haluttiin kitkeä. Niiden sijaan panostaa kaukokartoitukseen, navigointiin ja yleiseen teknologiakehitykseen.

Yrityksiä oman avaruusjärjestön perustamiseksi on ollut useita, mutta rahahanoja kiristämällä ja poliittisesti painostamalla byrokratia on toistaiseksi onnistunut nujertamaan ne. Motivaationa on esimerkiksi se, että avaruusjärjestö perustettaessa täytyisi sen johtoon valita avaruusalan koulutuksen ja innostuksen omaava henkilö nykyisten talousbyrokraattien tilalle. Hyvin harva avaruusallalla toimiva uskaltaa kritisoida tilannetta, koska lähes kaikki ovat ainakin epäsuorasti riippuvaisia nykyhallinnon valtuuttamasta ESA-jäsenmaksun vastaostoina tuesta avaruusprojekteissa.

Muutoksen tuulet Suomen avaruustoimintaan ovat tuoneet vasta vuonna 2017 laukaistut ensimmäiset suomalaiset satelliitit, jotka rakennettiin Aalto-yliopistossa nuoren sukupolven toimesta. NewSpace on muuttanut avaruustoiminnan kenttää nopeasti ja toivottavasti saamme Suomikin saa oman aidon avaruusjärjestön.

Suomessa avaruusalan johtotähdeksi on kasvanut aiempaa pienempiä SAR-tutkasatelliitteja operoiva ICEYE, joka sai alkunsa Aalto-yliopiston satelliittiprojektien spin-off-yrityksestä. Yhtiön satelliitteja on laukaistu avaruuteen vuoden 2025 loppuun mennessä jo 62 kappaletta ja työntekijöitä on yli 700 henkeä.

Avaruustekniikkaan erikoistuneena tiedetoimittajana voin todeta, että avaruusalan tapahtumia, lehdistötiedotteita ja uutisia maailmalta voisi seurata täyspäiväisesti eikä silti pysyisi kärryillä kaikesta.

Opetuksellisesti avaruusaihepiiri on haastava etenkin siksi, että se vaatii runsaasti asioihin tutustumista omalla ajalla. Se on kuitenkin yksi oppilaita motivoivimmista aihekentistä, jotka liittyvät koulujen tiedekasvatukseen.

Opettajan ei tarvitse tietää kaikkea, mutta olisi hyvä osata neuvoa, mistä tietoa löytyy. Kaikkiin kysymyksiin ei tarvitse osata vastata, mutta tärkeää on, että opettaja on valmis selvittämään asioita ja vastaamaan esimerkiksi seuraavalla tunnilla tarkemmin. Anna oppilaalle kipinä, joka voi kasvaa, mikäli hän innostuu!

Yksinkin oppilas voi päästä pitkälle avaruusaihepiirissä netistä löytyvillä eväillä, mutta samasta harrastuksesta innostuneiden nuorten ryhmälle ei taivaskaan ole rajana.

Ivalossa 1.1.2026

Mikko Suominen

mikko.suominen@iki.fi

Lukemista:

Kelhä: Pieni avaruuskirja

Isomäki: 66 ways to absorb carbon and improve the Earth's reflectivity

Zubrin: Entering Space - Creating a spacefaring civilization

Lewis: Mining the Sky

Liite 1:

AKININ AVARUUSTEKNIIKAN LAIT

Alkuperäisversio - David Akin - http://spacecraft.ssl.umd.edu/akins_laws.html

Suomennos - Mikko Suominen - <http://mikkosuominen.fi/akininlait.pdf>

- #1 Insinööriyössä käytetään numeroita. Analyysi ilman numeroita on ainoastaan mielipide.
- #2 Avaruusaluksen suunnitteleminen täydelliseksi vaatii äärettömän ajan. Siksi ne on hyvä suunnitella toimimaan virhetilanteissa.
- #3 Suunnittelu on iteratiivinen prosessi. Tarvittavien iteraatioiden määrä on yksi enemmän kuin siihen asti on tehty. Tämä on totta jokaisessa vaiheessa.
- #4 Parhaat ideasi tahtovat jäädä käyttämättä lopullisessa toteutuksessa. Opettele elämään pettymyksen kanssa.
- #5 (Millerin laki) Kolme pistettä muodostaa käyrän.
- #6 (Marin laki) Kaikki on lineaarista, mikäli se piirretään logaritmpaperille paksulla tussilla.
- #7 Suunnittelun alussa henkilö, joka haluaa eniten ryhmänjohtajaksi, on luultavasti vähiten sopiva siihen.
- #8 Luonnossa optimi on aina kompromissi. Suhtaudu epäillen väitteeseen, että optimi on ääripisteessä.
- #9 Täydellisen informaation puuttuminen ei koskaan ole tyydyttävä syy analyysin aloittamisen lykkäämiseen.
- #10 Kun et ole varma, tee arvio. Hätätilanteessa arvaa. Mutta muista korjata tämä osio heti kun oikeita lukuja saadaan käsittelyyn.
- #11 Joskus nopein tapa saada projekti valmiiksi on heittää tähänastinen työ menemään ja aloittaa tyhjältä pöydältä.
- #12 Koskaan ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeata ratkaisua. Aina on kuitenkin olemassa useita vääriä.
- #13 Suunnittelu perustuu vaatimuksiin. Ei ole mitään oikeitusta suunnitella jotakin osiota paremmaksi kuin vaatimukset edellyttävät.
- #14 (Edisonin laki) "Parempi" on "hyvän" vihollinen.
- #15 (Sheanin laki) Mallin parannukset tehdään lähinnä rajapinnoissa. Ne ovat myös todennäköisimmät paikat tehdä virheitä.
- #16 Edellisillä suunnittelijoilla, jotka tekivät samanlaisia analyysseja kuin sinä, ei ollut käytössään yhtä paljon kokemuksen tuotaa viisautta. Siksi ei ole mitään syytä olettaa, että heidän analyysinsä olisi omaasi parempi. Erityisesti ei ole mitään syytä esittää heidän analyysiaansa omanasi.
- #17 Analyysin löytyminen painettuna ei lisää yhtään sen todennäköisyyttä pitää paikkansa.
- #18 Käytännön kokemukset ovat erinomaisia todistamaan jonkin toimivuus. Niiden seuraaminen liian tarkkaan voi kuitenkin tyrmätä uudenlaisen kannattavan ratkaisun.
- #19 Todennäköisyys, että olet määrättömän paljon fiksumpi kuin kaikki muut kolleegasi, on suuresti sinua vastaan. Jos analyysisi antaa terminaalinopeudeksi kaksinkertaisen valonnopeuden, olet voinut keksiä poimumoottorin, mutta on todennäköisempää, että olet mokannut.
- #20 Huono suunnittelu esiteltynä taitavasti on tuhoon tuomittu ennemmin tai myöhemmin. Hyvä suunnittelu esiteltynä huonosti on tuomittu välittömästi.
- #21 (Larrabeen laki) Puolet kaikesta, mitä kuulet luentosalissa on puppua. Koulutus on oppia siitä, kumpi osa on kumpaa.
- #22 Kun epäroit, dokumentoi. (Dokumentoinnin vaatimukset saavuttavat maksiminsa pian projektin lakkauttamispäätöksen jälkeen.)

#23 Suunnittelemasi aikataulutus voi tuntua täysin kuvitteelliselta asialta, kunnes asiakas antaa sinulle potkut koska et ole noudattanut sitä.

#24 Työnoitus (*Work Breakdown Structure* eli suoremmin työn hajautusrakenne) on saanut nimensä siitä, että jäljellä oleva Työ kasvaa, kunnes Hajoat ellet kehittä siihen Rakennetta.

#25 (Bowdenin laki) Epäonnistuneen testin jälkeen on aina mahdollista osoittaa, että analyysissäsi oli negatiiviset turvamarginaalit alusta pitäen.

#26 (Montemerlon laki) Älä tee tyhmyyksiä.

#27 (Varsin laki) Aikataulutukset siirtyvät vain yhteen suuntaan.

#28 (Rangerin laki) Ilmaista laukaisua ei ole olemassa.

#29 (von Tiesenhausenin projektinhallinnan laki) Saadaksesi luotettavan arvion lopullisista ohjelman vaatimuksista, kerro alkuperäiset aika-arviosi piillä ja siirrä hinta-arviossa pilkkua yhden numeron verran oikealle.

#30 (von Tiesenhausenin suunnittelumallin laki) Jos haluat päästä vaikuttamaan mahdollisimman paljon uuden järjestelmän toteutukseen, opettele piirtämään. Insinöörit yleensä päätyvät suunnittelemaan lopullisen toteutuksen taiteilijan alkuperäisen näkemyksen kaltaiseksi.

#31 (Mo'n evoluutiokehityksen laki) Et voi päästä Kuuhun kiipeämällä toinen toistaan korkeampiin puihin.

#32 (Atkinin näyttelylaki) Kun laitteet toimivat täydellisesti, eivät tärkeät vierailijat ilmesty paikalle.

#33 (Pattonin ohjelmasuunnittelun laki) Hyvä suunnitelma äkkiä toteutettuna on parempi kuin täydellinen suunnitelma vasta ensi viikolla.

#34 (Rooseveltin tehtäväsuunnittelun laki) Tee mitä pystyt, siellä missä olet ja sillä, mitä sinulla on.

#35 (de Saint-Exupery'n suunnittelulaki) Suunnittelija tietää saavuttaneensa täydellisyyden - ei silloin kun mitään ei ole jäljellä lisättäväksi - vaan silloin kun jäljellä ei ole mitään poistettavaa.

#36 Kuka tahansa insinööri osaa suunnitella tyylikästä. Hyvä insinööri osaa suunnitella tehokasta. Suurenmoinen insinööri osaa suunnitella toimivaa.

#37 (Henshawin laki) Eräs tärkeimmistä teistä menestykseen on vakiinnuttaa linja siihen, ketä syyttää ongelmista.

#38 Suorituskyky ohjaa vaatimuksia, riippumatta siitä mitä järjestelmäsuunnittelun oppikirjat sanovat.

#39 Kolme avainasiaa, jotka pitävät miehitetyt lennot tarpeeksi edullisina ja aikatauluissaan.

- 1) Ei uusia kantoraketteja
- 2) Ei uusia kantoraketteja
- 3) Mitä tahansa teet, älä pääätä kehittää uusia kantoraketteja

#40 (McBryanin laki) Et voi saada sitä paremmaksi ennen kuin saat sen toimivaksi.

#41 Koskaan ei ole tarpeeksi aikaa laittaa sitä kuntoon, mutta jotenkin aina on tarpeeksi aikaa tehdä se alusta uudestaan.

#42 Jos ei ole lento-ohjelmaa, ei ole rahaa. - Jos on lento-ohjelma, ei ole aikaa.

#43 Ymmärrät kunnolla jonkin asian kolmannella kerralla, kun tutustut siihen (tai ensimmäisellä kerralla, kun opetat sen).

#44 (Lachancen laki) "Runsaasti aikaa" muuttu "liian vähäksi ajaksi" hyvin lyhyessä ajassa.

#45 Avaruus on täysin anteeksiantamaton ympäristö. Kun teet virheen suunnittelussa, ihmisiä kuolee (*eikä lähes oikeassa olleesta analyysistä saa yhtään kiitosta*).

Liite 2:

AVARUUSTIEDON NETTISIVUSTOJA

SIVUSTOJA SUOMEKSI

ESERO Finland - Opettajille suunnattu avaruusopetuksen sivusto
<https://www.esero.fi/>

Ursa.fi - Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry
<https://www.ursa.fi/>

Listaus tähtiharrastusyhdistyksistä eri puolilla Suomea
<https://www.ursa.fi/harrastus/paikallisyhdistykset.html>

Avaruus.fi - Ursan Tähdet ja avaruus -lehden uutissivusto, lyhyitä uutisia suomeksi
<https://www.avaruus.fi/>

Taivaanvahti.fi - Ursan havaintojärjestelmä, tutustu, kommentoi ja raportoi havaintojasi
<https://taivaanvahti.fi/>

Avaruus.fi-keskustelualue - Foorumi suomalaisille tähtiharrastajille
<https://www.avaruus.fi/foorumi/index.php>

Zeniitti-verkkolehti - Ursan julkaisema tähtiharrastuksen verkkolehti
<https://www.ursa.fi/blogi/zeniitti/>

Ursan harrastusryhmät - tähtitieteen eri osa-alueille erikoistuneet pienryhmät
<https://www.ursa.fi/harrastus/harrastusryhmat.html>

Suomen Avaruustutkimusseura - Avaruustoimintaa edistävä aattellinen yhdistys, esimerkiksi pienoismallirakettitoimintaa
<https://www.sats-saff.fi/>

Space Finland - Suomen avaruushallinnon sivusto
<https://spacefinland.fi/>

Tiedetuubi - Avaruus uutisia ja videoita, pääosin tiedetoimittaja **Jari Mäkisen** tekeminä
<https://tiedetuubi.fi/>

Somerikko.net - **Jarmo Moilasen** oivallinen sivusto meteoriiteista, törmäyskraattereista ja haloilmiöistä
<https://somerikko.net/>

Avaruusmagaziini - Tähtiharrastaja Kari A. Kuuren ylläpitämä uutissivusto
<https://avaruusmagaziini.blogspot.com/>

Kitsat-opetussatelliitit - Arctic Astronautics -yrityksen sivusto
<https://kitsat.fi/>

Jemma.mobi - Avaruussään reaaliaikaiset mittarit revontulihavaintajille
<https://jemma.mobi/mittarit>

SIVUSTOJA ENGLANNIKSI

Nasa - Yhdysvaltojen ilmailu- ja avaruusjärjestö, avaruustoiminnan uutisia
<https://www.nasa.gov/>

ESA - Euroopan avaruusjärjestö, avaruustoiminnan uutisia
<https://www.esa.int/>

ESO - Euroopan eteläinen observatorio - Euroopan suurin tähtitiedejärjestö
<https://www.eso.org/>

Mars Society - Marsin tutkimukselle ja asuttamiselle omistautunut yhteisö
<https://www.marssociety.org/>

B612 Foundation - Asteroidien tutkimiseen ja torjuntaan omistautunut järjestö
<https://b612foundation.org/>

IAF - Kansainvälinen Astronautiikan Federaatio - maailman kattojärjestö avaruustoiminnalle
<https://www.iafastro.org/>

IAU - Kansainvälinen tähtitieteellinen unioni
<https://www.iau.org/>

ISU - Kansainvälinen avaruusyliopisto
<https://www.isunet.edu/>

Minor Planet Center - IAU:n asteroideihin ja muihin pienkappaleisiin liittyvää tietoa
<https://minorplanetcenter.net/>

Jonathan's Space Report - Jonathan McDowellin tietokanta avaruuslaukaisuista ja monenlaisesta muusta avaruuslentoihin liittyvästä
<https://planet4589.org/>

Seiichi Yoshida's Comet page - tietoa parhaillaan ajankohtaisista komeetoista havaintonäkökulmasta
<http://www.aerith.net/>

Spaceweather.com - avaruussääsivusto harrastajanäkökulmasta
<https://spaceweather.com/>

Exoplanet.eu - Laaja tietokanta eksoplaneetoista, eurooppalaisten ylläpitämä
<https://exoplanet.eu/home/>

NASA Exoplanet Archive - Nasan oma tietokanta eksoplaneetoista
<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

Sky & Telescope - maailman suurin tähtiharrastuslehti
<https://skyandtelescope.org/>

Nasaspacelight NSF - Avaruustoiminnan seurannan kansainvälinen keskustelualue
<https://www.nasaspacelight.com/>



KIRJOITTAJAN ESITTELY

Mikko Suominen on avaruustekniikkaan erikoistunut tiedetoimittaja ja tiedeviestijä, joka asuu Ivalossa.

Hän innostui avaruusaihepiiristä lapsuudessa nähdyn Olipa kerran avaruus -sarjan sekä kovemman kipinän rippikoululeirillään vierailleen **Arvo "Arkki" Kuuselan** planetaarioesityksestä sekä **Heikki Ojan** TV-tiededokumenteista 90-luvulla.

Hän on toiminut aktiivina Ursassa monessa roolissa, opiskellut teknillistä fysiikkaa Tampereen teknillisessä yliopistossa ja SSP-kurssin Kansainvälisessä avaruusyliopistossa ISUssa.

ESAn opiskelijatoiminnassa hän pääsi painottomuuslennolle, IAC-kongressiin, Ariane 5:n laukaisua katsomaan Kourousta sekä mukaan REXUS-rakettikampanjaan Kiirunassa.

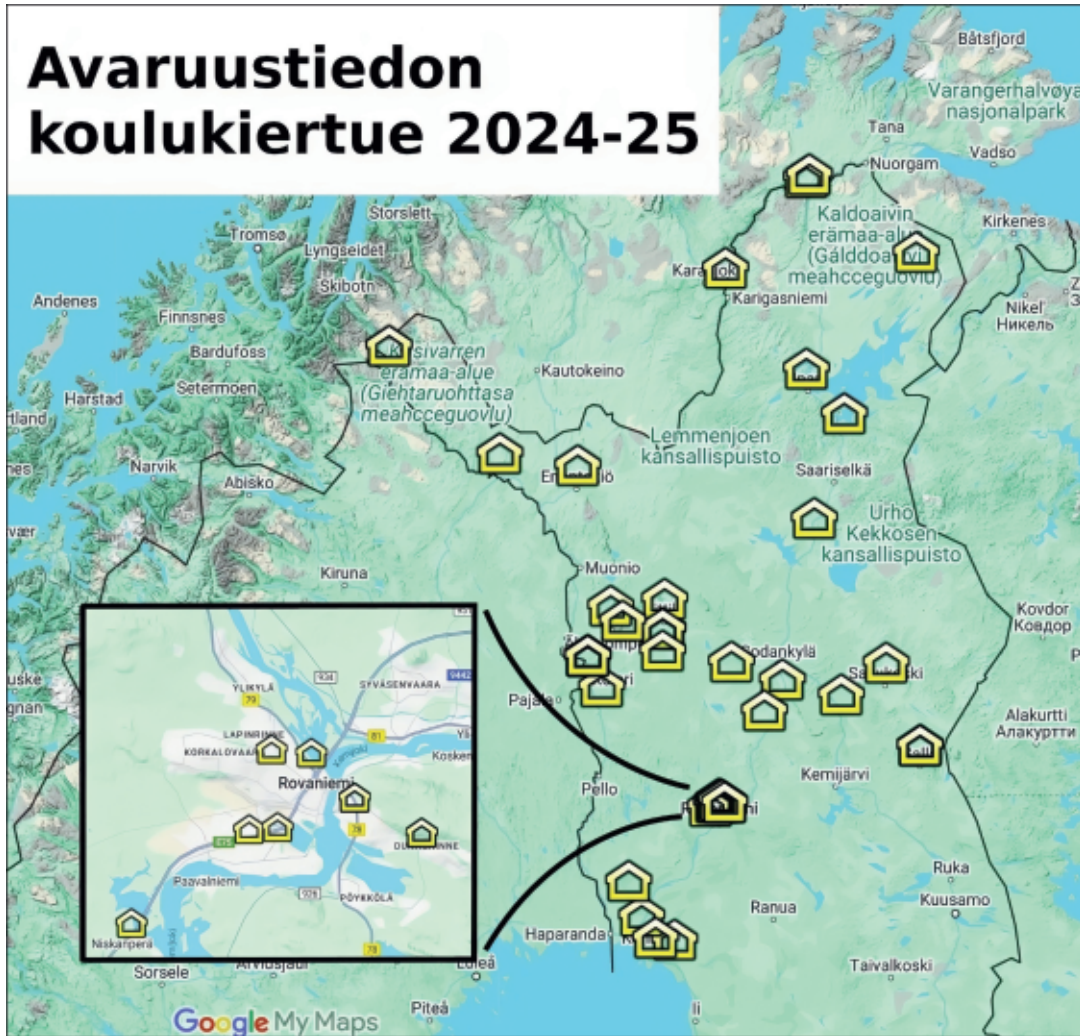
Vaimonsa Xiaoyunin kanssa hän työskentelee tiedetoimittajan uran lisäksi myös avaruuden esittelemisen parissa Taivo Productions -perheytyksessä kohdeyleisönä sekä koululaiset että matkailijat.

Ota rohkeasti yhteyttä aihepiiriin liittyen:

Mikko Suominen

mikko.suominen@iki.fi

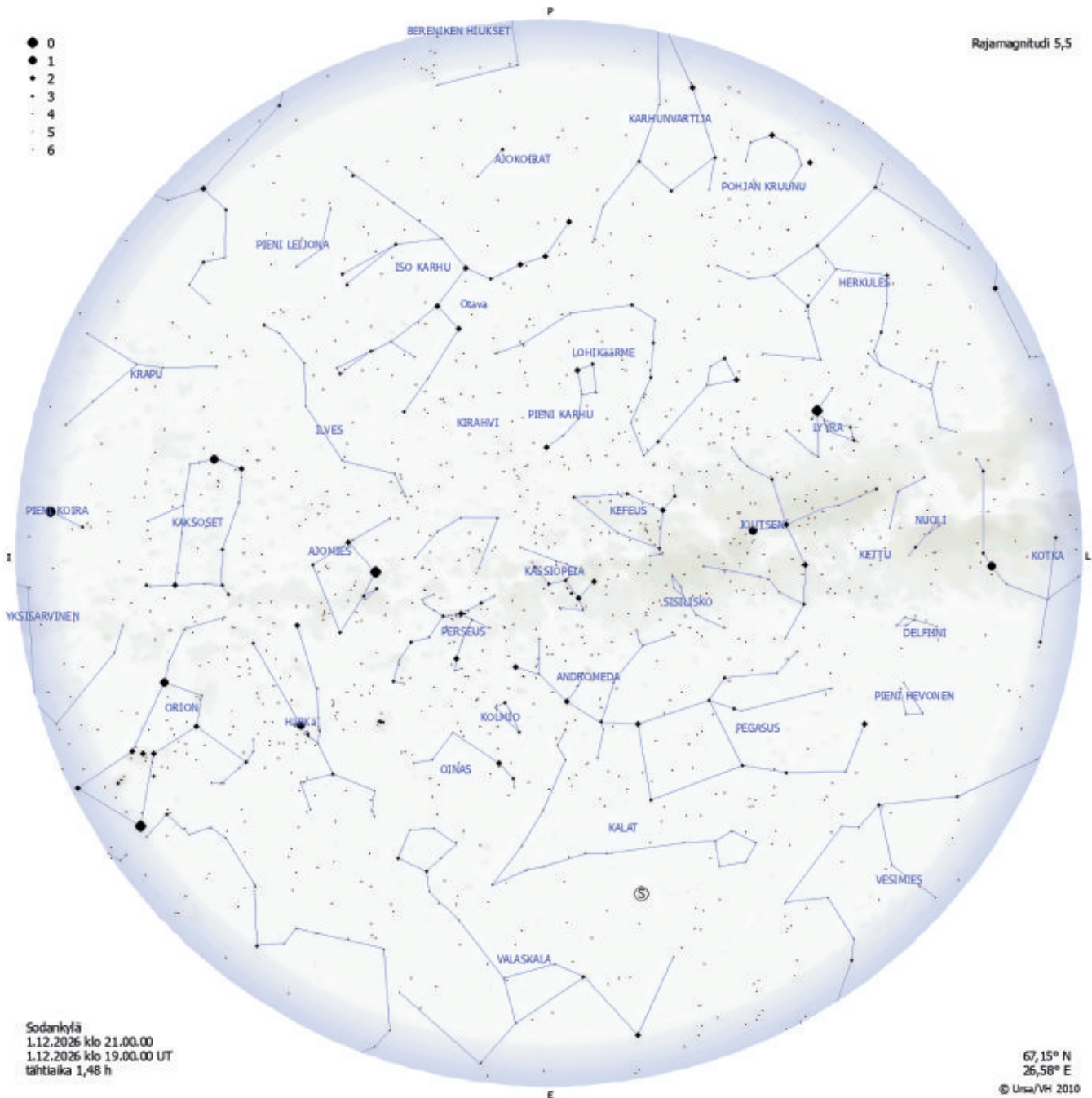
www.mikkosuominen.fi



Talvella 2024-25 järjestetyn opetuskiertueen kohteena olleet koulut ja muut esityspaikat kartalla. Ajokilometrejä kertyi yli 11 000. Kuva Google Maps



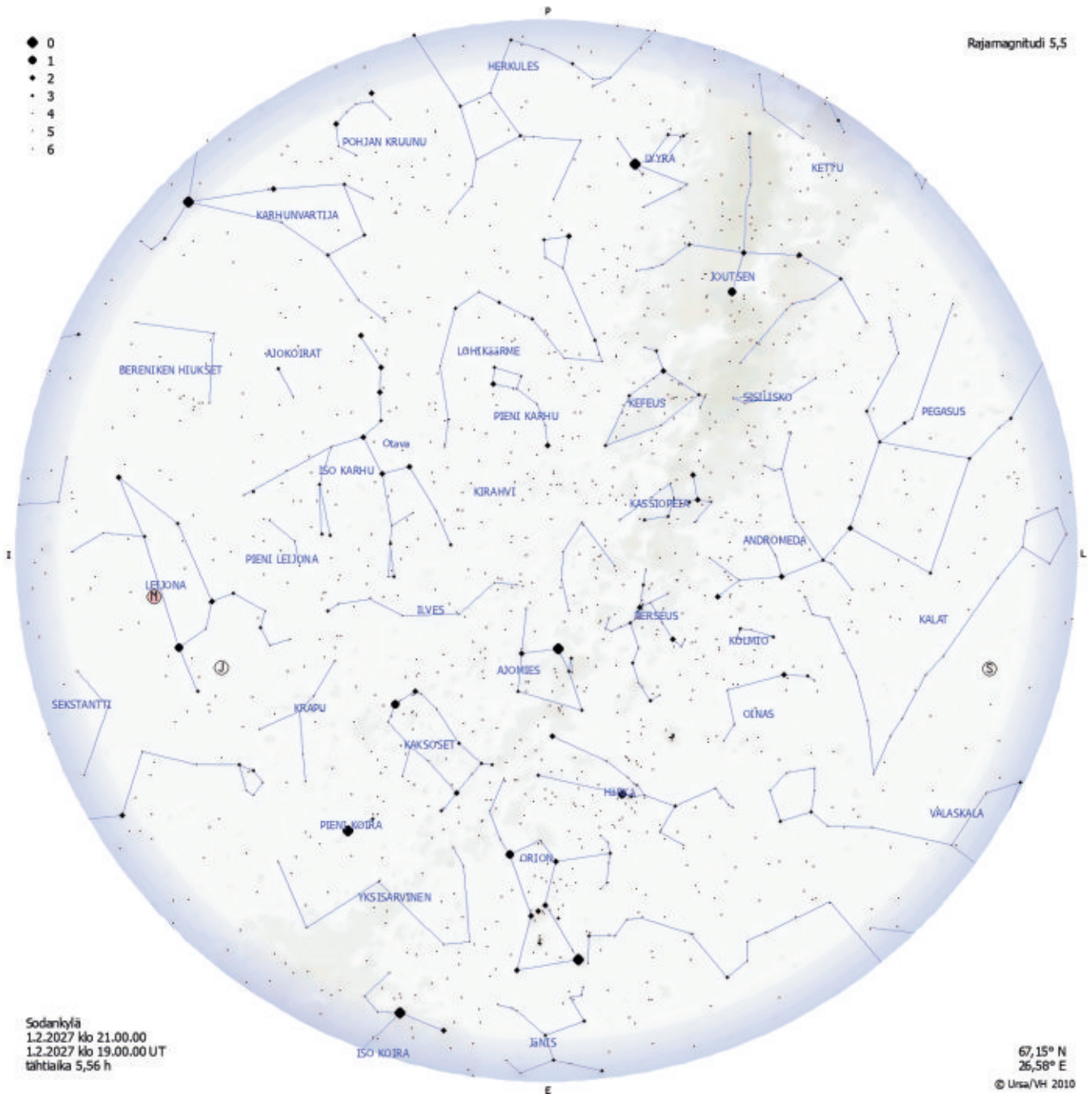
Avaruustiedon koulukiertueen järjestäneet Xiaoyun ja Mikko Suominen esityslaitteistojensa kanssa.



Tähtikartta Sodankylän horisontille 1. joulukuuta 2026 klo 21

(Tähtien paikat ovat samat myös marraskuun alussa klo 23 tai tammikuun alussa klo 19 tai helmikuun alussa klo 17)
Tähtien paikat säilyvät samoina kyseisille vuosittaisille ajankohdille vuodesta toiseen, mutta planeetat ja Kuu liikkuvat.

Ursan tähtikartta. Kuva Ursa / Ville Hinkkanen
<https://www.ursa.fi/tahtikartta-classic.html>



Tähtikartta Sodankylän horisontille 1. helmikuuta 2027 klo 21

(Tähtien paikat ovat samat myös joulukuun alussa klo 1, tammikuun alussa klo 19 tai maaliskuun alussa klo 19)
Tähtien paikat säilyvät samoina kyseisille vuosittaisille ajankohdille vuodesta toiseen, mutta planeetat ja Kuu liikkuvat.

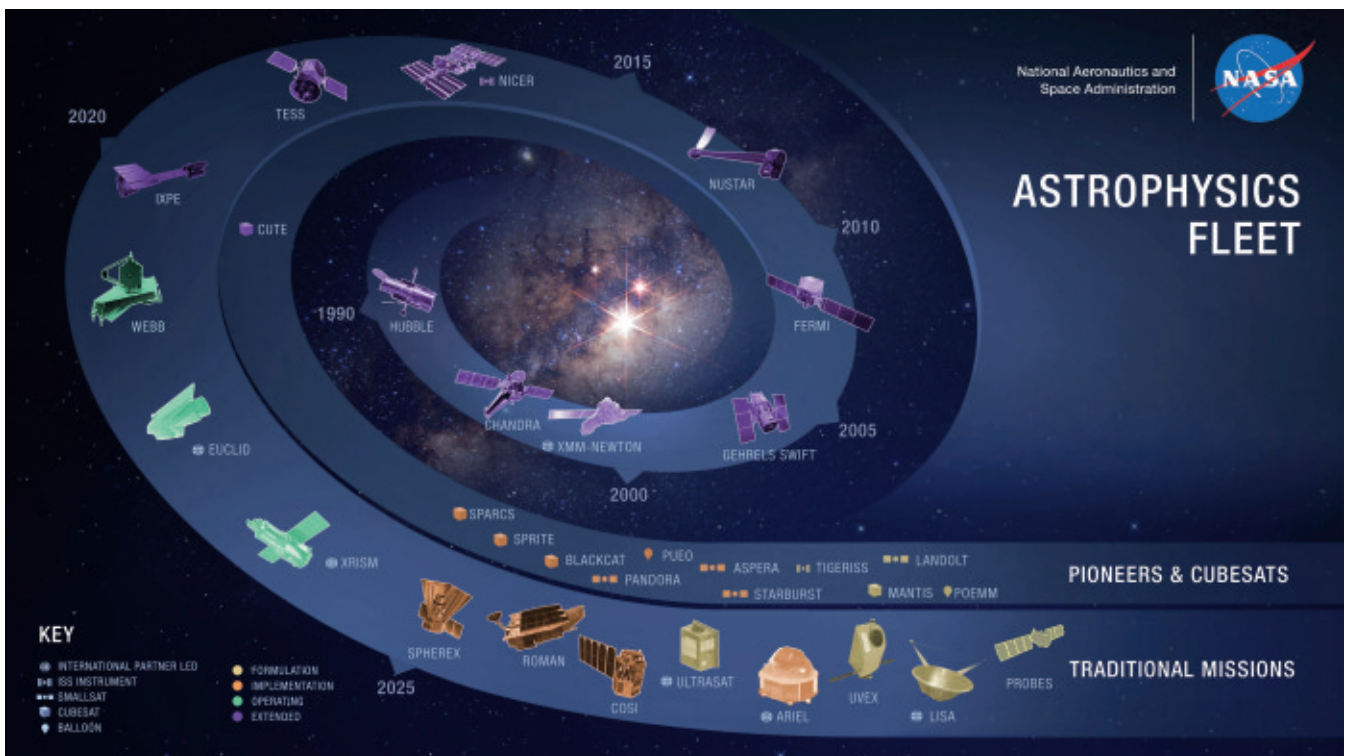
Ursan tähtikartta. Kuva Ursa / Ville Hinkkanen
<https://www.ursa.fi/tahtikartta-classic.html>

NASAN AVARUUSMISSIOITA



Nasan ja sen yhteistyökumppanien planeettaluotaimia.

Kuva Nasa



Nasan ja sen yhteistyökumppanien avaruusobservatorioita aikajärjestyksessä.

Kuva Nasa



LAPIN KULTTUURIRAHASTO