

avulla on voitu määrittää jokien ja vesialueiden virtausolosuhteiden muutokset yhdyskunta- tai ympäristörakentamisen sekä pohjan eroosion tai sedimentoitumisen seurauksena. Malleilla pystytään myös määrittämään tarvittavat toimenpiteet vallitseviin virtausolosuhteisiin, jotta virtausten kautta esimerkiksi veden laatu pysyisi vaaditulla tasolla jonkin taajaman alueella tai ei huonontuisi esimerkiksi rannikkoalueiden maannousemisen seurauksena. Yhteistyössä Fortum Service Oy:n kanssa Kemijoki Arctic Technology Oy on toimittanut myös erilaisia kala- ja ympäristöhabitaattimalleja, jotka perustuvat myös virtausmalleihin. Virtausmalleja käytetään myös voimatalouskäytössä olevien jokien putoushäviöiden määrittämiseen ja minimoimiseen samoin kuin tulvasuojeluun ja patomurtumalaskelmiin.

### Kohteita

Kemijoki Arctic Technology Oy suoritti Latviassa Daugavajoen kartoituksen. 150 kilometrin matkalta löytyi niin syviä ja laajoja voimalaitosaltaita kuin matalia sivujokisuistoja ja saaristoja. Jokikokonaisuus luodattiin ja tilaaja sai tuloksena kattavan 1 m x 1 m:n gridillä olevan joenpohjan topografian, noin 30 000 000 pistettä. Pienempiin kohteisiin Aquatic-Sonar-luotausjärjestelmä sopii yhtä hyvin. Koko kaikuluotauskalusto on valmiina helposti trailerilla siirrettävässä luotausveneessä. Koko systeemi toimii 12 voltin sähköjärjestelmällä ja vaatii ainoastaan kannettavan tietokoneen datan käsittelyyn veneessä. Voidaankin todeta, että markkinoiden kompaktein luotauspaketti maailmassa osaavien luotaaajien käsissä tarjoaa tehokkaan luotauksen jokaiseen vesistöön Suomessa. Kemijoki Arctic Technology Oy onkin jo toimittanut palveluitaan useiden kuntien ja kaupunkien samoin kuin alueellisten ympäristökeskusten, tutkimuslaitosten sekä voimayhtiöiden tarpeisiin. Mielestämme jokaisen taajaman rantavedet ja lähijärvet ovat ainakin pohjakäyräkartan arvoisia, vaikka matkailullisessa mielessä, samoin kuin suurten yhdyskunta- ja infrasuunnittelun vaatimat laajat ja tiheät pohjan mallit suunnittelijoiden käyttöön.

**Kirjoittaja työskentelee Kemijoki Oy:n Liiketoiminnan kehittäminen-toiminnossa tutkimus- ja kehitys-insinöörinä. Sähköposti veli-pekkä.sirnio@kemijoki.fi.**

## GPS uudistuu. Mitä signaaleille tapahtuu, joutavatko vanhat vastaanottimet romukoppaan ja mitä Galileon tulo vaikuttaa?



Kuva: Lockheed-Martin.

Uuden sukupolven GPS-satelliitti IIR.

## Markku Poutanen **GPS:n uudet haasteet**

**GPS**:n käyttö on laitteiden halpeneamisen ja yksinkertaistumisen myötä levinnyt räjähdysmäisesti harrastus-, ammatti- ja tutkimuskäyttöön. Kännykän kokoiset, vain muutaman sata euroa maksavat navigointivastaanottimet ovat korvaamaton apuneuvo merellä ja maastossa liikuttaessa. Ajoneuvonavigointi, junien kuulutukset, tukkirekkojen ohjailu, taksipalvelut ja GPS-kännykkä-yhdistelmät ovat esimerkkejä GPS:n jokapäiväisestä käytöstä.

Erilaisissa maanmittaussovelluksissa GPS on lähes täysin syrjäyttänyt perinteiset menetelmät, erityisesti mikäli kyse on muutamia satoja metrejä tai kilometrejä pitemmistä välimatkoista. Geodesiassa koordinaatistojen luonti ja ylläpito, deformaatiomittaukset tai mannerlaattojen liikkeiden seuraaminen tapahtuvat nykyisin GPS:n avulla. Edes taivas ei ole rajana, sillä yhä useammat Maata kiertävät satelliitit kuljettavat mukanaan GPS-vastaanotinta.

### GPS nyt

GPS-satelliitit kiertävät maapalloa runsaan 20 000 km:n korkeudessa ja kiertoaika on kaksi minuuttia vaille 12 tuntia. Järjestel-

mä käsittää 24 satelliittia, mutta kiertoradalla on myös muutamia varasatelliitteja, joten tällä hetkellä satelliittien lukumäärä on 28. Joka hetki on näkyvissä vähintään kuusi satelliittia; neljä on minimimäärä, joka tarvitaan jatkuvaan kolmiulotteiseen paikannukseen.

Vuosien 1978 ja 1985 välisenä aikana lähetettiin kymmenen ns. Blokki I -testisatelliittia ja vuonna 1989 ensimmäinen nykyisen sukupolven Blokki II:n satelliitteista. Pääosa nykyisistä käytössä olevista satelliiteista on tyyppiä Blokki IIR, joista ensimmäinen laukaistiin radalle vuonna 1998. Suunnitelluista 28 satelliitista muutama on vielä lähettämättä, ja näihin tehdään muutoksia, jotka parantavat GPS:n suorituskykyä.

Alun perin uudistukset oli suunniteltu tehtäviksi vasta Blokki IIF -satelliitteihin. Aikataulumuutosten vuoksi näiden lukumäärä jää kuitenkin vain 12:een alun perin aiotusta runsaasta kolmestakymmenestä, sillä seuraavan sukupolven satelliitti Blokki III on jo suunnitteilla. Koska satelliittien elinikä on tyypillisesti 5–8 vuotta, kestää jopa vuosikymmenen ennen kuin kaikki edellisen sukupolven satelliitit on saatu korvatuiksi uusilla.



**Galileo-järjestelmän satelliitteja on tämän vuosikymmen loppuun mennessä kiertoradalla 30 kappaletta.**

### GPS:n uudet signaalit

GPS-satelliitit lähettävät kantoaaltoa kahdella taajuudella, L1 (1575,42 MHz, aallonpituus 19 cm) ja L2 (1227,6 MHz, 24 cm). Kantoaaltoihin on moduloitu navigoinnissa käytettävät koodit, C/A-koodi ja P-koodi. C/A-koodi on julkinen, mutta P-koodi on yksinomaan sotilaskäytössä. C/A-koodi on se, jota yksinkertaisimmatkin vastaanottimet ymmärtävät. Maanmittauksessa käytettävät vastaanottimet seuraavat lisäksi kantoaaltojen L1 ja L2 vaiheen muutosta.

Nyrkkisääntönä voi pitää, että C/A-koodia käyttävät vastaanottimet pääsevät muutaman metrin paikannustarkkuuteen. P-koodi on moduloitu sekä L1- että L2-taajuuteen, C/A-koodi vain L1:een. GPS-satelliittien modernisoinnissa C/A-

koodi lisätään myös L2-taajuuteen ja sen lähetysteho kasvatetaan. Sekä L1- että L2-taajuuteen lisätään uusi sotilaskäyttöön tarkoitettu M-koodi. Lisäksi tulee kolmas, siviilikäyttöön tarkoitettu taajuus L5 (1176,45 MHz). Muutokset otetaan käyttöön sitä mukaa kuin uusia satelliitteja lähetetään kiertoradalle.

C/A-koodin lisääminen L2-taajuuteen helpottaa L2-signaalin havaitsemista, joka uudistuksen jälkeen voidaan tehdä samalla tavalla kuin nyt L1-taajuuden seuranta. Tämä yksinkertaistaa kaksitaajuusvastaanotinten rakennetta ja todennäköisesti laskee niiden hintoja. Kaksitaajuusvastaanottimia tarvitaan esimerkiksi reaaliaikaisessa (RTK) mittauksessa, ja silloin kun mitattavien vektoreiden pituus on enemmän kuin n. 10 km. Kolmas taa-

juus puolestaan auttaa esimerkiksi RTK-sovelluksia lukittumaan nopeammin ja parantaa ratkaisun virhekontrollia.

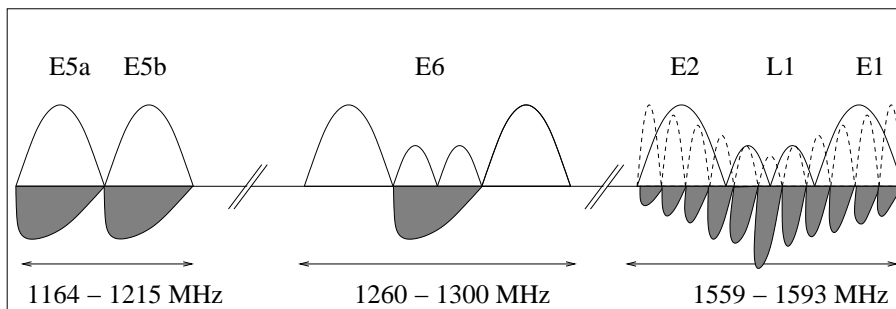
Nykyiset vastaanottimet toimivat sellaisenaan uudistuksen jälkeenkin, mutta ne eivät luonnollisestikaan hyödy uudistuksesta mitään. Uuden sukupolven vastaanottimia alkaa vähitellen tulla markkinoille. Ne ymmärtävät sekä L2-taajuuteen moduloitua C/A-koodin että uuden L5-signaalin. Mikään kiire ei tällaisen vastaanottimen hankinnalla toki ole, sillä kestää vuosikausia ennen kuin uusia GPS-satelliitteja on niin monta, että niistä on todellista käytännön hyötyä.

### GPS ja Galileo

Eurooppalaisen Galileo-paikannusjärjestelmän tulo merkitseekin sitten jo paljon

	GPS	Galileo	GLONASS
<b>Satelliitteja</b>	24+3	27+3	24 (suunnitelma)
<b>Massa [kg]</b>	1 816 (2A) 2 030 (2R)	625	1 400
<b>Ratatasoja</b>	6	3	3
<b>Radan säde [km]</b>	26 560	29 994	25 510
<b>Kiertoaika</b>	11 h 58 m	14 h 4 m	11 h 16 m
<b>Signaaleja</b>	2 (3)	5	2
<b>Taajuudet [MHz]</b>	L1 = 1575,42 L2 = 1227,6 L5 = 1176,45	E2-L1- = 1575,42 E1 = 1176,45 E5a = 1 207,14 E5b = 1278,75 E6	L1 = 1602-1609,3 L2 = 1246-1251,7

**GPS:n, Galileon ja GLONASSin ominaisuuksien vertailuja.**



**GPS:n ja Galileon signaalit. GPS:n L1-signaali on samalla taajuudella Galileon E1-L1-E2-signaalin kanssa, ja tuleva L5-signaali on E5a:n kanssa samalla taajuudella. GPS:n L2-signaali osuu E5b:n ja E6:n väliin (1227,6 MHz). Vaakatasoon piirretty intensiteettijakautuma kuvaa alkuperäisen signaalin kanssa neljänneksen vaihesiirrettyä ns. pilottisignaalia.**



Liisa Kallela

## Arkistoista

Rakennuksessa sijaitsee kahdeksan arkistomakasiinia, joihin sopii yhteensä yli 15 hyllykilometriä asiakirjoja ja karttoja. Näihin tiloihin siirretään vuoden 2005 aikana maanmittaustoimitusten asiakirjat ja kartat maanmittaustoimistojen arkistoista 13 paikkakunnalta.

Samanaikaisesti Maanmittauslaitoksessa kehitetään myös vuonna 2005 käyttöön otettava sähköistä arkistointijärjestelmää. Se tulee vaiheittain korvaamaan maanmittaustoimistoissa tällä hetkellä käytettävät mikrofilmit asiakirjojen ja karttojen käyttöarkistona. Sähköinen arkisto helpottaa ja parantaa arkiston asiakaspalvelua sitä mukaa, kun aineistoa saadaan skannattua järjestelmään.

### Kartat ja asiakirjat talteen Yhtenäisarkistoon

Maanmittaustoimituksissa syntyvistä asiakirjoista ja kartoista merkittävä osa on säilytettävä pysyvästi.

– Kun muut viranomaiset luovuttavat arkistolain mukaisesti yli 40 vuotta vanhat aineistot arkistolaitokselle, Maanmittauslaitos hoitaa ja vastaa maanmittausarkistoistaan itse. Tähän erityisratkaisuun päädyttiin, koska maanmittausarkisto-

suurempaa mullistusta. Ensimmäinen Galileo-testisatelliitti on tarkoitus laukaista vuoden 2005 aikana, ja koko järjestelmän on suunniteltu olevan toimintakunnossa vuonna 2008. Valmistuttuaan järjestelmä käsittää 30 satelliittia (27 varsinaista + 3 varasatelliittia). Radan säde on 29 990 km (korkeus maanpinnasta 23 616 km) ja kiertoaika 14 h 4 m eli runsaat 2 tuntia pitempi kuin GPS-satelliiteilla.

Galileon navigointitarkkuudeksi on luvattu alle 6 metriä ja yhdessä GPS:n kanssa käytettynä alle 4 metriä. GPS:stä poiketen Galileo-järjestelmään sisältyy myös tieto signaalin tarkkuudesta ja luotettavuudesta.

Signaalin katkottomuutta ja luotettavuutta valvotaan jatkuvasti, ja kriittisten sovellutusten vaatima luotettavuus ja katkottomuus pystytään takaamaan toisin kuin GPS:n tapauksessa, jossa tällaista ominaisuutta ei järjestelmään ole rakennettu. Toinen merkittävä GPS-järjestelmästä poikkeava ominaisuus on pelastuspalvelun käyttöön tuleva signaali. Jokainen satelliitti on varustettu lähettimellä, joka välittää käyttäjän vastaanottimen lähettämän hätäsignaalin pelastuskeskukselle ja samalla tiedon lähettäjälle, että avunpyyntö on välitetty eteenpäin.

Suhteellisessa paikannuksessa käyttö on samanlaista kuin GPS:n tapauksessa, ja tarkkuuden voi olettaa olevan samaa luokkaa. Satelliittien reaaliajassa lähettämien ratatietojen tarkkuudeksi luvataan alle 10 cm, joka on huomattavasti parempi kuin GPS-satelliittien lähettämien ratatietojen tarkkuus.

Galileon signaalirakenne on monimutkaisempi kuin GPS:llä, mutta amerikkalaisten kanssa käydyissä neuvotteluissa on päästy yhteisymmärrykseen signaalien yhteensopivuudesta GPS:n kanssa. Nykyiset GPS-vastaanottimet eivät toki pysty havaitsemaan Galileon signaaleita, joten Galileon havaitsemista varten tarvitaan uudet vastaanottimet. Mitä todennäköisimmin valmistajat tuovat markkinoille malleja, jotka havaitsevat samanaikaisesti molempien järjestelmien satelliitteja.

Käyttäjän kannalta tulevaisuus näyttää valoisalta. Usein ongelmana on näkyvissä olevien satelliittien vähäinen määrä. Osa jää aina esteiden taakse, ja esimerkiksi RTK-mittaukset ovat satelliittien lukumäärän suhteen hyvinkin kriittisiä. GPS ja Galileo tarjoavat yhdessä lähes 60 satelliittia, joten näkyvissä olevien satelliittien määrä vähintäänkin kaksinkertaistuu. Jos lisäksi Venäjän GLONASS-järjestelmä kehittyi suunnitellulla tavalla, on ensi vuosikymmenen havaintosijalla käytävissä jopa yli 80 satelliittia. Siinä on jo vara valita.

**Kirjoittaja on professori ja Geodeettisen laitoksen Geodesian ja geodynamiikan osaston johtaja. Sähköposti markku.poutanen@fgi.fi.**