

Avaruussään vaikutukset Maan matalan kiertoradan (LEO) satelliitteihin: Starlink 2022

Emilia Immonen

Auringon aktiivisuudesta seuraavat avaruussäätymiöt aiheuttavat merkittävän ja usein aliarvioitun riskin Maan matalalla kiertoradalla (LEO) toimiville satelliiteille. Erityisen riskialttiita ovat nopeasti yleistyneet suuret satelliittijoukot eli megakonstellaatiot. Seminaariesityksessä käsitellään Starlinkin megakonstellaatiota tapausesimerkkinä avaruussään vaikutuksista LEO-satelliitteihin.

Aurinkomyrskyjen aikana Auringosta voi purkautua avaruuteen suuria määriä varautuneita hiukkasia ja niihin kytkeytynyttä magneettikenttää – ilmiö, jota kutsutaan koronan massapurkaukseksi. Kun tällainen purkaus osuu Maan magneettikenttään, se voi häiritä sitä voimakkaasti ja käynnistää geomagneettisen myrskyn, jossa magneettikenttä alkaa vaihdella poikkeuksellisen nopeasti. Näiden vaihtelujen seurauksena yläilmakehässä ja sen sähköisesti varautuneessa osassa, ionosfäärissä, alkaa kulkea voimakkaita sähkövirtoja. Virrat lämmittävät ilmakehää Joulen kuumennuksella, jossa sähkövirta menettää osan energiastaan ja muuttuu lämmöksi. Tämä saa yläilmakehän laajenemaan ja sen tiheyden kasvamaan, mikä puolestaan lisää satelliitteihin kohdistuvaa aerodynaamista vastusta.

Helmikuussa 2022 nämä ilmiöt konkretisoituivat, kun noin 80 % Starlinkin satelliittijoukosta tuhoutui. Yhdysvaltalainen SpaceX-yhtiö oli juuri laukaissut 49 satelliittia LEO-kiertoradalle noin 210 kilometrin korkeuteen. Pian laukaisun jälkeen syntyi merkittävä geomagneettinen myrsky, joka nosti yläilmakehän tiheyttä useita kymmeniä prosentteja vain muutaman tunnin sisällä. Kasvanut aerodynaamisen vastus esti satelliitteja nousemasta niiden suunnitelluille kiertoradoille ja johti lopulta 38 satelliitin tuhoutumiseen. Tapaus oli ensimmäinen dokumentoitu esimerkki siitä, miten geomagneettinen myrsky on vaikuttanut merkittäväällä tavalla näin suureen satelliittimäärään ja kuinka herkkä toimintaympäristö LEO on yläilmakehän tiheysvaihteluille.

Tapaus toi esiin myös kysymyksiä siitä, miten megakonstellaatioiden toimintaa tulisi säädellä. Kansainvälinen avaruusoikeus perustuu pitkälti ei-sitoviin ohjeisiin, kuten YK:n avaruussopimukseen ja kestävän avaruustoiminnan periaatteisiin. Starlinkin tapauksessa sitova sääntely perustuu täten erityisesti Yhdysvaltojen kansalliseen lainsäädäntöön. Tapaus herättää kysymyksen siitä, tulisiko sääntelyssä huomioida nykyistä paremmin megakonstellaatioiden erityinen haavoittuvuus avaruussään vaihtelulle.

Seminaariesityksen tavoitteena on avata helmikuun 2022 tapahtumien taustalla vaikuttaneita avaruussään ilmiöitä sekä tarkastella tapausta osana laajempaa keskustelua satelliittijoukkojen kestävydestä ja oikeudellisesta sääntelystä. Starlinkin tapaus korostaa avaruussään merkitystä modernin avaruustoiminnan keskeisenä riskitekijänä, jonka huomioiminen on välttämätöntä yhä täydemmissä LEO-ympäristöissä.