



Apopheis

Laskelmien mukaan Maahan iskeytyy kerran miljoonassa vuodessa halkaisijaltaan kymmenkilometrinen asteroidi. Tämä merkitsisi koko ihmislajin loppua. Apophis-asteroidi on "vain" 250-metrinen, mutta sekin aiheuttaisi Maahan osuessaan suurta tuhoa. Voisiko Apophis törmätä Maahan vuonna 2036?

HANNU TANSKANEN
SKOY, kuvat

Kesäkuussa 2004 NASA:n rahoittamassa Kitty Peakin observatoriossa Arizonassa työskentelevät tutkijat hätkähdyttivät löydöllään maailmaa. He olivat havainneet Maan radan sisäpuolella vajaan vuoden kiertoradalla Auringon ympäri kulkevan ja joka kierroksellaan kahdesti Maan radan leikkaavan asteroidin, joka näytti alustavien havaintojen pohjalta osuvan Maahan huhtikuun 13. päivänä vuonna 2029.

Muutaman kuumeisen päivän aikana useat muut observatoriot kautta maailman laskivat asteroidin rataa, ja tulos oli hyytävä: asteroidi ohittaisi Maan parhaimmillaan vain noin 20 000 kilometrin etäisyydeltä.



Asteroidit ja komeetat

Asteroidi on planeettaa pienempi ja meteoroidia suurempi kivimäinen kappale, joka kiertää Aurinkoa. Suurin osa asteroideista sijaitsee noin 2,8 AU:n päässä Auringosta, Marsin ja Jupiterin välisellä olevalla asteroidivyöhykkeellä. AU eli Astronomical Unit on Maan keskietäisyys Auringosta.

Asteroidit ovat muodoltaan epäsäännöllisiä, sillä niiden painovoima ei ole riittävä muodostamaan niistä pallon muotoisia. Asteroideja on numeroitu tätä nykyä noin 120 000 kappaletta ja uusia löydetään 4 000:n kuukausivauhdilla. Suurin asteroidi on vuonna 1801 löydetty Ceres, jonka läpimitta on noin tuhat kilometriä. Yhteensäkin asteroidivyöhykkeen asteroidien massa on vain kolmisen prosenttia Kuun massasta.

Komeetat puolestaan ovat hyvin pitkällä elliptisillä radoilla liikuvia, halkaisijaltaan korkeintaan noin 50-kilometrisiä "likaisia lumipalloja", joille Auringon lähellä muodostuu miljoonia kilometrejä pitkä pyrstö haihtuvista kaasuisista. Niiden ydin muodostuu 75 prosenttisesti hiilidioksid-, metaani- ja vesijäästä, loppu on jään seassa olevaa mineraalisoraa ja pölyä. Jupiteriin törmännyt Shoemaker-Levy oli komeetta, Siperian Tunguskan törmääjän arvellaan olleen pieni, noin 30 metrisen komeetan ydin.

is, tuhon tuoja

Suoran törmäyksen todennäköisyysdeksi arvioitiin ennätysellinen 1:37. Ensimmäisen kerran Maata uhkaava taivaankappale pääsi kymmenasteisellä Torinon asteikolla lukemaan 4, jollaista laskettiin tapahtuvan vain kerran 1 300 vuodessa.

Utinen aiheutti lievää paniikkia levitessään maailmalle uutistoimistojen välityksellä. Myöhemmät havainnot kuitenkin käytännössä poistivat suoran törmäyksen mahdollisuuden, mutta vaara ei edelleenkään ole ohi.

Stargate-televisiosarjan ihailijoina tunnetut löytäjät olivat nimenneet asteroidin Apophikseksi egyptiläisen pahuuden, hävityksen ja pimeyden Apep-käärmedemonin mu-

kaan. Nimi tuntui uusienkin ratalaskelmien mukaan olevan enne, sillä jäljelle jäi suuri mahdollisuus, että Apophis osuisi Maata ohittaessaan vuonna 2029 noin 600-metriseen "avaimenreikään". Tällöin asteroidi resonoidessaan maapallon gravitaatiokentän kanssa voisi muuttaa rataansa niin, että törmäys olisi väistämätön vuonna 2036.

Mitä törmäys aiheuttaisi?

Maahan on sen historian aikana törmännyt suuri määrä erikokoisia taivaankappaleita, alkaen joka päivä tonnikaupalla tulevasta "avaruusorasta" aina kymmenkilometrisiin dinosaurususten tuhon aiheuttajiin.

Halkaisijaltaan kymmenkilomet-

rinen asteroidi merkitsisikin siviilisaation loppua, kenties koko ihmislajin, mutta onneksi tuollainen iskee Maahan vain kerran miljoonassa vuodessa.

Avaruuden kokkareet luokitellaan yleensä asteroideiksi vasta, kun niiden halkaisija on vähintään 50 metriä. Uusimman arvion mukaan Siperian Tunguskan kuuluisa, "likaiseksi lumipalloksi" kutsuttu komeetan ydin ei täyttänyt tätä määritelmää, koska se oli noin 30-metrinen. Silti 30.6.1908 Maahan pudonnut Tunguska kaatoi metsää 40 kilometrin säteellä iskupaikastaan, ja 700 kilometrin päässä Siperian radalla kulkevan junan kuljettaja pysäytti junansa luulle sen pudonneen kiskoil-

ta. Törmäyksen voimaksi on arvioitu atomikauden mittatikulla 10–15 megatonnia.

Arviot Apophiksen koosta alkoivat 400 metristä, mutta uusimmat infrapunamittaukset antavat halkaisijaksi 250 metriä. Se painaa arviolta kaksikymmentä miljoonaa tonnia, ja törmätessään Maahan lähes 13 kilometrin sekuntinopeudellaan se vapauttaa energiaa 900 megatonnia. Vertailun vuoksi: Suurin ihmisen räjäyttämä vetypommi, silloisen Neuvostoliiton Tsar Bomba (lokakuu 1961) arvioitiin 50 megatonniksi. Krakataan tulivuoren räjähdys vuonna 1883, jonka aiheuttama maata kiertävä pölypilvi laski keskilämpötilaa vuosiksi, on arvioitu 200 megatonniksi.

Apothis tuhoaisi miljoonakaupungin tai pienen valtion täysin, ja mereen pudotessaan se aiheuttaisi megatsunamin, jonka seurannaisvaikutukset pölypilvineen ovat vain arvattavissa. Tuhot olisivat kaikissa tapauksissa erittäin vakavat.

Avaruus näyttää mahtinsa

Paljon puhuttu ihmisperäinen ilmastomuutos on viime aikoina täyttänyt uutisotsikot niin tarkkaan, että ulkoavaruuden uhat ovat jääneet toiselle tilalle. Uhkia on hehkutettu 1950-luvulta lähtien. Tuolloin pelättiin lämpenemisen sijaan ilmaston jäähtymistä jopa siinä määrin, että tieteilskirjailija ja antropologi **Michael Crichton** puhuu jo "ihmiskunnan tarpeesta kehittää itselleen uhkakuvia".

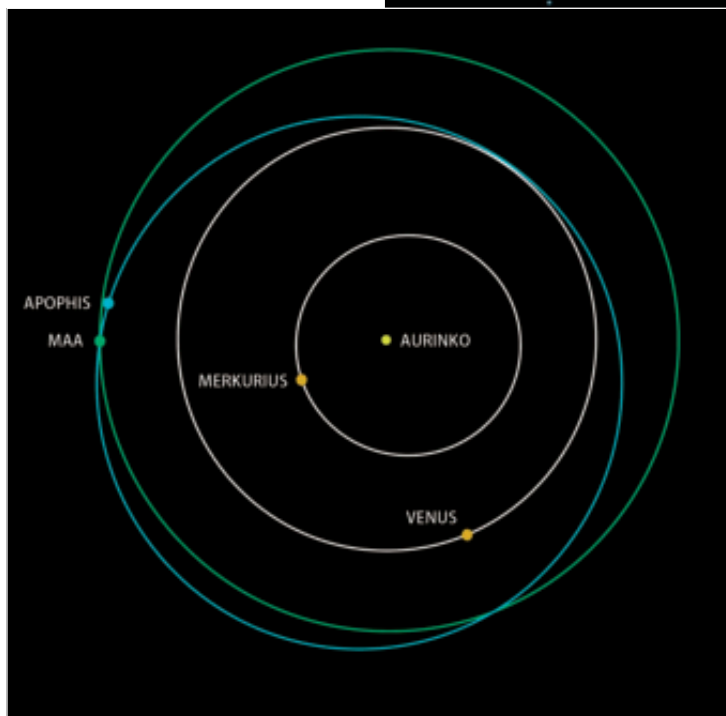
Aiemmin asteroidien uhasta kirjoittivat vain scifi-harrastajat. Avaruuden "kokkareet" menivät ja tulivat Maan ohi miten tahtoivat, ja ne saatettiin havaita vuosia myöhemmin. Avaruuden valloitus, sotateknologia ja jätiteleskoopit sekä tutkat kuitenkin toivat asteroidit ja komeetat suuren yleisönkin tietoisuuteen.

Alettiin pohtia kokonaisten eläinlajien outoa katoamista Maan päältä. Kun dinosaurusten häviämisen ajalta – siis 60–70 miljoonaa vuotta



► **TAITEILIJAN näkemys Shoemaker-Levy-komeetan törmäyksestä Jupiteriin.**

▼ **AOPHIS-ASTEROIDIN rata leikkaa Maan radan kaksi kertaa vuodessa.**



sitten – tavattiin sen ajan maakeroksissa kautta maailman huomattavasti normaalia korkeampia harvinaisen iridium-alkuaineen pitoisuuksia, alkoi syy valjeta. Iridiumia on nimittäin meteoriiteissa keskimäärin kymmenen kertaa niin pal-

jon kuin maaperässä yleensä.

Lopulta löytyi valtava, arviolta kymmenkilometrisen kappaleen aiheuttama mereen hautautunut kraatteri Väli-Amerikasta. Tiedemiehet huolestuivat mahdollisuudesta, että jonakin päivänä ihmiskunta ko-

kisi dinosaurusten kohtalon.

Kesäkuussa 1994 avaruus antoi ihmiskunnalle pelottavan näytöksen mahdollistaan, kun komeetta Shoemaker-Levy hajosi useaan kappaleeseen. Suurimmat kappaleet olivat parikilometrisiä, ja ne syöksyivät suurella nopeudella suoraan jättilplaneetta Jupiterin pintaan aiheuttaen sen kaasukehään maapallon kokoisia ja vuosia säilyviä hehkuvia räjähdyspilviä. Jos nuo komeettafragmenteit olisivat Jupiterin sijaan osuneet Maahan, se olisi ollut historiankirjoituksen loppu.

Havainnot tarkentuvat

Tieteiskirjallisuuden kuningas **Arthur C. Clarke** esitti romaanissaan *Rendezvous with Rama* vuonna 1972 Spaceguard-avaruusvartion perustamista havaitsemaan uhkaavasti lähestyvät taivaankappaleet. Lähtökohdaksi oli erittäin pahaa tuhoa aiheuttaneen asteroidin iskeytyminen Italiaan. Tämä nimi adoptoitiin myöhemmin useille tosielämän syste-

meille, joissa käytettiin teleskooppeja ja tietokoneohjelmia havaitsemaan avaruuden kulkureita.

Vuonna 1992 Yhdysvaltain Avaruushallinto NASA velvoitettiin kongressin raportin pohjalta luetteloimaan kymmenen vuoden kuluessa 90 prosenttia kaikista vaarallisista Maata uhkaavista kappaleista. Tämän katsotaan olevan niin sanotun Spaceguard-ohjelman alku. Siinä on myöhemmin liittynyt useiden muiden maiden vastaavia organisaatioita NEOksi (Near Earth Objects) nimetyin projektin alle.

Nämä ohjelmat eivät kuitenkaan havainneet 22.9.2002 Siperian Vitim-joen uomaan neljän viiden kilotonnin voimalla iskeytynyttä meteoroidia eivätkä myöskään saman vuoden kesäkuussa ilmakehässä itäisellä Välimerellä Libyan ja Kreikan välillä ydinpommin voimalla räjähtänyttä taivaankappaletta.

Joulukuussa 1995 alkoi NASA:n ja Jet Propulsion Laboratoryn NEAT-ohjelma, joka käyttää havainnointiin

Oliko Siperian Tunguskan meteoriitti 1908 sittenkin asteroidi?

■ KOSKA Tunguskan räjähdyspaikalta ei ole löytynyt törmäyskraatteria, on vallitseva teoria olettanut kysymyksessä olleen lähinnä jäästä muodostunut komeetan ydin, joka räjähti ilmakehään törmätessään ja haihtui olemattomiin.

Joulukuun 11. päivänä viime vuonna Yhdysvaltalaisen Sandian laboratorion tutkijat esittivät American Geophysical Unionin kokouksessa San Franciscossa tietokonesimulaatioihin perustuvan uuden teorian, jonka mukaan Siperian törmäjä olisi kuitenkin ollut huomattavasti aikaisemmin oletettua pienempi asteroidi, joka räjähti ilmakehässä. Sen kaasuntunut massakeskus jatkoi yläääninopeudella tuli- ja painesuuhkuna kohti Maata, mikä vahvisti huomattavasti sen vaikutusta.

Räjähdyksen voimakkuudeksi arvioitiin nyt vain 3–5 megatonnia ja asteroidi huomattavasti aikaisempia arvioita pienemmäksi. Tämä on huono uutinen, sillä se merkitsee, että varsin pienikin asteroidi voi aiheuttaa suuria tuhoja Maassa. Jäästä ja sorasta koostuva komeetan ydin räjähtäisi korkeammalla ja olisi siten vähemmän tuhoisa. Sandia on Yhdysvaltojen kansallinen ydinturvallisuuslaboratorio, jolla on pitkä kokemus suurten räjähdysten mallintamisesta supertietokoneilla.

▶ **TIETOKONESIMULAATIO Tunguskan asteroidiräjähdyksen tulipatsaasta.**



Kuva: Sandia National Laboratories

Hawaijilla sijaitsevaa Yhdysvaltain ilmapvoimien GEODSS-teleskooppi. Huhtikuussa 2001 etsintäverkkoon liitettiin Palomarin observatorion 1,2 metrin peillillä varustettu Samuel Oschin -teleskooppi Kaliforniassa.

NASAN mandaattiin kuuluu kaikkien halkaisijaltaan vähintään yhden kilometrin kokoisten asteroidien havaitseminen. Tämän kokoinen asteroidi aiheuttaisi täydellisen paikallisen tuhon ja joko erittäin vakavia tai vakavia maailmanlaajuisia seuraamuksia. Near Earth Objecteja on tähän mennessä (tammikuu 2008) luetteloitu 5 118 kappaletta. Näistä 165 oli tammikuun alussa NASA:n nettisivun törmäysriski-luettelossa. Potentiaalisesti vaarallisiksi luokitellaan 905 asteroidia.

Läheltä menee

Maaliskuussa 2004 Maan ohitti vain 43 000 kilometrin päästä asteroidi, jonka koodi luetteloissa oli 2004 FH. Sen halkaisijaksi arvioitiin 30 metriä, joten se oli Siperian Tunguskaan

vuonna 1908 pudonneen kokoluokkaa. Astronomit havaitsivat sen vain kolme päivää ennen ohitusta.

Saman kuun lopussa meteoroidi nimeltään 2004 FU 162 teki uuden ennätyksen ohituksen läheisyydessä sujahtaessaan Maan ohi vain 6 500 kilometrin etäisyydeltä. Koska se oli varsin pieni (arvio halkaisijasta oli kuusi metriä), se havaittiin vasta muutamaa tuntia ennen ohitusta. Osuessaan se kuitenkin todennäköisesti olisi räjähtänyt ja palanut ilmakehässä.

Suhteellisen läheltä, vain neljän Kuun etäisyyden päästä, Maan ohitti 4,6 x 2,4-kilometrinen eli lähes "dinojen tuhon luokkaa oleva Toutatis-asteroidi 29.9.2004. Tuorein tapaus sattui 29.1.2008, kun Apollo-asteroideihin kuuluva 2007 TU 24 – suurin piirtein Apophisin kokoinen – ohitti Maan vain reilun Kuun etäisyydeltä.

Maa on siis jatkuvasti näiden avaruuden harhailijoiden "ampumaradalla", mutta todella suuren, hal-

kaisijaltaan noin kymmenkilometristen eli lajien tuhon aiheuttajien iskun todennäköisyys on siis vain yksi miljoonassa vuodessa. Potentiaalisesti uhkaava, reilun kilometrin kokoinenkin saattaisi iskeä vasta vuosituhatlupulla, joten vaikutusta niiden varalle ei kannattane ottaa.

Miten torjutaan?

Voisiko ihmiskunta sitten tehdä mitään, jos suurta tuhoa aiheuttava asteroidi tai komeetta uhkasi Maata?

Se alkaa nykyisellä avaruusaljalla olla juuri ja juuri mahdollisuuskien rajoissa, mutta vain jos saamme varoitusaikaa vuosikymmenen tai parin verran.

Tieteiselokuvista tuttu keino eli ydinpommien lähettäminen tervehdymään tulijaa saattaa jäädä ainoaksi mahdollisuudeksi, jos havaitsemme uhkaavan asteroidin vain kuukausia ennen törmäystä. Menetelmällä on monia vakavia haittapuolia, eikä sen lopputulosta voisi sen paremmin en-

nustaa kuin kontrolloidakaan. Ydinräjähdys saattaisi radalta suistamisen sijaan hajottaa asteroidin useaksi kappaleeksi, minkä jälkeen meillä olisi yhden ongelman sijasta monta ongelmaa.

"Astroinsinöörien" piirissä vallitsee suuri yksimielisyys siitä, että paras keino olisi se, että asteroidin radalle pyritään tekemään pieni muutoksen hyvissä ajoin. Kun hyvin pienien voima vaikuttaa riittävän pitkän ajan samaan suuntaan, se aiheuttaa radan muutoksen. Entisten amerikkalaisten kuuastroonauttien avorihellä on suunnitelma testata tätä vuonna 2015 tähtikarttoihin nimellä B612 merkityllä noin 200-metrillä asteroidilla.

B612 painaa kymmenen miljardia kiloa, mutta kun sitä työnnetään menosuuntaansa kolmen kuukauden ajan pienellä, vain kahden ja puolen newtonin voimalla, saadaan aikaan nopeudenmuutos 0,2 cm/s. Tällainen asteroidin radan muutos hiven suuremmaksi aiheuttaa sen, että kahdentoista vuoden kuluttua se on kohtaamispaikassaan maapalloon 6 720 km jäljessä, ja koska tämä on maapallon halkaisijan puolikas, sujahtaa asteroidi hiuksenhienosti Maan ohi.

Tuollainen asteroidin vauhdittaja voisi olla sen pinnalle asennettu ydinkäyttöinen ioniraketti, joka sinkoaa vaikkapa argonioneja suurella nopeudella ja saa aikaan riittävän impulssin hyvin vähäisellä ajoaineen kulutuksella.

Ratkottavia teknisiä ongelmia toki löytyy vielä tusinoittain. Lento asteroidille vaatii oleellisesti tehokkaampaa rakettitekniikka kuin mitä nykyinen kemiallinen rakettimoottoreihin perustuva tekniikka tarjoaa.

Melkoinen ongelma projektille on myös asteroidin pyöriminen. Vauhdittajan pitäisi työntää "kokkareta" koko ajan tarkasti samaan suuntaan. Tämä voidaan ratkaista vain kääntämällä asteroidi kulkemaan pyörimisakselinsa suunnassa, pyörimisen pysäyttämisen vuorovesivoimat saattaisivat hajottaa hauraan kulkurin.

Astroideihin vaikuttaa pitkällä aikavälillä myös niin kutsuttu Yarkovskij-efekti, joka johtuu impulssia kantavien lämpösäteilyn fotonien epätasaisesta säteilystä asteroidin pinnasta. Tämä saattaa ajan kuluessa muuttaa vain painovoimien avulla laskettua teoreettista rataa. Tästä syystä muun muassa entinen Apollo-astronautti **Rusty Schweickart** ehdotti vuonna 2005 NASAlle, että Apophisille sijoitettaisiin tarkan sijainnin kertova transponderi.