

Niko Nurmela

TIEDONKERUUJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ RATA-AJOSSA

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka

Joulukuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

| | | |
|--|---|---------------------------------|
|  <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p> | | Opinnäytetyön päivämäärä |
| Tekijä(t) Niko Nurmela | Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka | |
| Nimeke Tiedonkeruujärjestelmien käyttö rata-ajossa | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, mitä tietoja saadaan tiedonkeruujärjestelmillä rata-ajosta saadusta datasta ja osaako mittausten kuljettaja todella ajaa.</p> <p>Työni aloitin tutkimalla alan kirjallisuutta ja aiheeseen liittyviä internetsivuja ja yritin selvittää, miten tiedonkeruujärjestelmistä saatua dataa voidaan tulkita. Kun olin saanut tarvittavat tiedot, opettelín käyttämään tiedonkeruujärjestelmien tiedostojen lukuohjelmaa ja aloin käydä läpi Ahvenistolla 13.05.2009 ja 05.09.2009 Racelogicin PerformanceBoxilla mitattua dataa.</p> <p>Onnistuin työssäni käymään läpi eri tapoja tulkita tiedonkeruulaitteista saatuja tietoja, ja tietokoneohjelmaa, jolla dataa tulkitaan, oli mielenkiintoista ja antoisaa käyttää. Tuloksista sai selville, minkä takia toinen kierros on nopeampi kuin toinen ja onko kuljettaja ajanut hyvin. Mittauksia tarkastelemalla selvisi myös, että kuljettaja osaa ajaa.</p> | | |
| Asiasanat (avainsanat) tiedonkeruujärjestelmät, rata-ajo | | |
| Sivumäärä 64 | Kieli Suomi | URN |
| Huomautus (huomautukset liitteistä) | | |
| Ohjaavan opettajan nimi Jarkko Peltonen | Opinnäytetyön toimeksiantaja | |

DESCRIPTION

| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
|  MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences | | Date of the bachelor's thesis | |
| Author(s) Niko Nurmela | | Degree programme and option Automotive and transportation technology | |
| Name of the bachelor's thesis Data collecting systems use in track racing | | | |
| Abstract <p>The purpose of this thesis was to study what information is possible to get out of data collecting systems data from track racing and analyse can the driver used in experiment really drive.</p> <p>I started working with this thesis by reading literature and internet pages about concerning this subject and tried to find out how to analyse data gathered by data collecting systems. When I had got all the information I needed, I learned to use data collecting systems file reading program and started to go through the data which was measured with Racelogics PerformanceBox in Ahvenisto on 13.05.2009 and 05.09.2009.</p> <p>In my thesis I managed to process different ways to analyse information got from the data collecting device and the computer program which was used to read the data, was interesting and rewarding to use. That why another lap was faster than another and was the driver driven well were found out on the results. When examining the measurements it also became clear that the driver knows how to drive.</p> | | | |
| Subject headings, (keywords) data collecting system, track racing | | | |
| Pages 64 | Language Finnish | URN | |
| Remarks, notes on appendices | | | |
| Tutor Jarkko Peltonen | | Bachelor's thesis assigned by | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | MITTAUSMENETELMÄT | 1 |
| 2.1 | GPS | 2 |
| 2.2 | DGPS (Differentiaalinen GPS)..... | 3 |
| 2.3 | RTK (2cm)..... | 4 |
| 2.4 | OBD..... | 5 |
| 2.4.1 | OBD:n historia..... | 5 |
| 2.4.2 | OBD:n käyttö rata-ajoon..... | 6 |
| 2.5 | CAN..... | 6 |
| 2.6 | Anturit..... | 7 |
| 2.7 | Video..... | 7 |
| 3 | RATA-AJON TEORIA..... | 7 |
| 3.1 | Jarrutus..... | 8 |
| 3.2 | Ajolinja | 8 |
| 3.2.1 | 90 asteen mutka..... | 8 |
| 3.2.2 | 180 asteen mutka..... | 9 |
| 3.3 | Nopeus | 11 |
| 4 | AUTON ALUSTAN TOIMINTA | 11 |
| 4.1 | Jousitus | 12 |
| 4.1.1 | Iskunvaimentimen sisään- ja ulosjousto | 12 |
| 4.1.2 | Jousen jäykkyys | 13 |
| 4.1.3 | Jousen esijännitys..... | 13 |
| 4.2 | Pyöränkulmat..... | 14 |
| 4.2.1 | Camber-kulma..... | 14 |
| 4.2.2 | Caster-kulma | 15 |
| 4.2.3 | Olkapoikkeama (KPI)..... | 16 |
| 4.2.4 | Aurauskulma | 17 |
| 4.3 | Jarrut | 18 |
| 4.4 | Renkaat | 19 |
| 4.4.1 | Renkaiden paine..... | 19 |
| 5 | TIETOJEN TULKINTA | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | Nopeuskäyrä | 20 |
| 5.2 | Kierrosnopeuskäyrä | 21 |
| 5.3 | GPS- kuvan tulkinta..... | 24 |
| 5.4 | Ratin kääntökulma | 24 |
| 5.5 | Kaasupolkimen asento | 25 |
| 5.6 | Jarrupolkimen painaminen..... | 26 |
| 5.7 | G-voimat | 26 |
| 5.8 | Vaihteen asento..... | 27 |
| 5.9 | Luistokulma | 28 |
| 5.10 | Jousitus | 28 |
| 6 | MITTAUKSET | 28 |
| 6.1 | PerformanceBox | 28 |
| 6.2 | Performance tools | 29 |
| 6.3 | Ahvenisto..... | 30 |
| 7 | TULOKSET | 31 |
| 7.1 | Rataprofiili..... | 32 |
| 7.2 | 13.5.2009 tehdyt mittaukset..... | 32 |
| 7.2.1 | Kierrosajat..... | 34 |
| 7.2.2 | Nopein kierros..... | 34 |
| 7.2.3 | G-voimat | 36 |
| 7.3 | 05.09.2009 tehdyt mittaukset..... | 36 |
| 7.3.1 | Kierrosajat..... | 38 |
| 7.3.2 | Nopein kierros..... | 38 |
| 7.3.3 | G-voimaympyrä | 40 |
| 7.4 | Kaikista nopein kierros 1:25,4..... | 41 |
| 7.5 | Kaikkien nopeinten kierrosten vertailu..... | 43 |
| 7.5.1 | Kaikkien nopeiden kierrosten väliajat | 48 |
| 8 | AJON ANALYSOINTI | 49 |
| 8.1 | Kolmen ajon vertailu | 50 |
| 8.1.1 | Kovavauhtinen kaarre | 50 |
| 8.1.2 | Helppo kaarre..... | 53 |
| 8.1.3 | Yhdistelmäkaarre | 55 |
| 8.2 | Ajolinjojen tarkastelu..... | 59 |
| 8.3 | Väliaikojen vertailu | 59 |

| | | |
|-----|---|----|
| 8.4 | G-voimien erot..... | 60 |
| 8.5 | Kierrosajat..... | 61 |
| 8.6 | Kuljettajan kehitys | 62 |
| 8.7 | Kuljettajan ajotaito..... | 62 |
| 8.8 | Kehittämisehdotukset kuljettajalle..... | 63 |
| 9 | YHTEENVETO | 63 |
| 9.1 | Mittausten hyöty | 63 |
| 9.2 | Parannusehdotuksia mittauksiin | 63 |
| 9.3 | Virheitä tulkinnassa | 64 |
| 9.4 | Lopetus | 64 |

1 JOHDANTO

Ajotapahtumasta saadaan kerättyä nykyään paljon tietoa sähköiseen muotoon. Jokainen fyysinen liike on mitattavissa ja saatavissa digitaaliseen muotoon, jossa sitä voidaan tarkastella. Tiedonkeruu tapahtuu siihen tarkoitetuilla tiedonkeruujärjestelmillä ja niiden mittauslaitteilla. Ajotapahtumasta mitataan kaikkia tarvittavia osa-alueita ja laite tallentaa ne muistiin. Ajon jälkeen saatuja tietoja tarkastellaan siihen tarkoitettulla tietokoneohjelmalla. Ohjelmalla dataa tutkiessa saadaan käsitys siitä, mitä ajon aikana on tapahtunut. Koska radalla nopeaan ajamiseen ei ole kuin yksi oikea periaate, saadaan mittauksilla mitattua, kuinka lähelle tätä oikeaa tapaa päästiin.

Tämän insinööriyön idea on selvittää, kuinka tulkita saatua dataa oikein ja saada niistä mahdollisimman paljon tärkeää tietoa, sekä osaako kuljettaja, joka mittauksissa on ajanut, ajaa.

2 MITTAUSMENETELMÄT

Mittaukset suoritetaan ns. tiedonkeruulaitteilla. Ne ovat ajon aikana autossa mukana ja nauhoittavat kaiken tiedon, mitä ne mittaavat. Ne saavat mitattua ajotapahtumaa erilaisten antureiden ja mittausyksiköiden kautta. Osa mittalaitteista sijaitsee tiedonkeruulaitteessa itsessään ja osan mittatiedoista ne saavat ulkoisista lähteistä. Tuli tiedot tiedonkeruulaitteeseen sitten mistä tahansa, niin se käsittelee ne ja sitoo kaikki mittatulokset, jota sinä hetkenä on mitattu toisiinsa. Jälkeenpäin tuloksia tarkastellessa saa selville, mitä kaikkia on minäkin hetkenä tapahtunut.

GPS-laite ja kiihtyvyysanturi ovat yleensä tiedonkeruulaitteeseen integroituja. Pelkäämään niistä saatua tietoa käyttämällä, saadaan auton liikkeestä paljon selville. Niiden avulla nähdään, missä ja milloin auto on mennyt, mikä sen nopeus ja kiihtyvyys on ollut, sekä niiden avulla selviää myös g-voimat. Ajosta saadaan laskettua kierrosnopeudet ja ajolinjoja saadaan tutkittua. Näillä tiedolla saadaan siis lähinnä tutkittua auton liikkumista ajoradalla, mutta se mitä kuljettaja tekee, jää vähemmälle tarkastelulle.

Autoista tapahtuu paljon erilaisia fyysisiä liikkeitä, jotka kertovat paljon ajotapahtumasta. Uusimmissa autoissa ajotietokone saa lukemattomalta määrältä antureita tietoja, joita se käyttää hyväkseen ohjatessaan eri toimintoja. Esimerkiksi kun ajotietokone

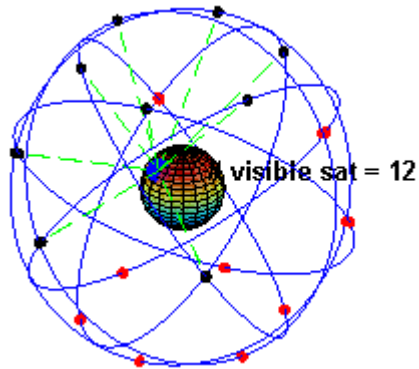
lukee kaasupolkimen asennon ja säätää sen mukaan autosta ulostulevaa voimaa. Ajotietokone voi myös vain valvoa eri yksiköiden toimintoja, ja jos jossain ilmenee vika, se ilmoittaa siitä vikakoodilla. Autossa siis tapahtuu paljon tiedonsiirtoa, ja eräissä tiedonkeruulaitteissa on mahdollisuus näiden tietojen lukemiseen. Laitteesta ja autosta riippuen tiedot otetaan eri lähteistä. Helpointa on, jos laitteeseen saa otettua tiedon suoraan OBD-pistokkeesta ja autossa tarvittava tieto on luettavissa sieltä. Silloin vain laitetaan OBD-pistoke kiinni ja laite lukee tietoa. Jos kuitenkin tätä mahdollisuutta ei joko lukulaitteessa ole tai auton OBD-pistokkeen kautta tietoa ei saa luettua, on tieto otettava auton eri CAN-väylistä. Silloin joutuu tekemään hieman sähkökytkentöjä. Jos jokin tieto jää vielä saamatta näillä keinoin, on autoon laitettava anturi mittaamaan haluttua tietoa.

Auton OBD-pistokkeelta, CAN-väylistä tai antureilta saatavat tiedot kertovat tarkemmin kuljettajan tekemisistä kuin pelkkä GPS ja kiihtyvyyssanturi. Autosta saatavien tietojen perusteella voidaan tarkkailla jokaista kuljettajan auton kulkuun vaikuttavaa liikettä, kuten milloin kuljettaja painaa jarrua ja kuinka paljon. Lisäksi sitä kautta voidaan tarkastella itse auton toimintaa eri tilanteissa, esimerkiksi kierrosnopeutta.

2.1 GPS

GPS eli Global Position System on satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka Yhdysvaltojen puolustusministeriö kehitti alun perin sotilasoperaatioita varten. Myöhemmin sen käyttö sallittiin myös siviilihenkilöille. GPS:n käyttö perustuu siihen, että avaruudessa on tällä hetkellä vähintään 24 satelliittia, jotka kiertävät maapalloa yli 20 000 kilometrin korkeudella maasta. Jokainen satelliitti kiertää maapallon kaksi kertaa vuorokaudessa ja niiden toiminta-alue kattaa maapallon 100 prosenttisesti. Satelliitteja valvoo päävalvontakeskus Yhdysvalloissa. Jokaisessa satelliitissa on tarkka atomikello, jonka ajan ja navigointisignaalin satelliitti lähettää ja käyttäjän GPS-laite vastaanottaa. Laitteen pitää saada signaali vähintään neljästä satelliitista, jotta se saa laskettua sijainnin leveysasteen (latitude), pituusasteen (longitude) ja korkeuden, koska sijainnin mittaus perustuu kaavaan, johon tarvitsee vähintään neljän satelliitin sijainnin ja ajan. Paikannuksen tarkkuus sivusuunnassa on muutama metri ja pystysuunnassa n.2 kertaa huonompi. Se, kuinka tarkka paikannus on liikkeissä, riippuu GPS vastaanottimen hertsimäärästä. 1hz laite päivittää sijainnin kerran sekunnissa ja 20hz laite 20 kertaa. Eli

mitä korkeampi hertsi määrä vastaanottimessa ilmoitetaan, sitä tarkempi se on liikkeen määrittämisessä.



KUVA 1. GPS-satelliittien kiertoradat

Tiedonkeruulaitteessa tulee olla GPS, jotta se olisi vartenotettava vaihtoehto ajosta saatavien tietojen tarkastelun. Tiedonkeruujärjestelmät saavat GPS:n kautta paikannustiedon, ajan ja nopeuden. GPS:n antamien tietojen perusteella saadaan luotua kuva, missä auto on liikkunut milloinkin. Yleensä GPS:n avulla saadaan luotua ajoradasta malli ajamalla molemmat radan reunat läpi kierroksenmatkan. Tiedonkeruujärjestelmä luo tiedon avulla pohjan, josta näkee, missä kohdassa radan reunat kulkee GPS-kuvaa tarkasteltaessa. Ohjelmalla näkee siis radan, jolla on ajettu, ja kun siihen lisää ajon aikana saadut GPS-tiedot, näkee missä kohtaa rataa on milloinkin ajettu, kuinka kovaa ja kierroksella tai sektorilla käytetyn ajan.

Vaikka GPS on yleinen järjestelmä, on GPS-laitteissa eroja. Erot ovat niiden tarkkuuksien välillä. Tarkkuuksissa on eroa päivitysnopeudessa sekä paikannustarkkuuksissa. Kuten aina, parempia ja tarkempia laitteita saa sijoittamalla laitteisiin enemmän rahaa. Investointi kannattaa tehdä, jos haluaa mahdollisimman vähän mittavirheitä ja mahdollisimman tarkkoja tuloksia.

2.2 DGPS (Differentiaalinen GPS)

DGPS eli Differential GPS kehitettiin, kun Yhdysvaltojen puolustusministeriö vielä tahallisesti heikensi satelliittien siviileille lähettämät rataelementit ja kellonkäyntitiedot, eli harjoitti niin sanottua SA-häirintää (Selective Availability). DGPS tuli muun muassa merenkulkijoiden tarpeisiin, koska SA-häirinnän seurauksena GPS-tarkkuus vaakasuunnassa oli 100 metriä. Maastoon perustettiin tarkkaan tiedossa olevaan sijain-

tiin niin sanottu referenssiasema, joka laskee SA-häirinnän aiheuttaman virheen, korjasi tiedon ja lähetti sen GPS-vastaanottimeen. Vaikka SA-häirintä poistettiin vuonna 2000, auttaa DGPS silti tarkentamaan paikannustarkkuutta. DGPS toimii nykyään samalla tavalla kuin ennen. DGPS parantaa GPS:n mittaaman sijainnin leveysasteen (latitude), pituusasteen (longitude) ja korkeuden tarkkuutta. Referenssiasema, jossa on GPS-laite, joka on laitettu määrättyyn sijaintiin ja jätetty laskemaan nykyinen sijaintinsa. Kertomalla GPS-laitteelle, että se ei liiku, se voi tarkkailla jokaisen satelliitin signaaleja ja selvittää korjaukset, jotka täytyy soveltaa jokaisen satelliitin kanssa, jotta ilmakehän aikaan saamat viivästykset saadaan poistettua. Nämä korjaukset lähetetään liikkuvaan GPS-vastaanottimeen. [6.]

2.3 RTK (2cm)

RTK eli Real Time Kinematic on GPS:n tarkennukseen käytetty järjestelmä. GPS:n tarkkuus on maanpäällä normaalisti tarkimmillaan yksi metri, RTK:n ansiosta tarkkuus saadaan jopa kahteen senttimetriin. RTK:n avulla voi synkronoida kaksi GPS-laitetta vertailemalla molempien ulostuloa ja käyttämällä näiden vertailun mittatuloksia laskemaan molempien antennien relatiivisen sijainnin. GPS:n sijaintimittaukset ovat toteutettu mittaamalla maanpäällisen vastaanottimen ja avaruudessa sijaitsevien, sillä hetkellä näkyvissä olevien satelliittien välinen matka. Jokainen satelliitti lähettää omaa yksilöllistä koodia. GPS-vastaanotin tietää nämä koodit, jotta se voi lukittaa yhden satelliitin lähetykseen ja verrata sitä toisesta satelliitista tulevaan koodiin. Vaihtelemalla jokaisen näiden koodien välillä tahdissa saadaan arvioitua suhteellinen matka jokaiseen satelliittiin. Satelliittikoodi lähetetään sarjoina ykkösiä ja nollia (bitteinä) arviolta 1000 kertaa sekunnissa (1.023Mhz) ja GPS-vastaanotin saa luettua tästä koodia 1% jokaista bittiä kohden. Tämä aiheuttaa arviolta kolmen metrin virheen. Armeijan koodi lähetetään myös, mutta se lähetetään kymmenen kertaa nopeammin kuin siviileiden koodi, joten sen tarkkuus on teoriassa kymmenen kertaa parempi. RTK luottaa hitaaseen siviilikoodiin signaalin lukemiseen, mutta sen sijaan se käyttää signaalin kantoaaltotaajuutta, joka on yli 1000 kertaa nopeampi (1575Mhz). Jos vastaanottaja onnistuneesti lukee kahden GPS-laitteen kantoaaltosignaalit, voi silloin suhteellinen tarkkuus niiden välillä olla paljon suurempi. Siviilikoodia on helppo lukea, koska se koostuu jaksoista ykkösiä ja nollia jotka on suunniteltu juuri tähän tarkoitukseen. Kuitenkin jokainen sarja kantoaaltosignaalia on samankaltainen edelliseen nähden,

joten sitä on vaikea lukea. Käyttämällä RTK-tekniikkaa kahta GPS-laitetta voidaan käyttää hankkimaan tarkkaa paikannustietoa. [6.]

2.4 OBD

On-Board Diagnostics eli OBD tarkoittaa ajoneuvon itsediagnosointia ja sen tulosten kertomiskykyä. Sen kautta pääsee käsiksi kaikkiin järjestelmänalaisiin tietoihin. OBD:ta käytetään yleensä vikojen määrittämiseen, mitä auton eri sähköisesti valvottuihin järjestelmiin tulee ilmi. OBD-järjestelmä antaa niistä vikakoodin ja sytyttää vikavalon ajoneuvon koetauluun. OBD-pistokkeen kautta näitä tietoja pääsee lukemaan erillisellä näytöllisellä lukulaitteella. Lukulaitteella pystyy valitsemaan, mitä järjestelmää haluaa tarkkailla. Niin selviävät myös vikakoodit, mitä auton OBD-järjestelmä on havainnut ja tallentanut. Niin saa selville autossa olevan vian, saa paikannettua sen tarkasti ja sen pääsee korjaamaan. Jos esimerkiksi jokin anturi on vioittunut ja järjestelmä on antanut siitä vikakoodin, on anturivika helppo havainnoida ja korjata se. Joskus järjestelmä havaitsee joitain vikoja, jotka ovat hetkellisiä, mutta antavat silti vikakoodin. Lukulaitteella pääsee lukemaan tämän koodin ja poistamaan sen, jos vika on mennyt ohi eikä vaikuta enää ja silloin koetaulusta sammuu myös vikavallo.



KUVA 2. OBD-liitin

2.4.1 OBD:n historia

Alun perin erilaisia OBD-järjestelmiä laitettiin ensimmäisiin polttoaineenruiskutusjärjestelmillä varustettuihin autoihin. Eri valmistajilla oli erilaisia alkeellisia OBD-järjestelmiä, joilla ei voinut valvoa montaa osa-aluetta. Silloin ei ollut myöskään minäänlaisia standardeja kuten nykyään. Kaikilla oli erilaiset, eri tavalla toimivat järjes-

telmät ja jokaiseen tarvitsi erilaisen lukulaitteen. Silloin tavallisten kuluttajien ei ollut edes mahdollista saada näitä lukulaitteita. Myöhemmin lainsäädäntö teki kaikkiin uusiin myytäviin autoihin pakolliseksi OBD-järjestelmät ja standardoi ne samanlaisiksi, jotta niitä olisi helpompi kaikkien lukea, automerkistä riippumatta. OBD-järjestelmiin on luotu erilaisia standardeja, joita on päivitetty uudenpiin tekniikan kehittyessä. [4.]

2.4.2 OBD:n käyttö rata-ajoon

Autourheilussa käytettyihin tiedonkeruujärjestelmiin saa OBD:sta suuren hyödyn. Koska OBD-järjestelmän alaisena on myös jotain ajotapahtumasta tietoa antavia osia, saa niistä tärkeän lisän ajamisen tarkkailuun. Tiedonkeruulaitteesta vedetään kaapeli auton OBD-pistokkeeseen ja laite alkaa saada tietoa auton OBD-järjestelmästä. Eri autoissa OBD-järjestelmän alaisena on erimäärä, eri osa-alueiden tietoja, joten joistain autoista OBD:n kautta saa enemmän tietoa kilpa-ajoon nähden ja joistain vähemmän. OBD-pistokkeen kautta saatavia tietoja ovat muun muassa kierrosnopeus ja kaasuläpän asento.

2.5 CAN

CAN eli Control Area Network on Boschin suunnittelema monikanavainen johdotustyyppi, joka mahdollistaa monen käyttöjärjestelmän yhteen liittämisen autoissa ja ne jakavat tietoja keskenään. Ennen autossa oli pakko olla vähintään yksi johto signaalia kohden, joka teki johtonipuista paksuja ja kalliita. CAN-väylä mahdollistaa suuren määrän signaaleita siirrettäväksi digitaalisesti parikaapeli johdoissa, joten autoissa ei enää tarvitse niin paljon johtoja. Tiedon jakamisen ansiosta ei autossa tarvitse olla enää niin montaa anturia. Koska jos yksi käyttöjärjestelmä mittaa yhden tiedon, voi se lähettää sen tiedon muille samaa tietoa tarvitseville käyttöjärjestelmille. [4.]

Kaikki autosta haluttavat tiedot, rata-ajon tulkintaa varten, kulkevat CAN-väyliä pitkin. Osan niistä saa OBD-pistokkeen kautta luettua tiedonkeruulaitteeseen, mutta ei kaikkia. Siksi osan tiedoista joutuu ottamaan suoran auton CAN-väylästä, jos tiedon haluaa tallentaa. Suoraan CAN-väylistä tiedon ottaminen ei ole niin yksinkertaista, kuin OBD-pistokkeen kautta, jossa tarvitsee kytkeä kiinni vain yksi pistoke. CAN-väylistä tietoa ottaessa joutuu tekemään sähköliitoksia ja oikean linjan löytämiseksi joutuu varmasti purkamaan auton sisäpaneelija irti ja tutkimaan auton sähkökaaviota.

2.6 Anturit

Jos autoon ei saada OBD:n tai CAN-väylän kautta haluttua tietoa, kuten voi olla joissain vanhemmissa autoissa, niin tulee tarvittava tieto tiedonkeruulaitteille ottaa suoraan anturilta. Antureita voi asentaa autoon jälkikäteen, jotta kaikki tarvittava tieto saadaan mitattua. Autosta saadaan mitattua kaikkea mahdollista, mutta kannattaa pitää järki kädessä, koska vastaan saattaa tulla budjetti, kuten aina kilpa-autoilussa. Joistain antureista saatava hyöty ei ole usein siihen käytetyn rahan arvoista.

2.7 Video

Videokuva saadaan liitettyä muun saatavan ajodatan rinnalle. Tällöin videota voidaan katsoa sekä kaikkia muita tietoja sen rinnalla. Video kuvaa saadaan autoon kiinniteytistä kameroista, niitä voi olla yksi tai useampi. Ulkoinen kamera on hyvä tulkittaessa ajolinjoja ja auton käyttäytymistä radalla. Myös auton sisälle voidaan sijoittaa kamera kuvaamaan kuljettajan käytöstä. Kuljettajan on usein helpompaa maksaa omat virheensä, kun hän näkee itsensä tekemässä ne.

3 RATA-AJON TEORIA

Koska tässä työssä selvitetään miten kuljettaja voi oppia tiedonkeruujärjestelmistä saatavan informaation perusteella paremmaksi kuljettajaksi, tulee silloin myös tietää mikä on oikea ajotapa, jota kohti kuljettajan ajotapaa tulee kehittää. Jos huippukuljettajien ajotapoja tarkastellaan tarkasti, on ajotapoja niin monta kuin kuljettajiakin, mutta niissä kaikissa on sama perusidea. Tärkeintähän rata-ajossa on se että auton täytyy kulkea radan ympäri mahdollisimman lyhyessä ajassa, kerta toisensa jälkeen. Tärkeintä on siis kokonaisuus, joka syntyy kuljettajan tekemistä valinnoista. Jos mutkan pysyy ajamaan nopeasti, mutta ajolinja syö nopeutta seuraavalta suoralta, niin että aikaa kokonaisuudessa kuluu enemmän kuin mutkan olisi ajanut hitaammin toisella ajolinjalla, ei ajotapa ole kokonaisuuden kannalta hyvä. Siihen, kuinka kauan auto radalla viipyy, vaikuttaa kuljettajan ajotaidot. Kuljettaja on osattava oikeat ajolinjat, oikean-aikainen jarrutus ja valittava oikea nopeus eri tilanteisiin.

3.1 Jarrutus

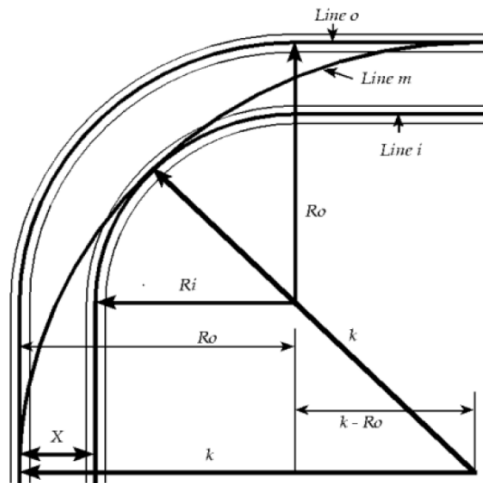
Jarrutus tulee suorittaa optimaalisesti, ei liian aikaisin eikä liian myöhään. Optimaalinen jarrutus on se, kun auton saa täysjarrutuksella hiljennettyä mutkan alkamiskohtaan jolloin kääntäminen aloitetaan, suoraan täysjarrutuksella suoralla olevasta täysvauhdista. Jarruttamista ei siis kannata aloittaa liian aikaisin, muuten suoralla ei saa ajettua tarpeeksi pitkään kovaa ja aikaa menee hukkaan. Jos jarrutuksen aloittaa liian myöhään ja mutkaan tullessa on liian kova vauhti, ei ajolinjaa saa pidettyä oikeana ja pahimmassa tapauksessa auto saattaa joutua pois ajoradalta.

3.2 Ajolinja

Oikean ajolinjan valinta radan eri kohdissa on tärkeää. Väärä linja yhdessä kohdassa vie aikaa ja kun radan ajaa monta kertaa ja virhe toistuu, niin tulee loppuajkaan huomattava lisäys. On siis tunnettava rata läpikotaisin. Ajolinjaa on ajateltava etukäteen aina seuraavaan linjaan nähden. Jos jonkun kohdan pystyy ajamaan nopeammin jollain ajolinjalla, mutta kohdasta ulostuleva linja on seuraavaan kohtaan täysin väärä, ei ajolinja silloin ole oikea. Radan erikohtien linjat täytyy siis olla harmoniassa toisiinsa nähden ja ajamisen sujua compomaisesti läpi radan. Kierroksen nopeus on tärkein, ja se määrää ajolinjat. Käyn alla läpi kahden erilaisen mutkan ajotapoja. Siinä kerron, mikä ajolinja olisi teoriassa nopein yhdessä mutkassa. Käytännössä mutkat ovat lähellä toisiaan ja mutkiin ei aina tulla suorilta ja poistuta suorille, jolloin ryhmittäminen ennen ja jälkeen mutkan olisi helppoa. Nämä ovatkin vain esimerkkejä, jotta nopean ajolinjan löytymiselle olisi jotain pohjatietoa.

3.2.1 90 asteen mutka

90 asteen mutka on helpoin mutka ajaa oikein. Mutkaan tullaan pitkin mutkan ulkoreunaa ja leikataan keskelle sisäreunaa, niin että päädytään taas mutkan jälkeen ulkoreunaan. Tällä tavalla ajamalla saadaan vauhti pysymään mahdollisimman korkealla mutkassa ja sen jälkeen, kun ajetaan mutkan jälkeiselle suoralle. Tilanne on sitten eri, jos ennen tai jälkeen mutkan ei pystytä olemaan radan ulkoreunassa, esim. jos seuraava mutka onkin eri suuntaan. Mutta helpoimmissa tapauksissa se tapahtuu näin. Alla olevasta kuvasta näkee miten 90 asteen mutka tulee ajaa, jotta aika olisi nopein.



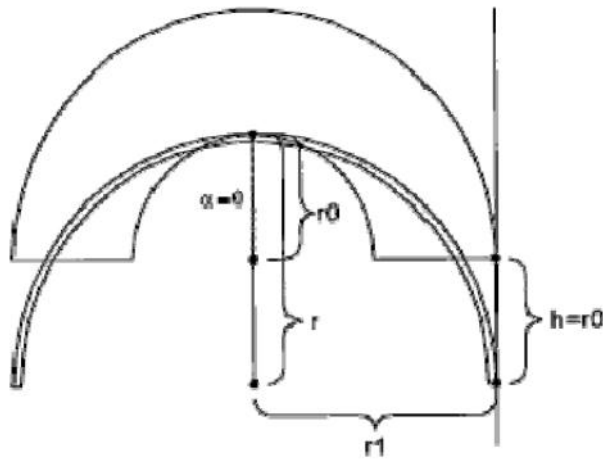
KUVA 3. 90 asteen mutkan ajolinja [3.]

3.2.2 180 asteen mutka

180 asteen mutkat eivät ole niin helppoja ajaa kuin 90 asteen mutka, vaan niihin on otettava erilainen taktiikka. Mutkan voi ajaa toki samalla taktiikalla, kuin 90 asteen mutkan, mutta aika ei ole silloin nopein. Perusperiaate 180 asteen mutkissa onkin ”Hiljaa sisään, nopeasti ulos.” Tämä tarkoittaa, että nopeus mutkaan tullessa ei ole tärkein vaan se, kuinka suurella nopeudella sieltä poistutaan. Käynkin tässä läpi ensiksi 90 asteen mutkan periaatteella ajatun 180 asteen mutkan ja sitten oikealla tavalla ajatun mutkan ja yritän selvittää, mitä eroa näillä tavoilla on ja miksi oikea tapa on nopein.

Levein linja

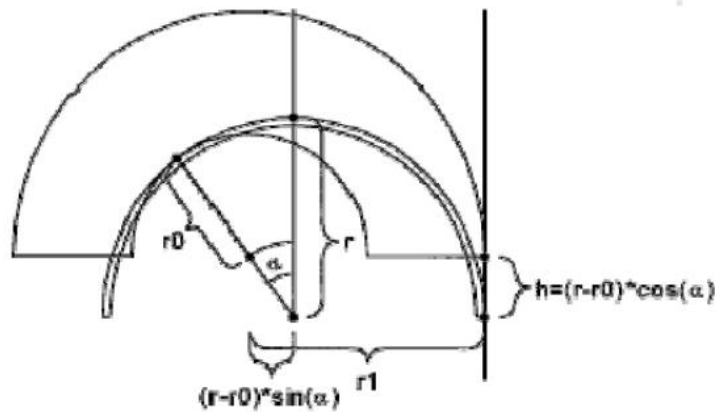
Ensimmäisenä esimerkkinä käyn läpi leveimmän linjan. Se on 90 asteen mutkan ajamisperiaatteen mukainen linja. Siinä tullaan mutkaan radan ulkoreunaa pitkin, kääntyytään niin, että radan sisäreunaa kosketetaan aivan mutkan keskellä ja mutkasta poistuessa päädytään radan ulkoreunaan. Se on nopein tapa kulkea mutkan läpi, mutta kokonaisajan kannalta se ei ole nopein. Kuten kuvasta näkyy, siinä aletaan kääntämään mutkaan jo hyvissä ajoin, joten suoraa jarrutuslinjaa tässä linjassa on mahdollisimman vähän. Samoin mutkasta poistuessa suoraan päästään ajamaan vasta paljon mutkan jälkeen ja kiihdytys viivästyy näin ollen.



KUVA 4. 180 asteen mutkan ajolinja 1 [3.]

Nopein linja

Toisena linjana esittelen nopeimman linjan kokonaisajan kannalta. Siinä ajetaan ns. hiljaa sisään ja nopeasti ulos. Toisin kuin leveässä linjassa, siinä lähestytään mutkaa enemmän radan sisäreunaa pitkin ja osutaan radan sisäreunaan jo paljon ennen mutkan keskikohtaa. Poistuttaessa mutkasta siinä päädytään radan ulkoreunaan aivan kuten leveässäkin linjassa, mutta paljon aikaisemmin. Nopeus linjassa ei mutkan aikana ole niin suuri kuin leveässä linjassa ja aikaa itse mutkassa kuluu kauemmin. Kokonaisajan kannalta ero otetaankin ennen ja jälkeen mutkan. Koska mutkaan tullaan suuremmin kuin leveässä linjassa, saadaan jarrutus jätettyä myöhemmäksi, joten edeltävällä suoralla pystytään siis ajamaan pidempään kaasu pohjassa, ennen kuin aloitetaan jarrutus. Kuten kuvasta näkyy, ei ajolinja kuitenkaan mene paljon enemmän ohimutkasta kuin leveä linjakaan, vaikka ei sisäreunaa keskeltä kosketeta. Mutkasta poistuessa, seuraavalla suoralle päästään kuitenkin ajamaan suoraan ennemmin kuin leveässä linjassa päästäisiin. Tällöin autoa pystytään kiihdyttämään aikaisemmin ja mutkan jälkeisen suoran aika on parempi. Nopealinja on siis nopeampi, ennen ja jälkeen mutkan saatujen nopeus parannusten takia.



KUVA 5. 180 asteen mutkan ajolinja 2 [3.]

3.3 Nopeus

Kuljettajan on valittava oikea nopeus eri paikkoihin. Mahdollisimman kovassa nopeudessa aikaa menee vähän, mutta liian kova nopeus taas haittaa ajolinjassa pysymistä ja haittaa pidon pitämistä ajoradassa. Joka kerta, kun pito lähtee radan ja renkaiden väliltä tulee auton ohjauksesta vaikeasti hallittava ja kitkan häviämisen vuoksi eteenpäin vievät voimat eivät saa autoa liikkumaan eteenpäin. Pidon saamiseen menee hetki, jolloin vauhti ei pääse kiihtymään ja aikaa menee hukkaan. Oikea nopeus eri tilanteisiin tulisi olla juuri siihen tilanteeseen suurin mahdollinen nopeus, niin että auto on pidon menettämisen ääri rajoilla, mutta ei sen yli.

4 AUTON ALUSTAN TOIMINTA

Auton alusta on rata-ajossa auton ominaisuuksista lähes tärkeimmässä asemassa nopeuteen nähden. Vaikka autossa olisi tehoa paljon, mutta sitä pystyisi käyttämään vain pitkillä suorilla ja aina mutkissa vauhdin joutuisi tiputtamaan olemattomiin huonon alustan käyttäytymisen vuoksi, niin silloin ajo ei olisi nopeaa ja tehosta ei olisi kauheasti hyötyä. Täydellinen alusta antaa autolle nopean ja tarkan ohjattavuuden, helpon auton hallinnan ja hyvän pidon rataa. Se, miten alusta käyttäytyy, on mitattavissa erilaisilla tavoilla ja tarkasteltavissa tiedonkeruujärjestelmillä. Saatujen tietojen perusteella voidaan kehittää alustan toimintaa. Alustan käytöksestä tehtyjä mittauksia tarkastelemalla, myös kuljettaja voi kehittää itseään hallitsemaan autoa paremmin. Saatujen tietojen perusteella hän tietää, miten alusta käyttäytyy missäkin tilanteessa. Kuljettaja oppii myös, auton alustan ääri rajoja ja pystyy ottamaan autosta enemmän irti.

4.1 Jousitus

Jousituksen tehtävä autossa on pitää renkaat koko ajan kosketuksessa tiehen. Jousitukselle muodostuu rata-ajossa ja katuajossa täysin erilaiset vaatimukset. Jos normaalilla henkilöautolla lähtee ajamaan radalle, niin kovaa kuin mahdollista, alkavat renkaat ulvoa mutkissa ja auto kallistelemaan kovasti. Tämä johtuu siitä, että henkilöauto on suunniteltu ajettavaksi yleisillä teillä, jossa on paljon epätasaisuuksia, joita jousituksen tulee ottaa vastaan pehmeästi. Tätä varten jousituksesta on tehty ns. löysä. Valitettavasti tämä rajoittaa auton mutka-ajo-ominaisuuksia. Kun pehmeällä alustalla varustetulla autolla ajaa kovalla vauhdilla jyrkkään mutkaan, joustaa jousitus niin paljon, että auto menee kallellaan ja normaalissa ajossa hyvät, vetelemättömät renkaat meinaavat taittua alle. Normaaliin henkilöautoon tarkoitettu alusta ei siis sovellu rata-ajoon. Radat ovat yleensä tasaisia, ja niissä ei ole suuria pinnan kohoumia tai monttuja kuin yleisillä teillä, joten alusta voi rata-ajossa olla jäykempi, koska suuret tiestä kohdistuva pinnan vaihtelusta syntyvät voimat eivät kohdistu siihen.

4.1.1 Iskunvaimentimen sisään- ja ulosjousto

Iskunvaimennin vaimentaa autossa pystysuuntaista liikettä. Iskunvaimentimessa sisään- ja ulosjoustolla tarkoitetaan sitä, kun iskunvaimennin joustaa sisäänpäin ja ulospäin. Iskunvaimentimen sisällä on sylinteri, jossa liikkuu mäntä ylös- ja alaspäin. Männän liikettä rajoittaa männän ylä- sekä alapuolella oleva neste, joka männän liikkuessa kulkee kanavia pitkin puolelta toiselle. Se kuinka helposti neste kulkeutuu männän puolelta toiselle, määrää iskunvaimentimen sisään- ja ulosjoustojäykkyyden. Hyvissä rata-ajoon tarkoitetuissa iskunvaimentimissa nämä molemmat ovat säädettävissä erikseen. Iskunvaimentimien säätäminen tehdään testaamalla ja vaatii usean testi- ja säätökerran, jotta se saadaan hyväksi. Seuraavaksi yksinkertainen esimerkiksi siitä, miten ulos- ja sisäänjoustoa voidaan säätää. Kun auto ajaa oikealle kääntyvään kaarteeseen, kallistuu auto vasemmalle ja vasemman puolen iskunvaimentajat joustavat sillä hetkellä sisäänpäin ja oikealla puolella olevat iskunvaimentajat ulospäin. Jos auto kallistuu liikaa, se saattaa johtua joko siitä, että vasemman puolen sisäänjousto tai oikean puolen ulosjousto on liian löysä. Säätämällä joko iskunvaimentimen ulosjoustoa, sisäänjoustoa tai molempia saadaan kallistuminen kaarteessa lievenemään. Sä-

täminen tulee aloittaa löysimmästä asennosta ja alkaa säätää jäykemmäksi tarpeen vaatiessa.

4.1.2 Jousen jäykkyys

Jousivakio on jousen jäykkyyden kertova mittayksikkö, joka ilmoitetaan N/mm tai kg/mm. Se kertoo, kuinka paljon jousi painuu kasaan tietyn painon tai voiman kohdistuessa siihen. Esimerkiksi, jos jousen jousivakio on 7 kg/mm, se painuu kasaan 1mm kun sitä painetaan kasaan 7 kg voimalla. 280 kg painolla se painuu kasaan 40 mm (280 kg/7 kg/mm). Jos kyseessä on progressiivinen jousi, jonka vaihteluväli on 5 kg-10 kg, painuu se ensimmäiset mm kasaan 5 kg painolla ja viimeiset, ennen kuin on täysin kasassa 10 kg painonlisäyksellä. Autoihin jousivakio määräytyy jouseen kohdistuvien painojen mukaan siitä, kuinka jäykkä jousituksesta halutaan.

4.1.3 Jousen esijännitys

Jousen esijännitys kertoo sen, kuinka paljon joustaa on puristettu kasaan, ilman että siihen on vielä laitettu auton kulman painoa, jossa jousi sijaitsee. Jousen esijännitys on silloin nolla, kun joustaa ei ole painettu yhtään kasaan, mutta niin, että se on kummin-kin tiukasti kiinni ylä- sekä alajousilautasessa. Esimerkiksi, jos auton kulmapaino on 300 kg ja jousen jäykkyys 7 kg/mm, painuu jousi kasaan painon tullessa päälle n.43 mm ($300 \text{ kg} / 7 \text{ kg/mm} = 43 \text{ mm}$), kun esijännitys on nolla. Jos jouseen lisätään esijännitystä kiristämällä joustaa kasaan 20 mm, jännitetään joustaa jo silloin ennen auton kulman painoa 140 kg ($20 \text{ mm} * 7 \text{ kg/mm} = 140 \text{ kg}$). Tällöin lisätessä päälle auton 300 kg jousi painuu kasaan 23 mm ($20 \text{ mm} + 23 \text{ mm} = 43 \text{ mm}$). Jousi alkaa painua kasaan vasta, kun esijännityspaino on ylitetty, eli tässä tapauksessa vasta, kun päälle tuleva paino ylittää 140 kg. Jos joustaa esijännittää 43 mm, ei jousi silloin auton kulman painon tullessa päälle painu yhtään kasaan. Jos joustaa jännittää enemmän kuin auton kulman painon verran, ei jousi silloin välttämättä joustaa, kun siihen kohdistuu tiestä päin tuleva voima. Eli jos jousi on jännitetty niin, että sen esijännitys on 500 kg ja tiestä ylöspäin kohdistuva voima on 200 kg, ei jousi silloin joustaa yhtään ja rengas pomppaa irti tiestä. Liikaa joustaa puristettaessa kasaan saattaa myös käydä, että jousi painuu jossain tilanteessa kokonaan kasaan ja jouset ottavat yhteen. Tämä aiheuttaa vahinkoa jouselle, metalli metallia vasten kosketuksen takia. Esijännitystä tulee siis lisätä maltilla ja ei ainakaan ylittää auton kulman painoa. Esijännitystä lisäämällä saadaan lisättyä iskun-

vaimentimen sisäänjousto matkaa, koska se alkaa painua kasaan vasta suuremmilla painoilla. Vastaavasti iskunvaimentimen ulosjousto matka lyhenee. Jos esijännitys on säädetty niin, että se on sama kuin auton paino, ei iskunvaimennin silloin jousta yhtään ulospäin mutkaan ajattaessa mutkan sisäreunan puolella ja rengas saattaa nousta irti tiestä. Yleensä on arvioitu, että olisi paras, jos iskunvaimentimen mäntä olisi keskellä sen sylinteriä, kun auto on oman painonsa varassa, jolloin iskunvaimennin pääsisi joustamaan hyvin ylös- sekä alaspäin.

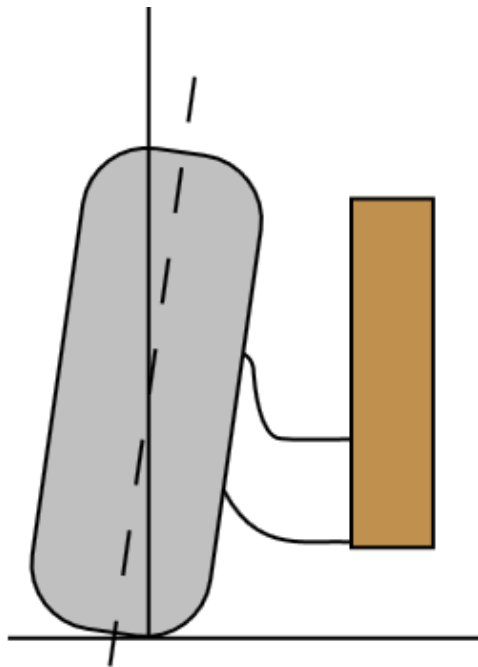
4.2 Pyöränkulmat

Auton käyttäytyminen riippuu suureksi osaksi auton pyöränkulmista. Kulmat kertovat, missä asennossa pyörät ovat autoon ja tiehen nähden. Pyöränkulmat ovat nimeltään camber-kulma, caster-kulma ja aurauskulma. Yleensä ainakin jotkut näistä kulmista ovat säädettävissä. Rata-ajossa kulmien säätämällä yritetään parantaa auton hallintaa radalla.

4.2.1 Camber-kulma

Camber-kulma on pyörän pystysuoran akselin ja auton pystysuoran akselin välinen kulma, kun autoa katsotaan suoraan edestä tai takaapäin. Camber on positiivinen, kun rengas on kallellaan ulospäin ja negatiivinen, kun rengas on kallellaan sisäänpäin. Camber-kulma on tärkein sivuttaispitoin vaikutta renkaankulma kaarreaajossa, koska se määrää, missä asennossa renkaan pinta on rataa vasten, kun auto kallistuu. Yleensä kun jousitus joustaa sisään, kääntyy rengas sisäänpäin, eli camber muuttuu negatiiviseen päin. Näin ollen, kun autolla ajaa kaarteeseen ja auto kallistuu ulkokurvia kohti, muuttuu ulkokaarten puoleisen renkaan (jousituksen joustaessa sisäänpäin) negatiivisemmaksi ja sisäkaarten puoleisen renkaan (jousituksen joustaessa ulospäin) positiivisemmaksi. Tämän vuoksi vakioalustaisella autolla ajaessa kovaa mutkaan sisäkurvin puoleinen rengas ulvoo, koska sen lisäksi, että sen varassa ei ole paljon painoa, siitä osuu ajorataan vain sen kulutuspinnan ulkoreuna. Ulkokaarten puoleisen renkaan camber-kulma muuttuu siis hyvään suuntaan, mutta muutos ei välttämättä ole riittävä, jos camber-kulma on 0. Auton kallistuu tiehen nähden niin paljon, että vaikka ulkokaaren renkaat ovat autoon nähden negatiivisessa camber-kulmassa, renkaat ovat silti ajorataa vasten kulutuspinnan ulkoreunan varassa. Camber-kulman muuttaminen negatiiviseksi auttaa siis ulko- sekä sisäkaaren renkaiden pinnan osumista rataan. Pidosta

saadaan paras, kun kulmat säädetään niin, että täydellä korin kallistumalla ulkokaarten puoleinen rengas on pysty asennossa. Ulkokaarten puoleinen rengas sen takia, koska sen varassa on siinä vaiheessa enemmän painoa. Sisäkaarten puoleisen renkaan kitkapinta ei silloin ole täysin ajorataa vasten, mutta negatiivisen camberin ansiosta se ei ole niin vinossa rataa kohden, kuin kun camber-kulma olisi 0. Jos radassa ei ole kuin yhteen suuntaan kääntyviä kurveja, kannattaa camber-kulmat säätää niin, että täyskallistumalla sisä- sekä ulkokaaren renkaat ovat pystyasennossa, eli eri puolilla on eri kulmat. Jos autolla ei ajeta mutkia, vaan sillä vain kiihdytetään, tulee takavedon tapauksessa säätää vetävät pyörät positiiviselle camberille ja etuvedon tapauksessa negatiiviselle camberille. Tämä johtuu jo aikaisemmin mainitusta camber-kulman muuttumisesta negatiivisemmaksi sisäänjoustossa ja päinvastoin.

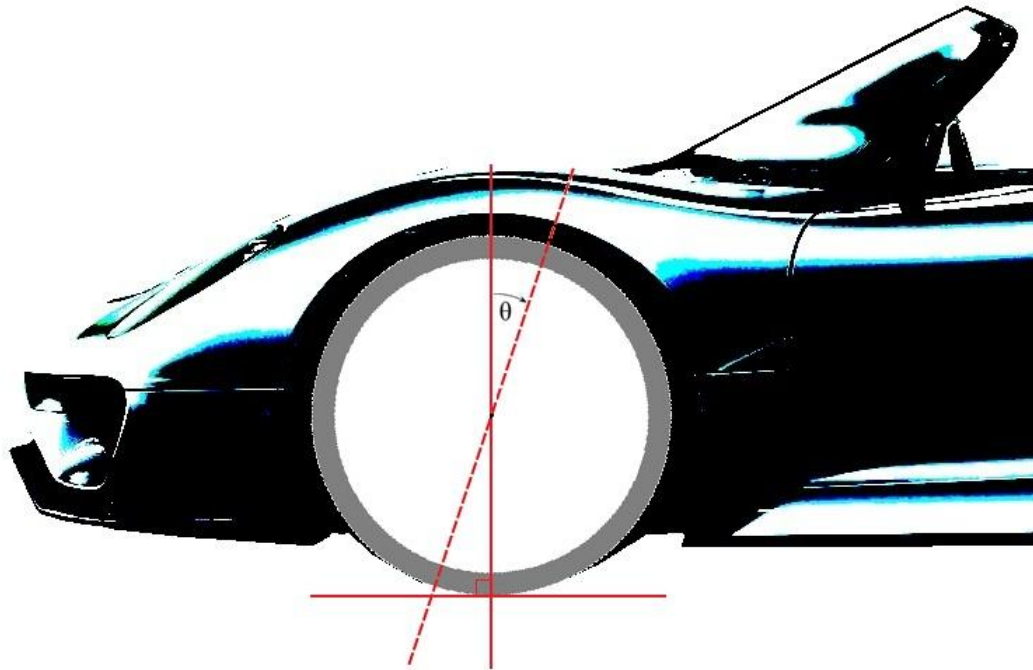


KUVA 6. Camber-kulma

4.2.2 Caster-kulma

Caster-kulma on kääntyvän pyörän pystysuoran akselin ja kääntymislinjan välinen kulma sivultapäin katsottuna. Kun kuvitteellinen kääntymislinja koskettaa tietä ennen renkaan tiehen osuvaa osaa, on ohjaus silloin itsestään suoristuva ja caster-kulma positiivinen. Itsestään suoristuva ohjaus johtuu siitä, että kun renkaiden kääntymistä ne nousevat enemmän toiselle kantalle ja samalla nostavat auton koria ylöspäin, mutta auton paino kumminkin painaa rengasta takaisin tasaiseen asentoon ja renkaat suoristuvat. Positiivinen caster luo siis voimia, jotka pakottavat renkaan suoristumaan, kun auto

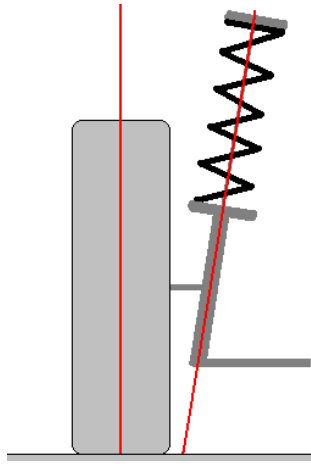
liikkuu eteenpäin. Tämä luo tasaisuutta ohjaukseen suoraan ajettaessa ja auto pyrkii menemään silloin suoraan, kun sitä ei ohjaa sivuille. Esim. kun mutkan jälkeen laskee ratista irti suoralle tultaessa renkaat suoristuvat itsestään.



KUVA 7. Caster-kulma.

4.2.3 Olkapoikkeama (KPI)

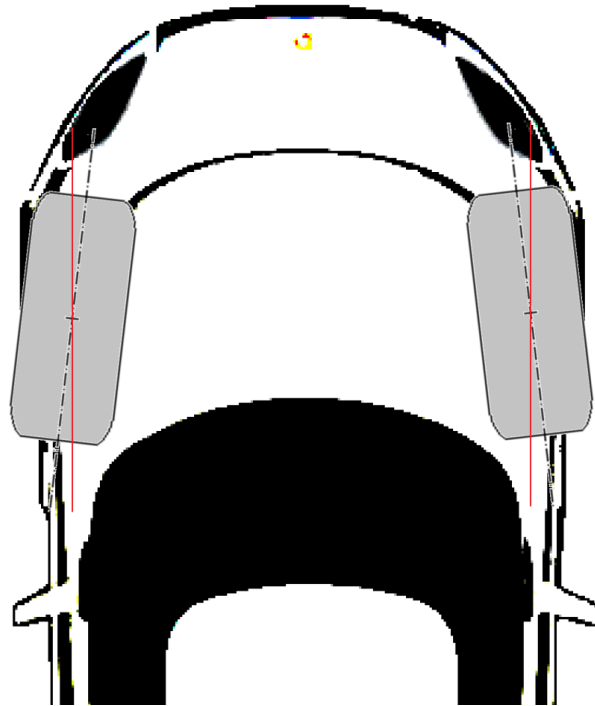
Olkapoikkeama on ylä- ja alapallonivelten läpikulkevan linjan ja kääntyvän pyörän läpi kulkevan linjan etäisyys ajoradan pinnalla, edestä tai takaapäin katsottuna. Olkapoikkeama on positiivinen, kun pallonivelten läpikulkeva linja on sisempänä kuin renkaan keskilinja. Olkapoikkeama vaikuttaa auton ohjaukseen, siten että mitä enemmän arvo on positiivinen, sitä enemmän voimaa renkaiden kääntämiseen tarvitaan. Suurempi olkapoikkeama välittää iskut ohjaus pyörään myös herkemmin kuin negatiivisempi. Auto myös käyttäytyy puoltamistilanteissa rauhallisemmin, jos olkapoikkeama on negatiivinen.



KUVA 8. Olkapoikkeama

4.2.4 Aurauskulma

Aurauskulma kertoo sen, kuinka paljon auton renkaat ns. auraavat tai harittavat toisiinsa nähden, kun niitä verrataan ylhäältäpäin. Auraus on positiivista ja haritus negatiivista. Auraus voidaan ilmoittaa asteen lisäksi myös millimetreinä, jolloin matkavanteen etu- ja takareunasta mitataan toisen puolen vanteen etu- ja takareunaan ja takapuolen mitta vähennetään etupuolen mitasta. Auraus vaikuttaa auton käyttöön ajettaessa. Aurausta lisätessä autosta tulee vakaampi ajaa suorilla sekä jarrutuksissa. Aurauksen lisäys lisää myös mutkissa auton aliohjautumista. Haritusta lisätessä auto kääntyy paremmin, mutta se tekee myös ohjauksesta levottoman, niin suorilla kuin jarrutuksissakin ja takapyörissä se lisää auton yliohjautumista. Aurauskulman säädöillä korjataan usein muiden kulmien aiheuttamia, ei haluttuja ominaisuuksia ohjauksessa, kuten puoltamista. Esimerkiksi, jos etuvetoisessa autossa on positiivinen olkapoikkeama, tulee aurausta säätää positiiviselle, ja etu- sekä takavetoisissa autoissa, joissa on negatiivinen olkapoikkeama, tulee aurausta säätää negatiiviselle. Liiallinen auraus ja haritus tekevät autosta arvaamattoman ja vaikean hallita, lisäksi se kuluttaa renkaita epätasaisesti. Yleensä haritus kuluttaa rengasta sisäpuolelta ja auraus ulkopuolelta.



KUVA 9. Aurauskulma

4.3 Jarrut

Jarrut on tehty hidastamaan autoa ja tarvittaessa pysäyttämään sen. Jarrut hidastavat autoa muuttamalla liike-energiaa lämmöksi. Vaikka jarruja käytetään hidastamaan nopeutta, nopeuttavat tehokkaat jarrut radan kiertämistä huomattavasti. Jarruja tarvitaan pääasiassa hidastamaan vauhtia tullessa radan nopealta osuudelta, kuten suoralta, mutkaan. Mutkaan tultaessa nopeuden on oltava sopivan hidas, jotta auton pystyy hallitsemaan ajettaessa mutkan läpi. Mitä tehokkaammat jarrut autossa on, sitä nopeammin se hidastuu. Näin ollen jarruttamista mutkaan ei tarvitse aloittaa niin aikaisin kuin huonommilla jarruilla. Suoralla voi kiihdyttää kauemmin ja ajaa kaasupohjassa pidemmän matkan. Suoralla saa pidettyä siis kauemmin suuren nopeuden, eikä vauhtia tarvitse alkaa hiljentämään mutkaan niin aikaisin. Se aika nopeuttaa kierroksen tekoa paljon. Jarrujen tehokkuuden saa arvioitua mittaamalla auton täysjarrutuksesta hidastuvuuden (m/s^2). Siitä näkee, kuinka nopeasti auto hidastuu ja onko hidastuminen tarpeeksi nopeaa. Jarruista voidaan mitata lämpötila. Lämpötila on hyvä tietää, sillä jarrujen teho vaihtelee jarrujen lämpötilan mukaan.

4.4 Renkaat

Renkaat ovat rata-ajossa ratkaisevassa asemassa. Renkaiden pito tulee olla hyvä eri tilanteissa. Huonosti pitävät renkaat hidastavat ajoa ja saattavat aiheuttaa auton hallinnan menettämisen. Kun autoa kiihdyttää, vetävienpyörien renkaiden tulee antaa tarvittavasti pitoa. Muuten renkaat alkavat sutimaan ja kiihtyvyys hidastuu sen takia. Kiihdytyksessä renkaiden sutiminen saattaa myös aiheuttaa kuljettajalle vaikeuksia hallita autoa, veti auto sitten kummasta päästä tahansa. Mutkissa autoon kohdistuu sivuttaisvoimia, jotka työntävät autoa mutkan ulkoreunaa kohti. Renkaiden tulee estää liukuminen sivuttaissuunnassa, muuten auton keula, perä tai koko auto lähtee liukumaan kohti mutkan ulkoreunaa. Näissä tilanteissa autoa on vaikea hallita ja auto saattaa pyörähtää tai liukua pois radalta. Mitä parempi sivuttaispito renkailla on, sitä nopeammin ja vaivattomammin mutkan voi ajaa. Käännettäessä autoa samalla, kun sitä kiihdytetään, tulevat vetävienpyörien pidon rajat tehokkaammissa autoissa helposti vastaan. Etuvetoisissa autoissa tämä aiheuttaa eteensä aliohjautumista eli puskemista. Eturenkaiden pito ei riitä ja auto yrittää mennä suoraan eikä käänny kunnolla. Takavetoisissa autoissa sen sijaan tapahtuu yleensä yliohjautuvuutta, jolloin takarenkaiden pito loppuu ja perä alkaa luistaa sivulle. Ali- ja yliohjautumiseen vaikuttaa myös alusta, eli ne eivät ole täysin renkaidenpidon rajoista koituvia ilmiö. Renkaista on mitattavissa rengaspaine sekä lämpötila. Lämpötilan tietäminen on hyödyksi, koska renkaan pito vaihtelee renkaan lämpötilan mukaan. G-voima ympyrästä näkee, kuinka paljon G-voimia renkaalla on sivuttais- ja pitkittäispitoa. Sivuttaispito on ehkä tärkeämpi tieto renkaiden kannalta, koska pitkittäispidon rajoja ei välttämättä saavuteta auton kiihtyvyyden ja hidastuvuuden tehottomuuden ansiosta.

4.4.1 Renkaiden paine

Renkaiden paine vaikuttaa niin renkaiden pitoon kuin kulumiseenkin. Yleensä rengasvalmistajat ilmoittavat, mitä painetta renkaissa tulisi käyttää. Yleensä paineen tulisi olla alle 2 bar kylmänä, koska renkaiden lämmitessä paine renkaissa kasvaa. Jos haluaa kuitenkin varmistua, että renkaiden paineet ovat sopivat, voi niiden pinnan lämpötilan mitata ajon jälkeen. Renkaiden tulisi lämmitä ajossa tasaisesti. Jos renkaiden reunat ovat lämmenneet enemmän kuin keskikohta, on painetta silloin liian vähän ja jos keskikohta on lämpimämpi kuin reunat, on painetta liikaa. Liika renkaiden lämpiäminen voi johtua myös vääristä pyörän kulmista. Jos renkaiden paine on liian matala,

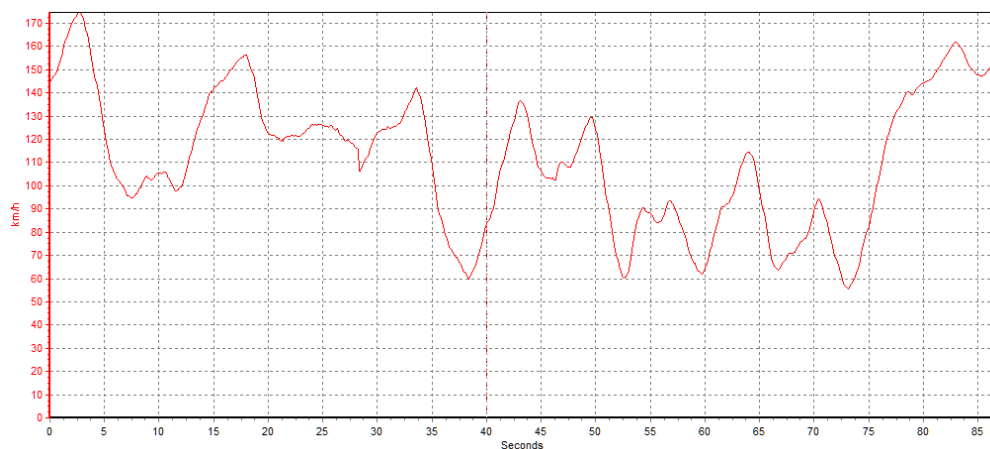
kasvaa pyörän pyörimiskitka ja auto ei mene niin sulavasti eteenpäin kuin oikeilla paineilla. Autosta tulee myös epävakaata ajaa, kun rengas pääsee joustamaan sivusuunnassa liikaa. Rengas myös kuluu huomattavasti enemmän, jos painetta on liian vähän. Jos taas painetta on liikaa, tulee ongelmaksi pidon vähentyminen. Renkaan rataa vasten oleva pinta ei pääse täysin rataa vasten, koska se ei pääse mukautumaan pintaa vasten. Onkin tärkeää, että renkaissa on oikea paine.

5 TIETOJEN TULKINTA

Tiedonkeruulaitteilla saadut tiedot on osattava tulkita oikein, jotta niistä saadaan kaikki tarvittava hyöty irti. Jatkossa kerron, kuinka tiettyjä käyriä tulkitaan ja mitä tietoja niistä saa. Näistä kaikista tiedoista saadaan vain osa mittauksissa käyttämälläni PerformaceBoxilla, mutta on hyvä käydä läpi, mitä kaikkea tiedonkeruujärjestelmillä on mahdollista mitata ja mitä niistä saa selville.

5.1 Nopeuskäyrä

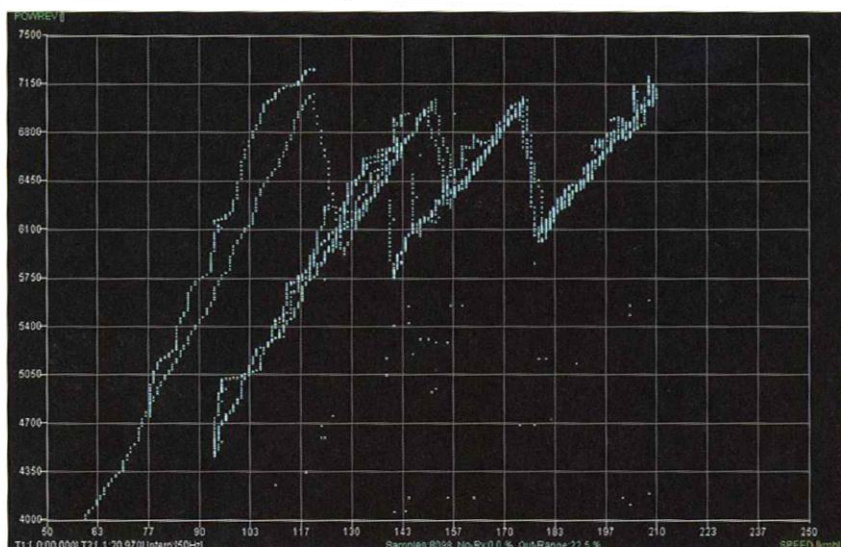
Nopeuskäyrästä saadaan tulkittua paljon eri asioita vertailemalla sitä muihin käyriin. GPS-kuvaajaan nopeus käyrää vertailemalla nähdään, mikä nopeus on ollut missäkin kohtaa rataa. Silloin nähdään ajonkannalta paljon tärkeää tietoa, kuten onko jarrutus aloitettu oikeaan aikaan, nopeudet mutkan eri kohdissa ja suoran huippunopeus ennen jarrutusta. Käytännöllisen nopeuskäyrän saa joko vertaamalla nopeutta aikaan tai matkaan.



KUVA 10. Nopeus/aikakuvaaja

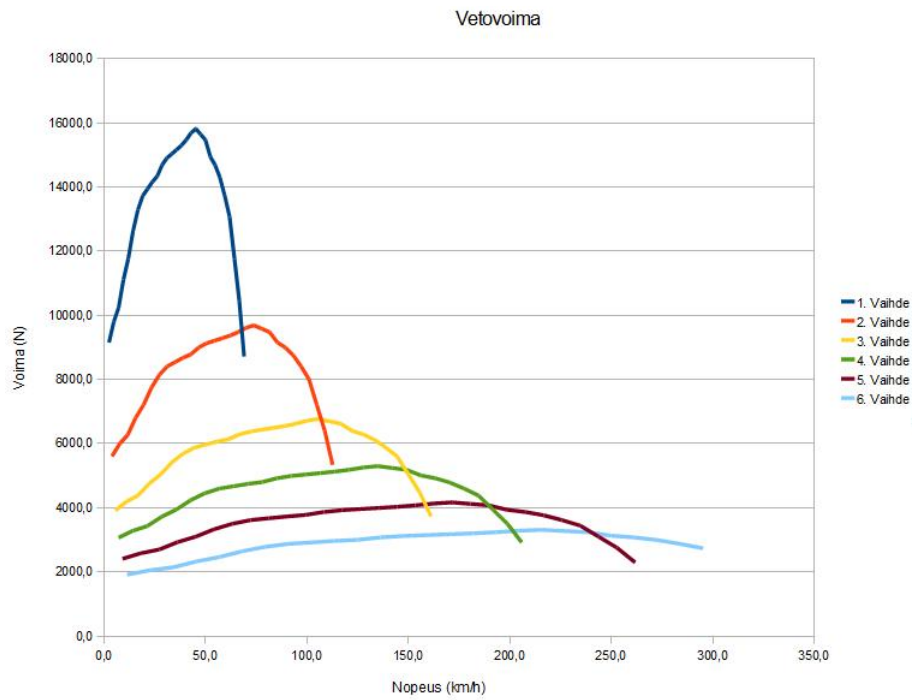
5.2 Kierrosnopeuskäyrä

Kierrosnopeuskuvaajasta näkee, mikä auton moottorin kierrosnopeus on ollut milloinkin. Sitä tulkitsemalla saadaan selville, mitä vaihteita on käytetty milloinkin ja käytetäänkö kierroksista sitä aluetta, missä teho on. Moottorin kierrosnopeuksilla antavan tehon ja väännön näkee autosta mitatusta dyno-testistä. Alapuolella on kierrosnopeus/nopeuskuvaaja. Kuten kuvasta näkee, saa käytetyn vaihteen selville, kun tietää nopeuden ja kierrosnopeuden.

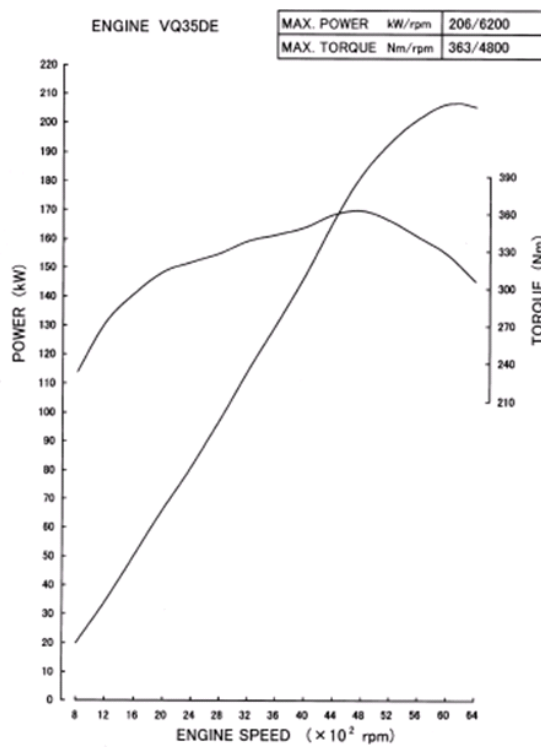


KUVA 11. Kierrosnopeus/nopeuskuvaaja [5.]

Kierrosnopeutta vertaamalla auton vääntökäyrään nähdään, käytetäänkö moottorin antaman voiman kannalta oikeaa kierrosnopeutta ja vaihdetta. Auton moottorin vääntökäyrästä ja auton välityssuhteista saadaan kaavalla laskettua vetovoimakuvaja, josta nähdään, mitä vaihdetta teoriassa tulisi käyttää milläkin nopeudella.



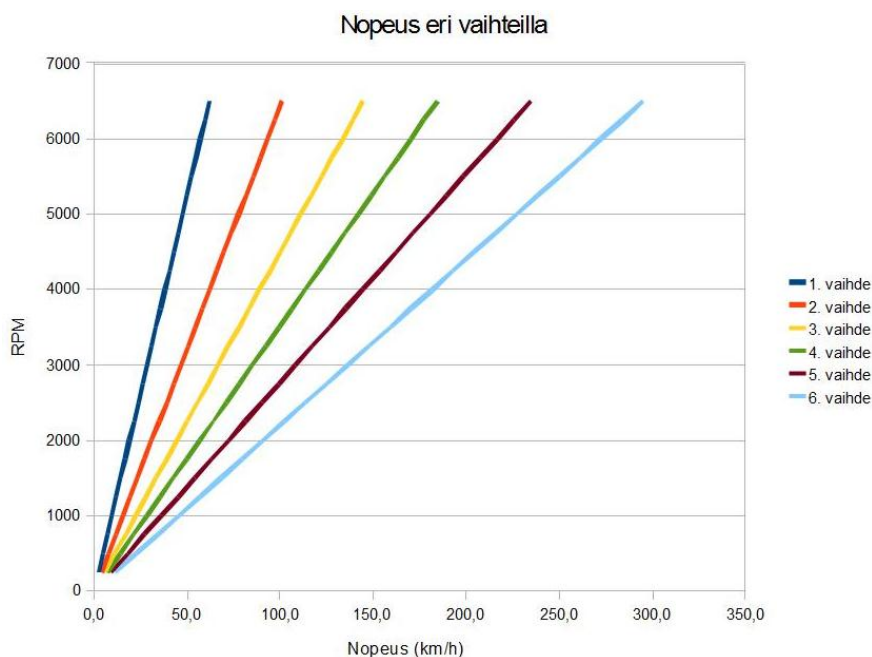
KUVA 12. Vetovoimakuvaaja



KUVA 13. Dynamometrikuvaaja

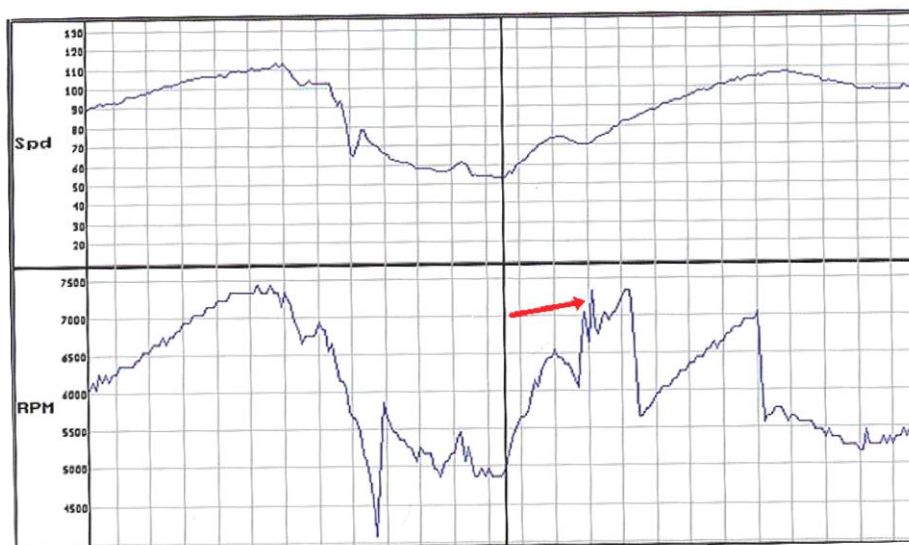
Moottorin kierrosnopeudesta ja auton nopeudesta näkee myös, mitä vaihdetta on käytetty. Kuvassa 14 on laskettu vertaamalla välityssuhteita, kierrosnopeuteen ja siitä näkee, millä nopeudella auto kulkee eri vaihteilla, eri kierroksilla. Taulukosta näkee suoraan, esim. jos kierroksia on ollut 5000rpm ja nopeutta 100km/h niin, on silloin

ollut käytössä kolmas vaihde. Tämä on hyödyllistä, jos halutaan tietää, millä vaihteella ajetaan missäkin kohtaa ja autosta ei ole saatavilla suoraan vaihteenasetotietoa.



KUVA 14. Nopeus eri vaihteilla

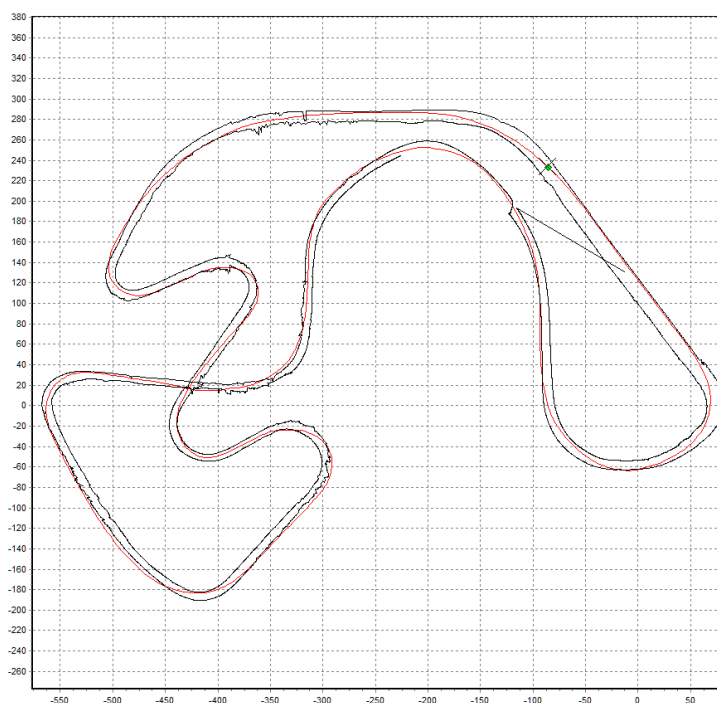
Kierrosnopeutta vertaamalla nopeuteen saa selville virheitä, kuten kuvassa 15. Siitä näkee myös, onko vaihteen vaihtamisessa mennyt kauan aikaa ja onko rengas sutinut kiihdyttäessä, että poljinta on jouduttu ”pumppailemaan.” Tästä esimerkkinä alla olevassa kuvassa on merkattu nuolella selvä virhe kierrosnopeuskäyrässä, joka johtuu luultavasti siitä, että vetopyörät ovat alkaneet luistaa. Tämä selittää nopeuskäyrässä hetkellisen kiihtymättömyyden.



KUVA 15. Nopeus- ja kierrosnopeuskuvaajat [5.]

5.3 GPS- kuvan tulkinta

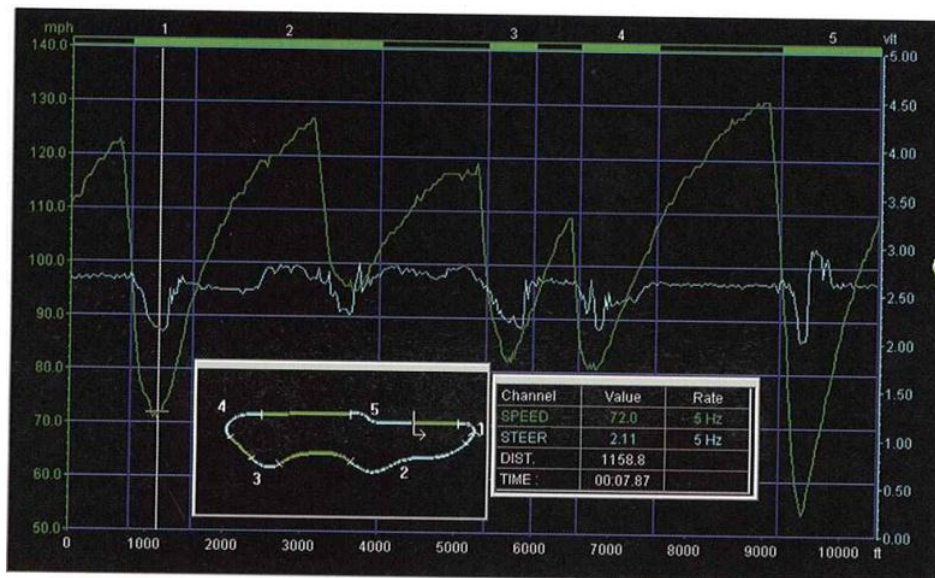
Ylhäältäpäin ajoa kuvaava GPS-kuva näyttää, missä kohtaa rataa auto on mennyt. Ohjelmissa saa yleensä tiedot hetkellisesti, mitä milloinkin on tapahtunut. GPS-kuvasta saa selville, mitä ajolinjaa kuljettaja on käyttänyt missäkin kohtaa rataa ja siihen yhdistettynä muut ajosta saadut tiedot saadaan selville mitä kuljettaja on missäkin kohtaa rataa tehnyt. Kaikki muita tietoja onkin ehkä helpoin tutkia käyttämällä GPS-kuvaajaa pohjana. Näin liikuttamalla valitsinta radan ajolinjan eri kohdissa, saadaan selville myös kaikki muut sinä hetkenä mitatut arvot.



KUVA 16. GPS-kuva

5.4 Ratin käntökulma

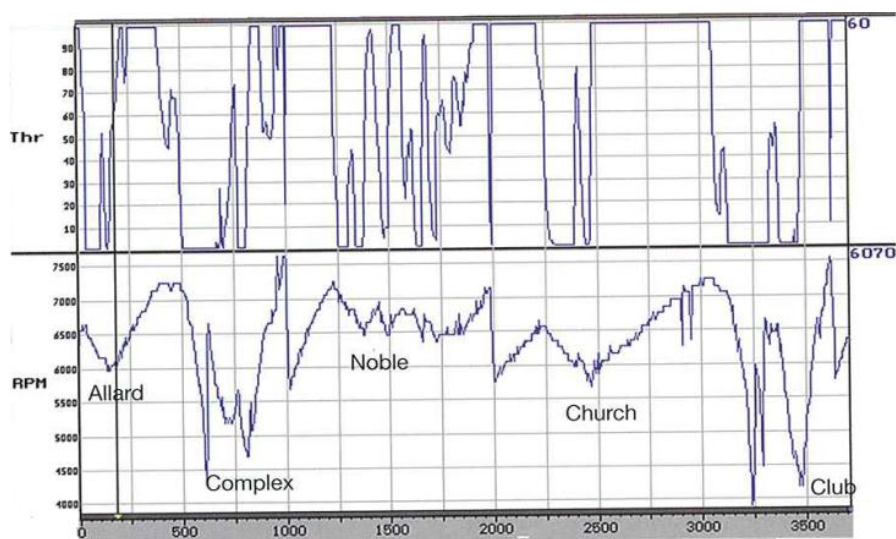
Ratinkäntö kulmasta näkee korjausliikkeiden tekokohtat, jos esimerkiksi kuljettaja on korjannut auton yliohtautuvuutta ja kääntänyt rattia edestakaisin nopealla tahdilla, jotta auto kestäisi radalla eikä pyörähtäisi. Siitä näkee myös, kääntääkö kuljettaja rattia liian nopeasti. Alla olevasta kuvasta näkee vihreällä kääntökulman. Kuvassa on lisäksi nopeuskäyrä ja GPS-kuvaaja.



KUVA 17. Ratin käntökulma [5.]

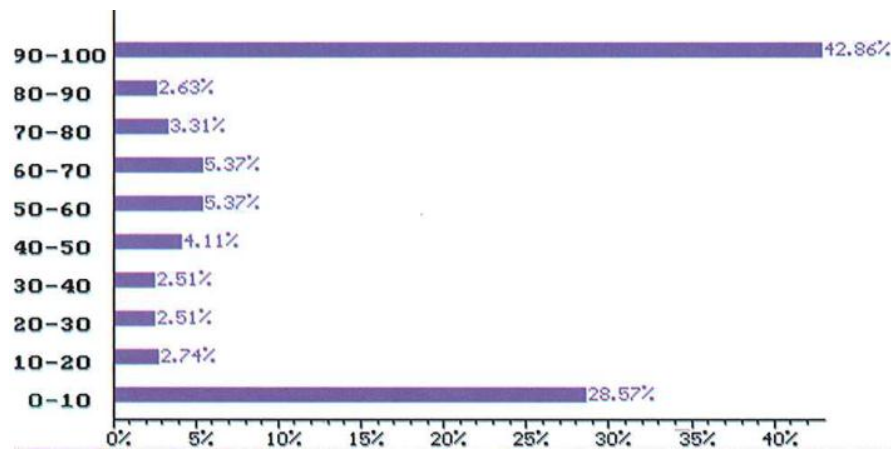
5.5 Kaasupolkimen asento

Kaasupolkimen asentokuvaajasta näkee, milloin ja kuinka paljon kaasua on painettu. Kuljettajan ajoa tarkastellessa on hyvä tietää, milloin kuljettaja on painanut kaasua ja minkä verran, koska kaasupoljinta painaessa voi tapahtua monia virheitä. Kaasupoljinta voi nostaa liian aikaisin, sitä voi painaa liikaa liian aikaisin tai kiihdytyksessä sitä ei käytä tarpeeksi. Kaarteissa kaasua voi painaa liikaa siten, että pyörät alkavat sutia. Tällöin nähdään, että kuljettaja on joutunut nostamaan kaasupoljinta ylös.



KUVA 18. Kaasupolkimen asento [5.]

Kaasupolkimen asento eri kohdissa on myös saatavilla prosentteina, niin että nähdään, kuinka paljon poljin on ollut missäkin asennossa ajallisesti. Kuvassa 19 esimerkiksi nähdään kyseinen prosenttikaavio. Kaavion mukaan nähdään, että eniten poljin on ollut pohjassa, toiseksi eniten vapaana ja loput siltä väliltä.



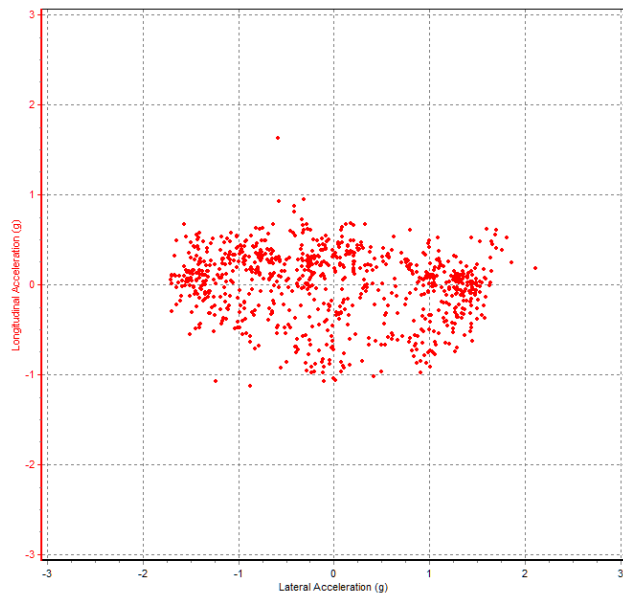
KUVA 19. Kaasupolkimen asento prosentteina [5.]

5.6 Jarrupolkimen painaminen

Jarrupaineanturin avulla saadaan kuljettajan jarrupolkimen käytöstä tietoa. Kun se on yhdistettynä aikakuvaajaan, nähdään, milloin jarrua on painettu ja kuinka paljon. Täysjarrutus suoran lopussa kertoo, että jarrutus on ajoitettu oikein ja että kaikki auton jarruista saatava hidastuvuusvoima on käytetty hyväkseen.

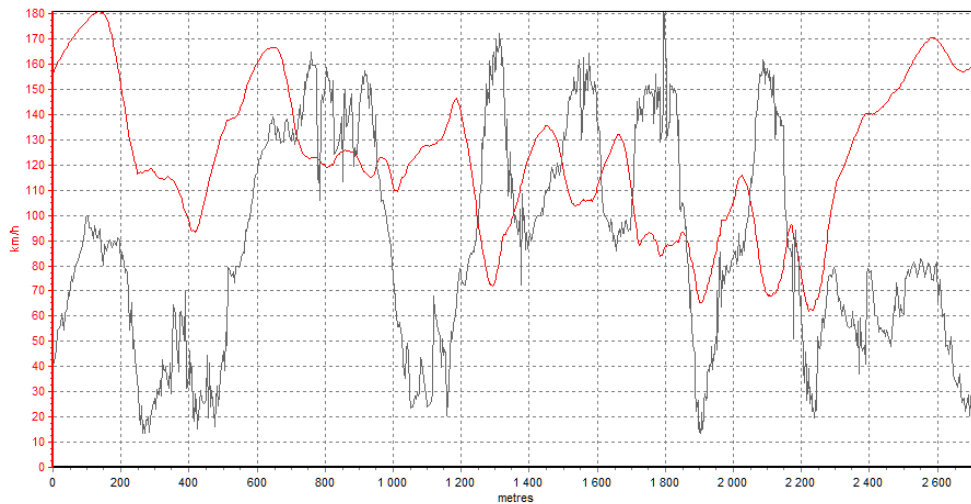
5.7 G-voimat

G-voimaympyrästä nähdään autoon eri suunnista kohdistuvat g-voimat, kiihdyttäessä taaksepäin painavat, mutkassa sivullepäin vievät, ja jarruttaessa eteenpäin kohdistuneet g-voimat. G-voimakuvaajasta nähdään auton renkaiden pidonrajat ja se, miten renkaiden antamaa pitoa on käytetty hyväksi.



KUVA 20. G-voimaympyrä

Ajosta tallentuvat myös sivuttais- (lateral) ja pitkittäis- (longitudinal) g-voimat hetkelisesti. Niistä nähdään, kuinka paljon milläkin hetkellä g-voimia on kohdistunut autoon. Niistä voidaan kertoa esimerkiksi, onko autolla ajettu mutkaan niin suurilla g-voimilla kuin auton renkaiden sivuttaispito olisi antanut ajaa. Alla olevassa kuvassa on sivuttaiskihtiyyyskäyrä.



KUVA 21. Sivuttaiskihtiyyyskuvaaja

5.8 Vaihteen asento

Sillä, millä vaihteella kuljettaja milloinkin ajaa, on väliä. Autoihin saa asennettua vaihteenasento tunnistimen tai tiedon voi saada auton omasta tietojärjestelmästä. Sen,

mitä vaihdetta kuljettaja on käyttänyt, saa laskettua myös nopeus- ja kierrosnopeuskuvaajia vertailemalla. Niitä vertailemalla auton vääntökäyrään nähdään, onko kuljettaja käyttänyt moottorille sopivaa kierrosnopeutta oikeissa tilanteissa.

5.9 Luistokulma

Luistokulman mittaus on mahdollista joissain tiedonkeruulaitteissa, kuten Racelogicin DriftBoxissa. Luisto kulmantietäminen on erityisen tärkeää harrastettaessa ns. driftausta. Luistokulmasta nähdään, kuinka monen asteen kulmassa auto on mennyt menosuuntaan nähden.

5.10 Jousitus

Jotta jousituksesta saadaan tietoja, tulee sinne viritellä erilaisia antureita. Jousitukseen saadaan laitettua esim. iskunvaimentimen liikkeen mittaava anturi sekä jousikuorman mittaava anturi. Iskunvaimentimen liikkeestä näkee, kuinka paljon auto joustaa. Jousikuormasta taas, kuinka paljon painoa mihinkin kulmaan kohdistuu. Jousituksesta saatavat tiedot ovat tärkeitä silloin, kun säädetään alustaa. Antureista selviää, millaisille voimille jousitus kohdistuu radalla, mikä jousituksessa ei mahdollisesti toimi ja mihin suuntaan alustaa tulisi lähteä säätämään.

6 MITTAUKSET

Mittaukset tehtiin kesällä 2009 Honda Integra Type-R:llä ajetuista rata-kierroksista. Mittaukset tapahtuivat Racelogicin PerformanceBoxilla. Mittauksia autolla tehtiin Suomessa neljällä radalla, Ahvenistolla, Alastarolla, Jurvassa ja Seinäjoella. Mutta jotta tästä insinööriyöstä ei tulisi liian laaja, päätin keskittyä vain Ahvenistolla tehtyihin mittausiin. Ahvenistoon siksi koska rata on mielestäni siellä haastavin, siinä on eniten mutkia ja mittauksia siellä tehtiin kahtena eri päivänä, joten niiden tuloksia voi helposti vertailla keskenään.

6.1 PerformanceBox

PerformanceBox on yksi Racelogicin halvimmasta päästä olevista laitteista, mutta soveltuu hyvin ajo-tapahtumien mittaamiseen. Verrattuna kalliimpiin Racelogicin

tuotteisiin PerformanceBoxissa on vähemmän ominaisuuksia. Mittaukset tapahtuvat lähinnä vain laitteen sisällä sijaitsevilla GPS-vastaanottimella ja kiihtyvyyssanturilla. GPS-tallennus tarkkuus on 10 Hz, joten se tallentaa GPS-sijainnin 10 kertaa sekunnissa. Laitteesta puuttuu auton CAN-väylä/OBD lukumahdollisuus. Näin ollen sillä pystyy tarkastelemaan ajotapahtumaa vain rajallisesti. Sillä saa kuitenkin selville kuljettajan ajo-linjat, nopeudet sekä jarrutuksenaloituskohdan. Tarkemmat kuljettajan tekemät liikkeet jäävät kuitenkin selvittämättä.

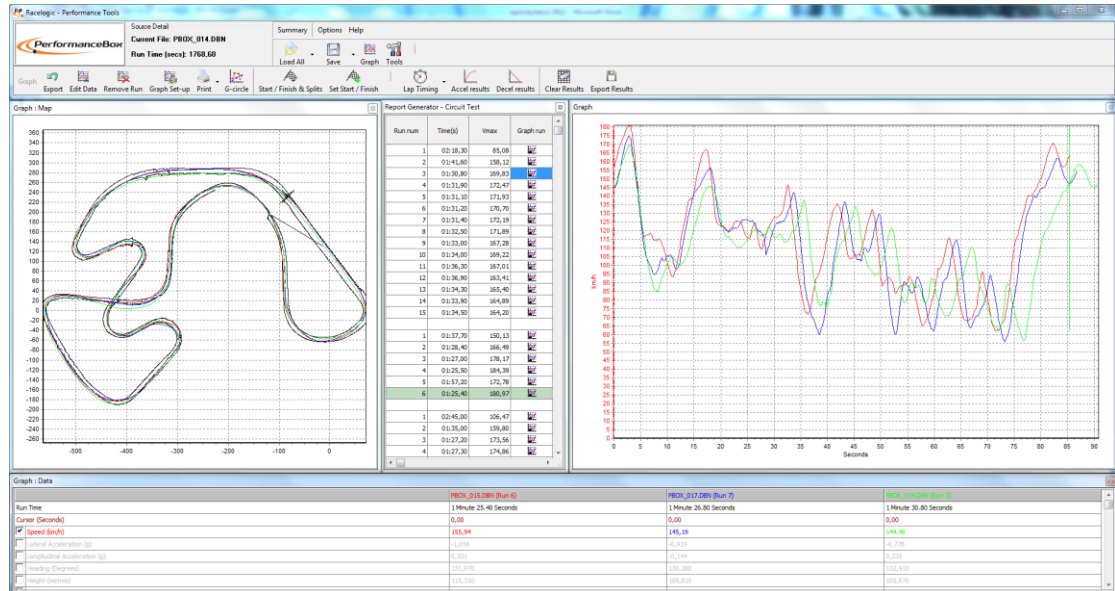


KUVA 22. PerformanceBox

6.2 Performance tools

Käytin mitatun datan tarkasteluun Racelogicin Performance tools-ohjelmaa. Ohjelma soveltuu hyvin ainakin PerformanceBoxilla mitatun datan tulkintaan ja on helppo käyttää. Ohjelman valikot ovat englanninkielisiä ja sijaitsevat näytön yläreunassa. Valikosta löytää helposti tarvittavat kohdat, ja valikossa siinä ei ole paljon ylimääräisiä kohtia. Kun ohjelmaa käytetään, siihen tulee ladata haluttu mittaus. Kun mittaus on latautunut ohjelmaan, tulee mittauksesta esiin GPS-kuvaaja, graafinen kuvaaja sekä valikko, josta saa valittua, mitä tietoa graafinen kuvaaja näyttää. Graafiseen kuvaajan arvot saa näkymään joko ajan tai matkan funktiona. Itse käytin kuvaajassa vain nopeuskäyrää, mutta siihen oli mahdollista saada näkymään muitakin arvoja, kuten esim. pitkittäis- ja poikittäis- g-voimat. GPS-kuvaajaan saa liitettyä rataprofiilin, jos tiedonkeruulaitteella on sellaisen mitannut. Ohjelma pystyy laskemaan kierrosajat, kunhan valitsee aluksi pisteen radalta, jota käytetään mittauksissa lähtö/maali pisteenä. Kierrosaikojen lisäksi ohjelman saa laskemaan väliaikatietoja kierroksilla. Väliaikamit-

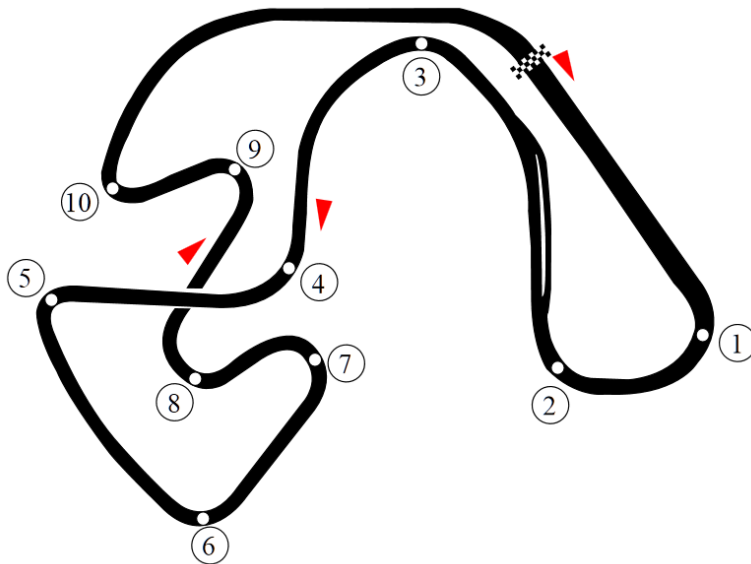
tauspisteitä saa ohjelmalla laittaa yhteensä kuusi. Väliaikamittauksissa ohjelma näyttää, millä ajan hetkellä eri kierroksilla on oltu eri mittapisteissä. Ohjelmalla saa valittua erilliseen tarkasteluun yhden tai useamman kierroksen kerrallaan. Näin pystytään vertailemaan kahden kierroksen ajotapoja keskenään. Itse opin käyttämään laitetta melko nopeasti ja käyttämisessä ei tullut eteen mitään suurempia haasteita.



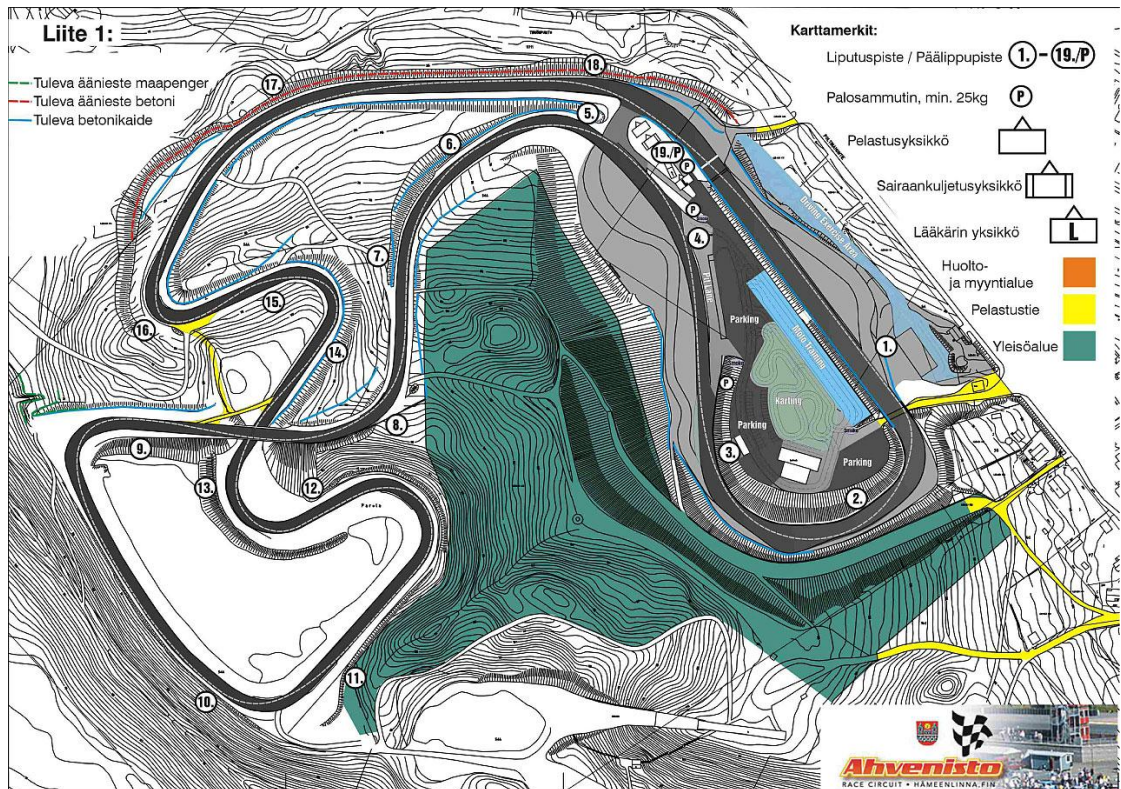
KUVA 23. Performance tools.

6.3 Ahvenisto

Ahvenisto on Hämeenlinnassa sijaitseva moottorirata, joka on ollut käytössä vuodesta 1967 asti. Rata on 3,04km pitkä, leveys sillä vaihtelee 9 ja 17 metrin väillä ja siinä on kymmenen mutkaa. Rataennätys on tällä hetkellä 1.10,00, jonka ajoi Keke Rosberg Williams FW07 formula-autolla 12.08.84. [1]



KUVA 24. Ahveniston radan mutkat numeroituina



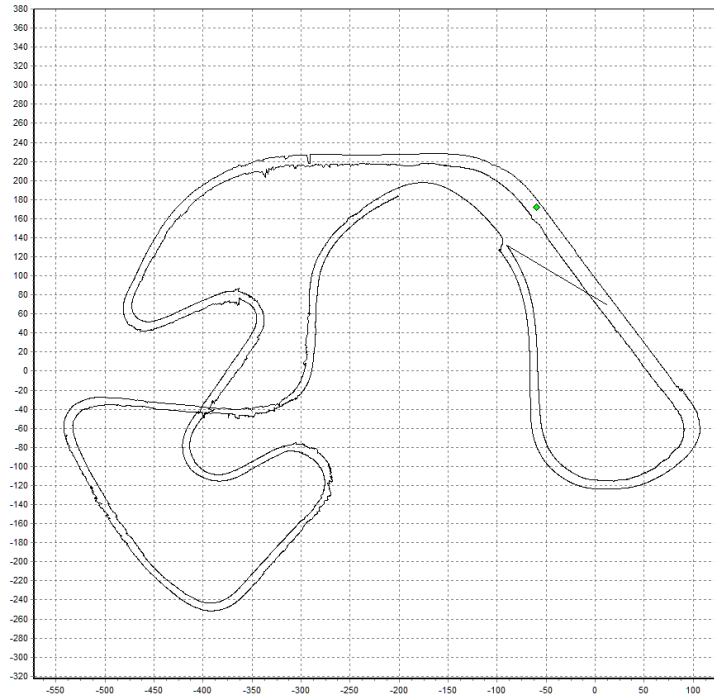
KUVA 25. Ahveniston rata. [1]

7 TULOKSET

Ahvenistolla saatuja mittaustuloksia PerformanceBoxilla 13.5.2009 ja 5.9.2009

7.1 Rataprofiili

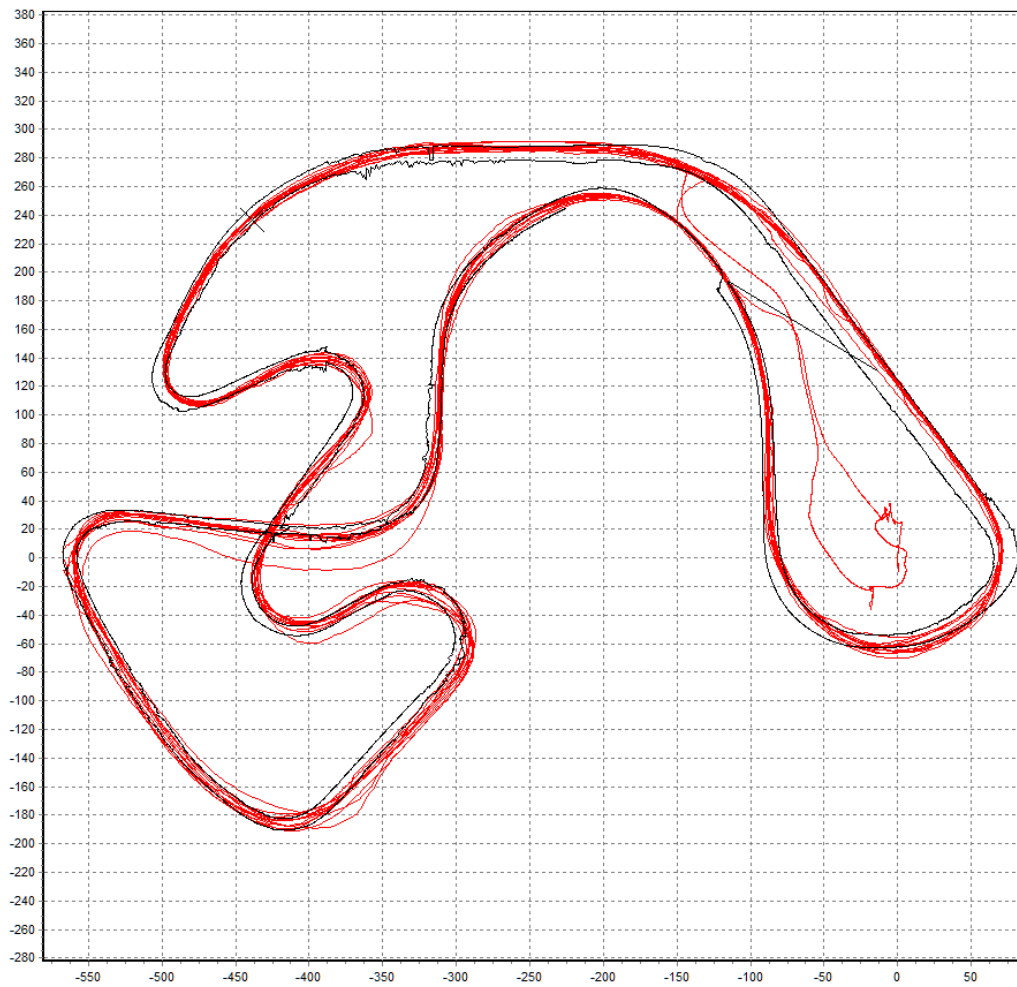
Radanprofiili on tehty PerformanceBoxin radanmallinnuksella



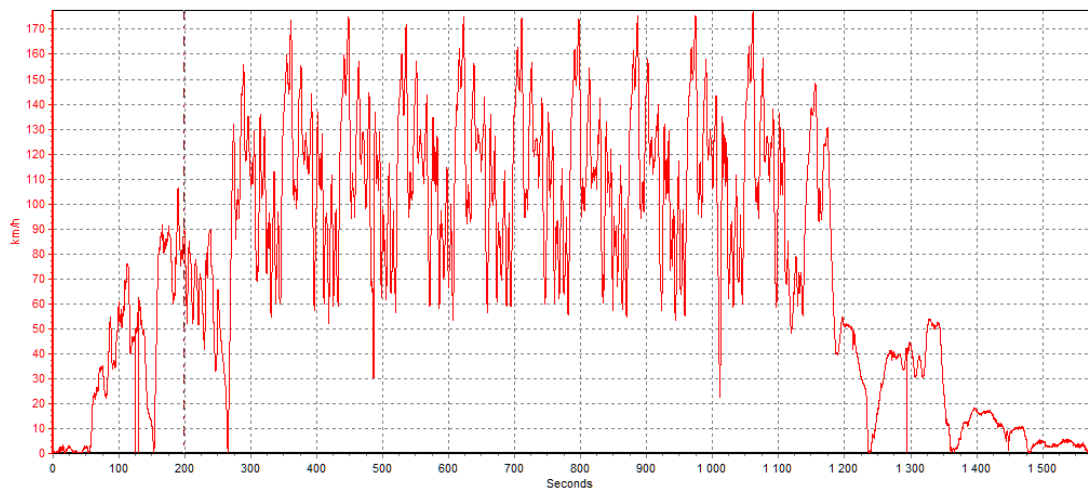
KUVA 26. Rataprofiili, Ahvenisto.

7.2 13.5.2009 tehdyt mittaukset

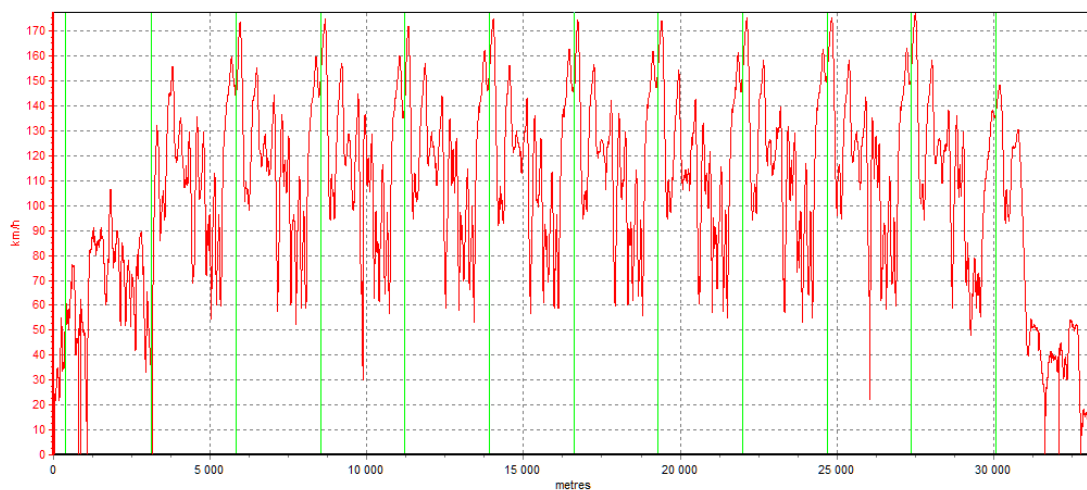
13.5.2009 Ahvenistolla suoritettiin useita eri mittauksia, mutta valitsin tarkkailun kohteeksi mittauksen, jossa ajettiin 10 kierrosta putkeen.



KUVA 27. GPS-kuva 13.05.2009, Ahvenistolla 10 kierrosta.



KUVA 28. Nopeus-/aikakuvaaja kaikista kierroksista



KUVA 29. Nopeus-/matkakuvaaja kaikista kierroksista.

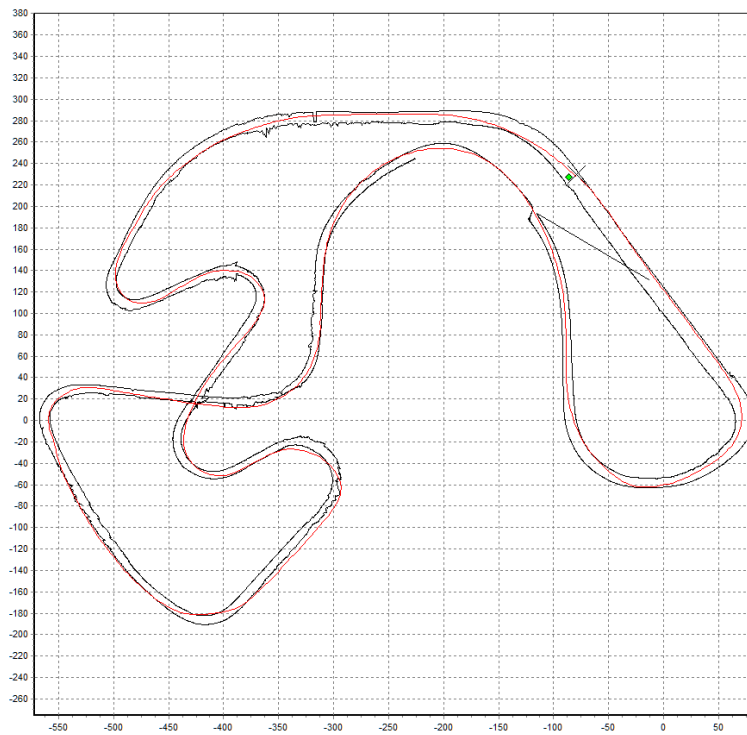
7.2.1 Kierrosajat

| Run num | Time(s) | Vmax |
|---------|----------|--------|
| 1 | 02:46,80 | 106,47 |
| 2 | 01:33,10 | 159,80 |
| 3 | 01:27,20 | 173,56 |
| 4 | 01:27,30 | 174,86 |
| 5 | 01:27,30 | 171,94 |
| 6 | 01:27,80 | 174,91 |
| 7 | 01:26,80 | 174,70 |
| 8 | 01:29,00 | 174,14 |
| 9 | 01:27,90 | 175,35 |
| 10 | 01:27,00 | 175,52 |
| 11 | 01:34,60 | 177,57 |

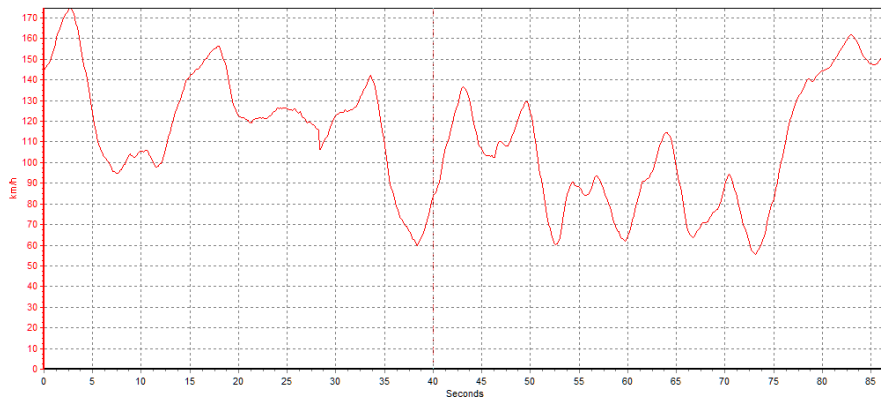
TAULUKKO 1. Kierrosajat ja huippunopeudet kierroksilla

7.2.2 Nopein kierros

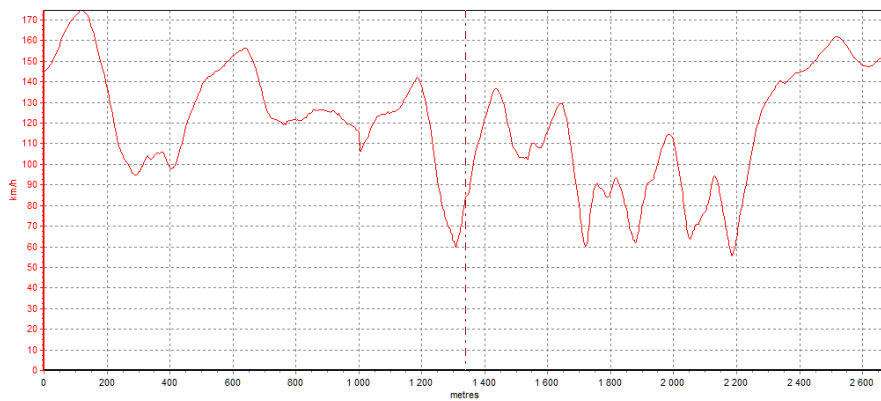
Paras kierrosaika 10 kierroksen aikana oli 1:26,8 ja huippunopeus sillä 174,7 km/h



KUVA 30. GPS-kuva nopeimmasta kierroksesta

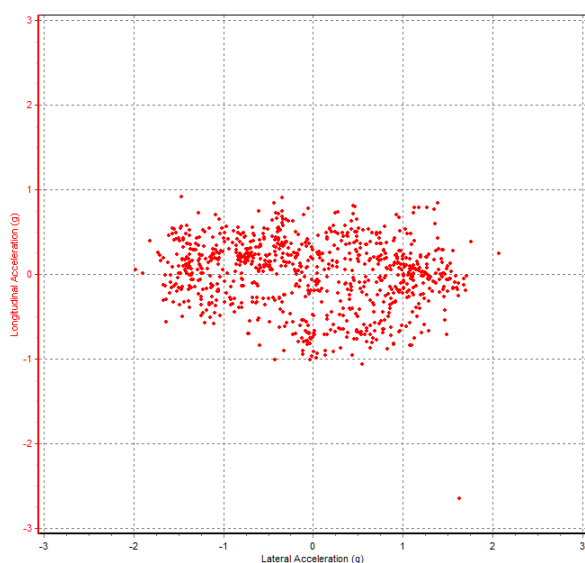


KUVA 31. Nopeus/aikakuvaaja



KUVA 32. Nopeus/matkakuvaaja

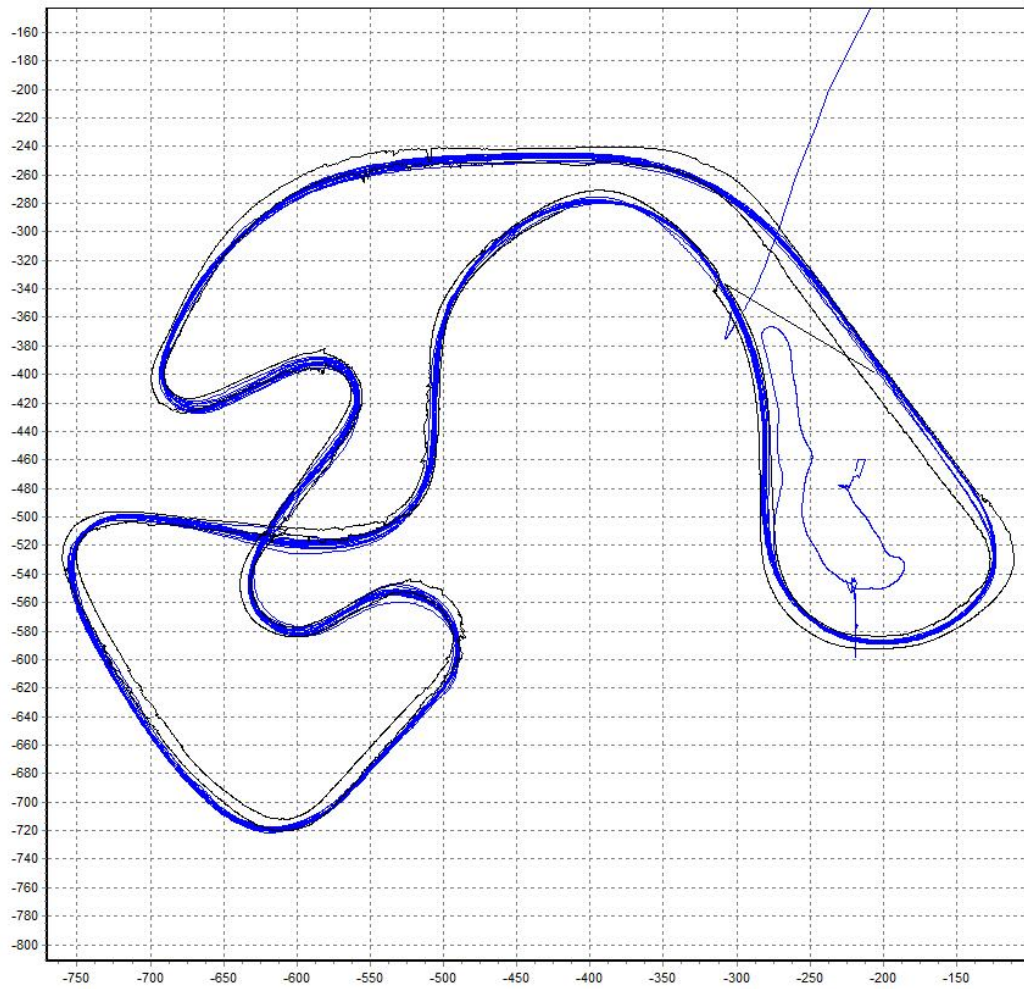
7.2.3 G-voimat



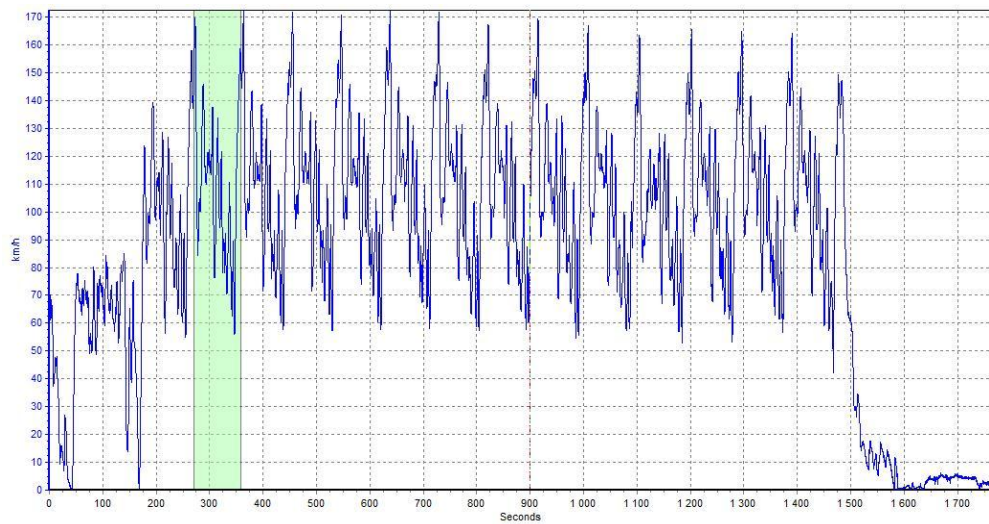
KUVA 33. Parhaan kierroksen G-voimaympyrä

7.3 05.09.2009 tehdyt mittaukset

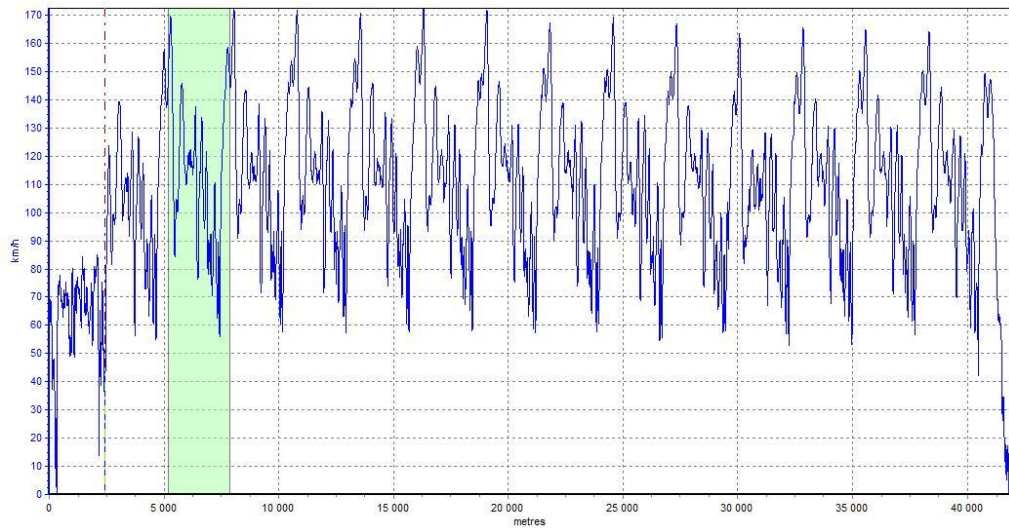
5.9.2009 Kuljettaja palasi Ahvenistolle Honda Integralla ja ajoi taas useita vetoja rataa ympäri. Valitsin tarkastelun kohteeksi vedon jossa ajettiin 14 kierrosta. Koska kierroksia on niin monta, pääsee niitä tulkitsemaan helpommin.



KUVA 34. GPS-kuva 05.09.2009 Ahvenistolla 14 kierrosta



KUVA 35. Nopeus/aikakuvaaja



KUVA 36. Nopeus/matkakuvaaja

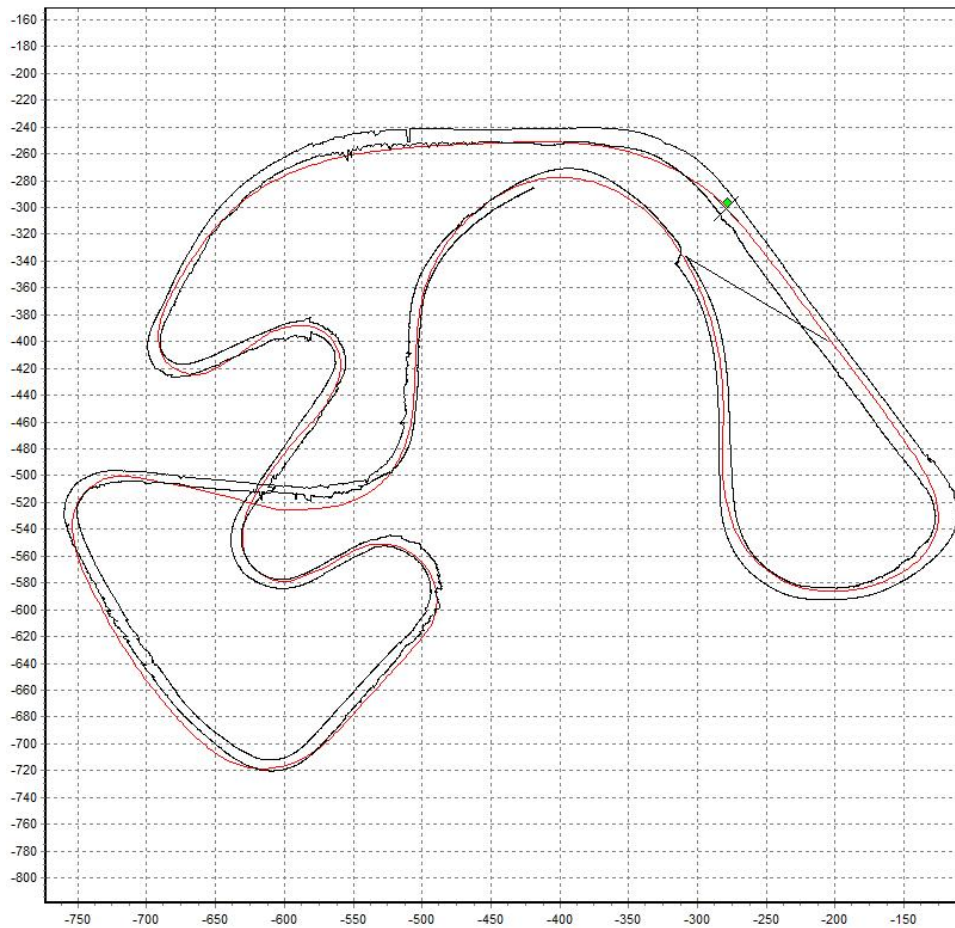
7.3.1 Kierrosajat

| Run num | Time(s) | Vmax |
|---------|----------|--------|
| 1 | 02:18,50 | 85,08 |
| 2 | 01:41,40 | 158,12 |
| 3 | 01:30,80 | 169,83 |
| 4 | 01:31,90 | 172,47 |
| 5 | 01:31,10 | 171,93 |
| 6 | 01:31,20 | 170,70 |
| 7 | 01:31,40 | 172,19 |
| 8 | 01:32,50 | 171,89 |
| 9 | 01:33,00 | 167,28 |
| 10 | 01:34,00 | 169,22 |
| 11 | 01:36,30 | 167,01 |
| 12 | 01:36,90 | 163,41 |
| 13 | 01:34,30 | 165,40 |
| 14 | 01:33,90 | 164,89 |
| 15 | 01:34,50 | 164,20 |

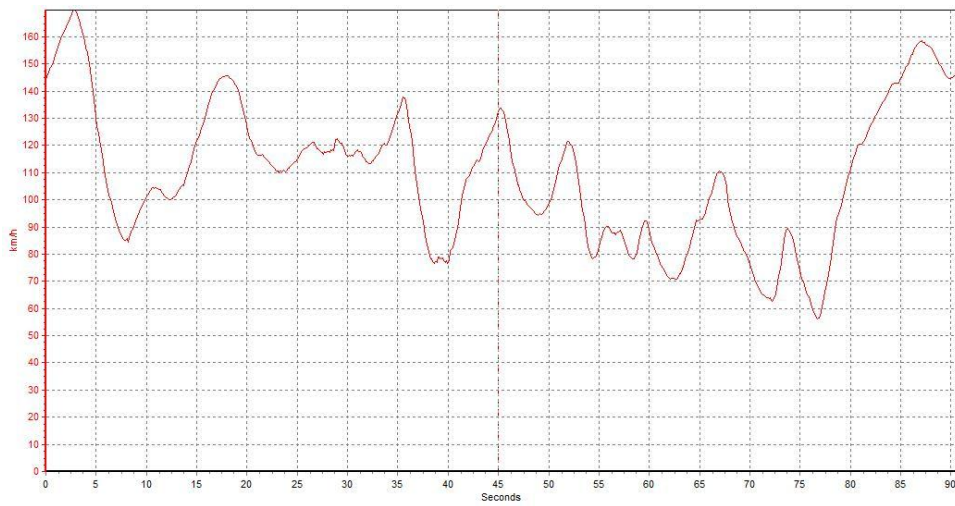
TAULUKKO 2. Kierrosajat ja huippunopeudet kierroksilla

7.3.2 Nopein kierros

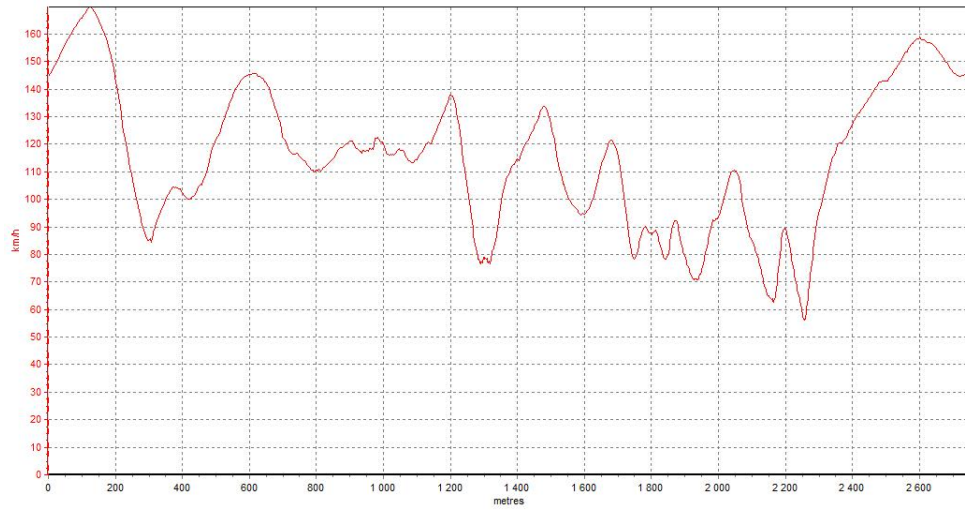
Nopein kierrosaika oli 14 kierroksen aikana oli 1:30,8 ja huippunopeus sen aikana oli 169,83



KUVA 37. GPS-kuva

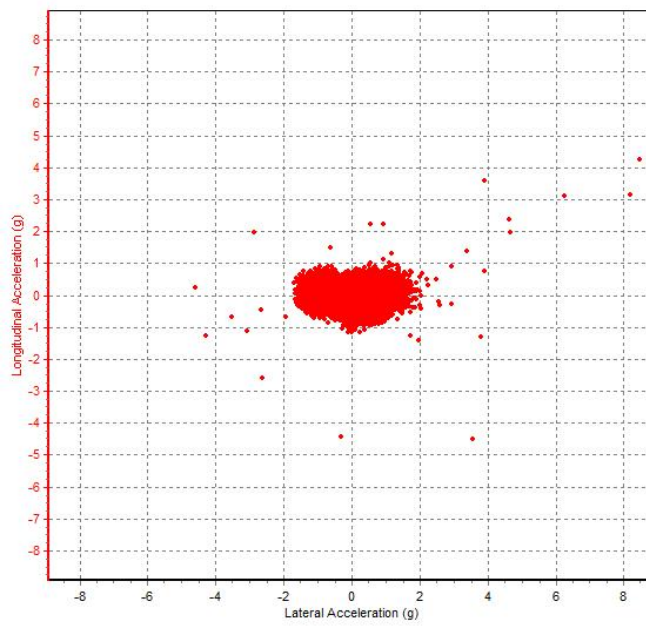


KUVA 38. Nopeus/aikakuvaaja

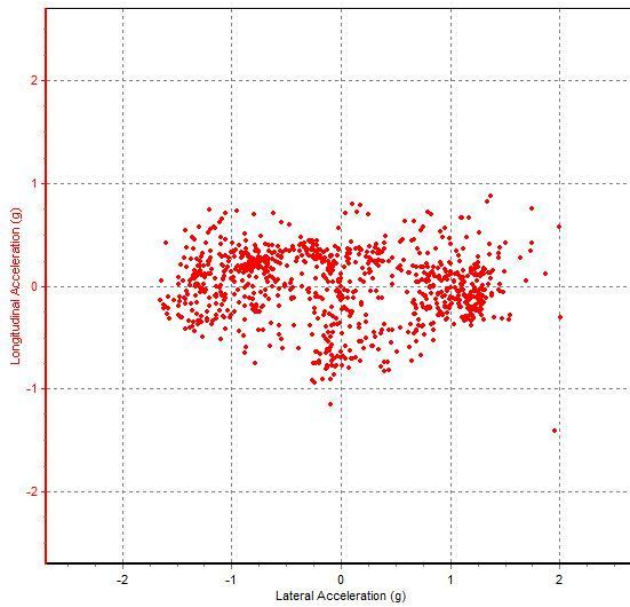


KUVA 39. Nopeus/matkakuvajaaja

7.3.3 G-voimaympyrä



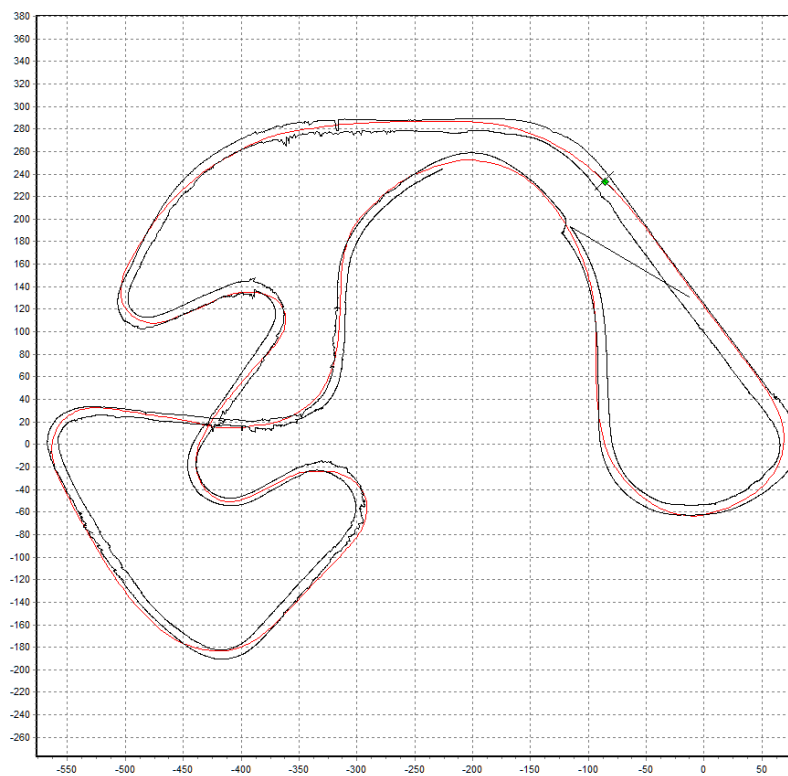
KUVA 40. 14 kierroksen G-voimaympyrä (suurempi tarkkailu alue)



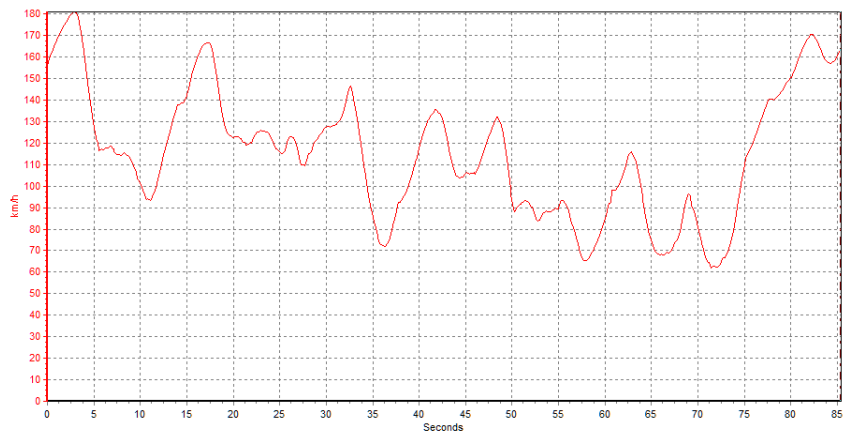
KUVA 41. 14 kierroksen G-voimaympyrä (pienempi tarkkailu alue)

7.4 Kaikista nopein kierros 1:25,4

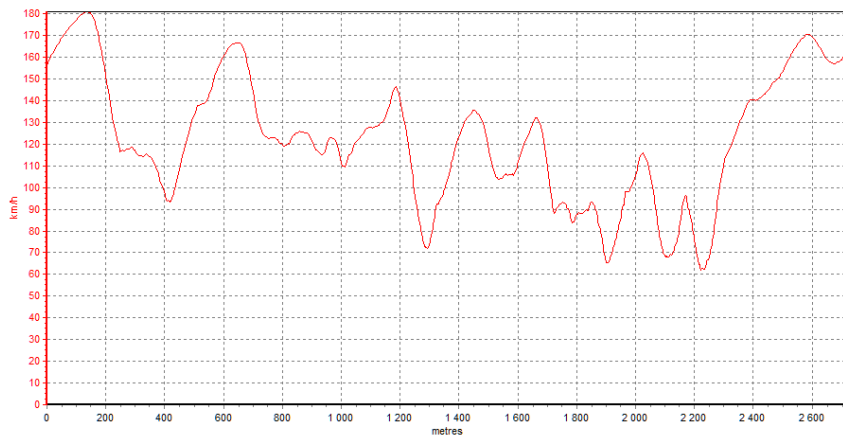
Kaikista nopein kierros ajettiin 13.05.2009 harjoituskierroksella, jolloin ajaksi tuli 1:25,4. Kierroksia mittauskerralla oli kuusi, joten muita kierroksia ei otettu mukaan vertailuun niiden vähyyden takia. 05.09.2009 päästiin aika lähelle samaa aikaa, ajalla 1:25,8 harjoituskierroksella.



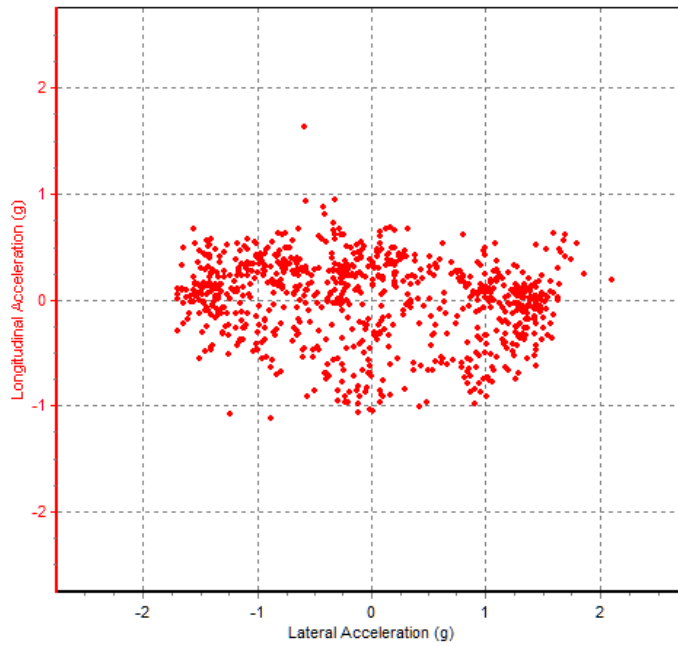
KUVA 42. GPS-kuva



KUVA 43. Nopeus/aikakuvaaja



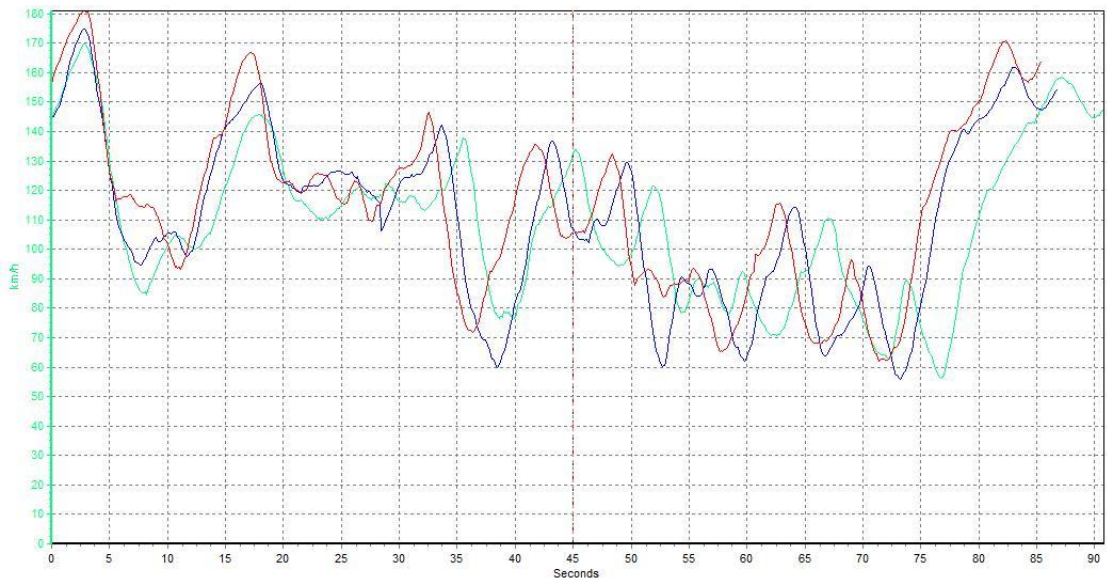
KUVA 44. Nopeus/matkakuvaaja



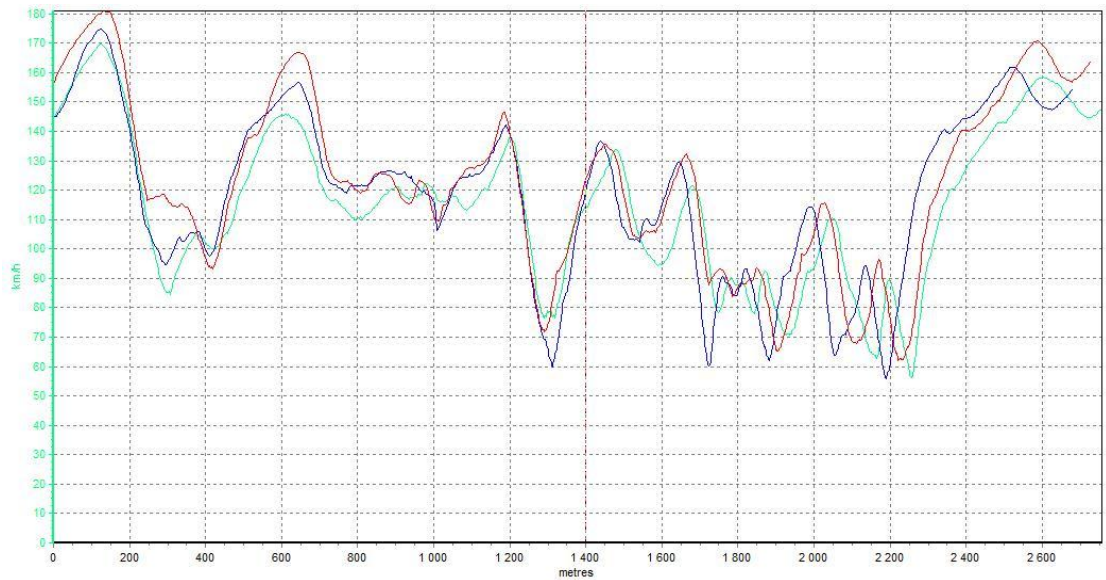
KUVA 45. G-voimaympyrä 1:25,4

7.5 Kaikkien nopeinten kierrosten vertailu

Vertailuun valitsin kaikki käsitellyt nopeimmat kierrokset. 13.05.09 mitatut 1:26,8 (sininen) ja 1:25,4 (punainen), sekä 05.09.09 mitattu 1:30,8 (vihreä)

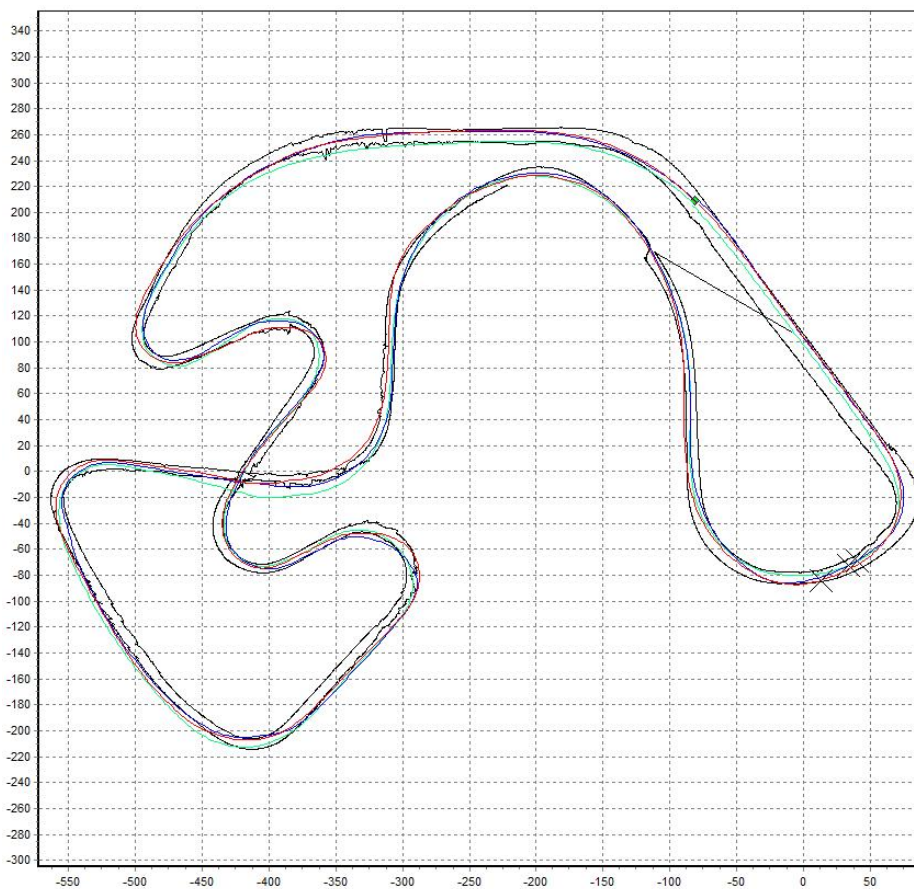


KUVA 46. Nopeus/aikavertailu

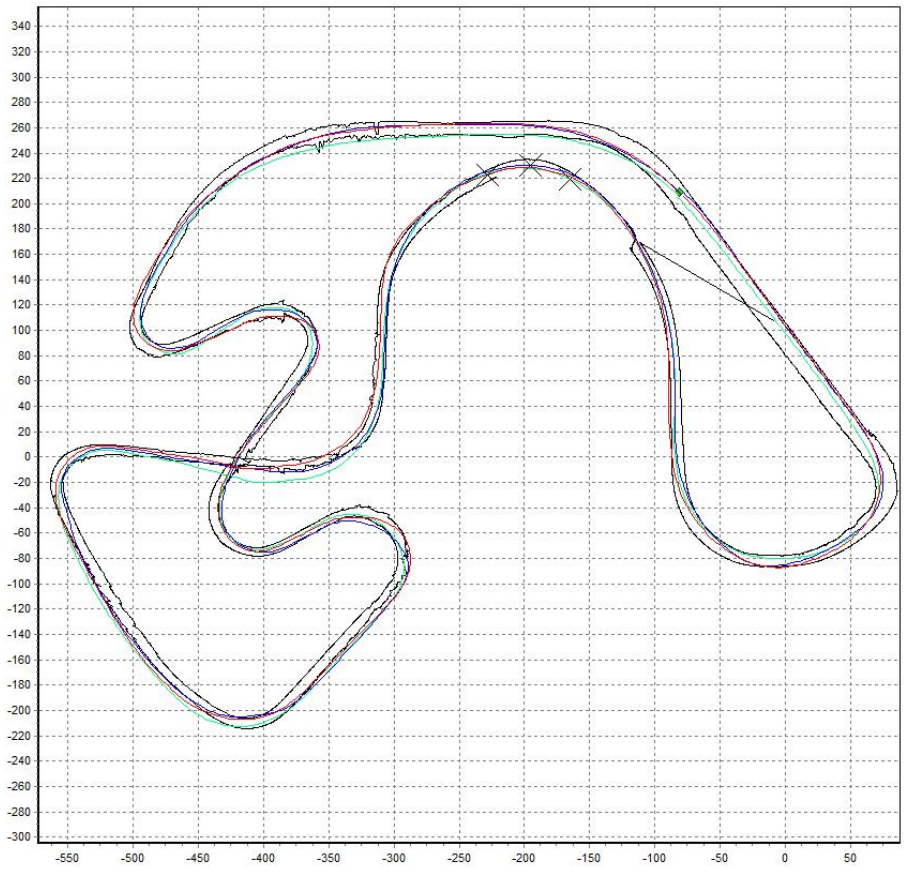


KUVA 47. Nopeus/matkavertailu

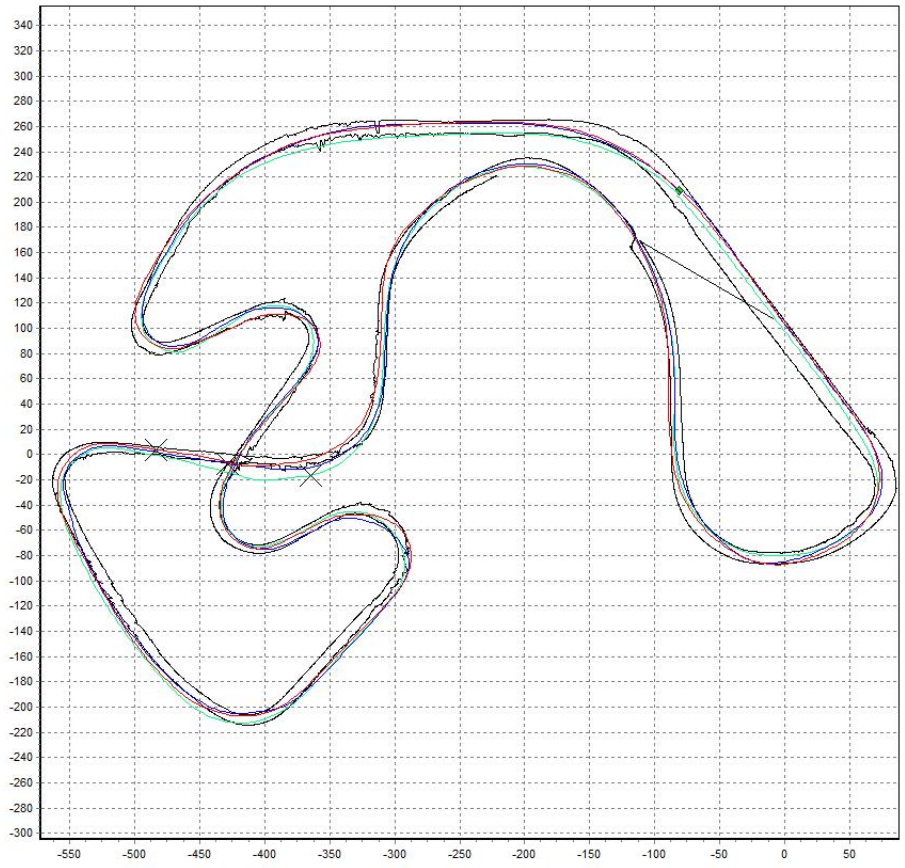
Seuraavaksi kuvasarja, jossa on GPS-kuvat ajan eri hetkinä. Näissä kuvissa näemme, missä kohtaa autot ovat liikkuneet toisiinsa nähden. Aivan kuin ne olisivat lähteneet samaan aikaan maaliviivalta.



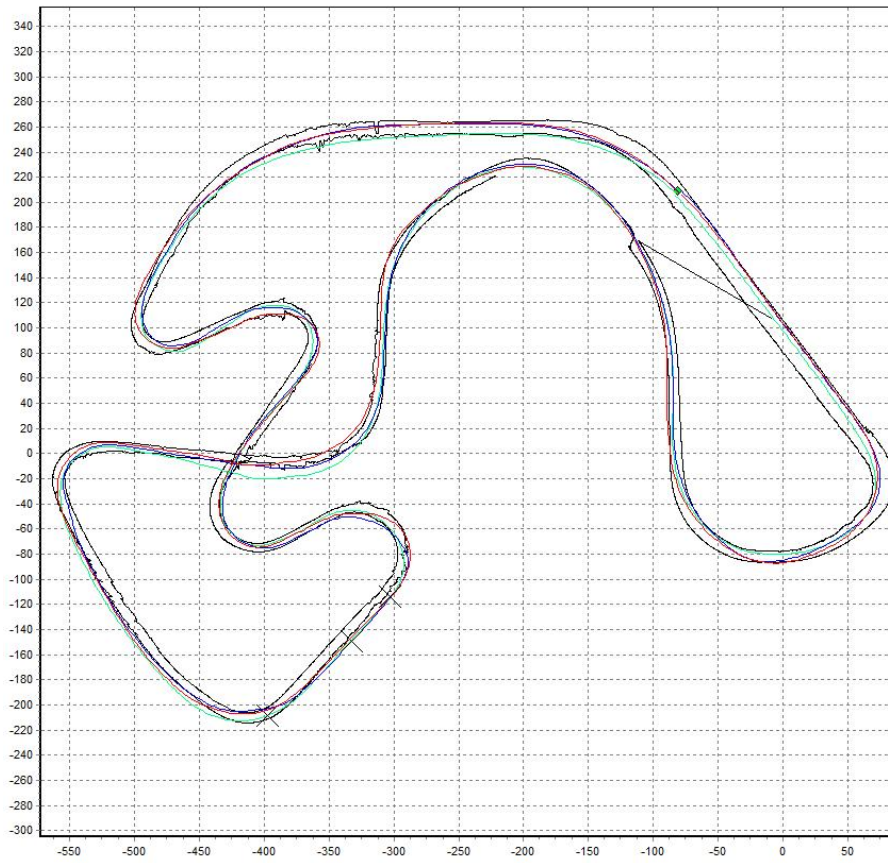
KUVA 48. GPS/aikavertailukuva 1



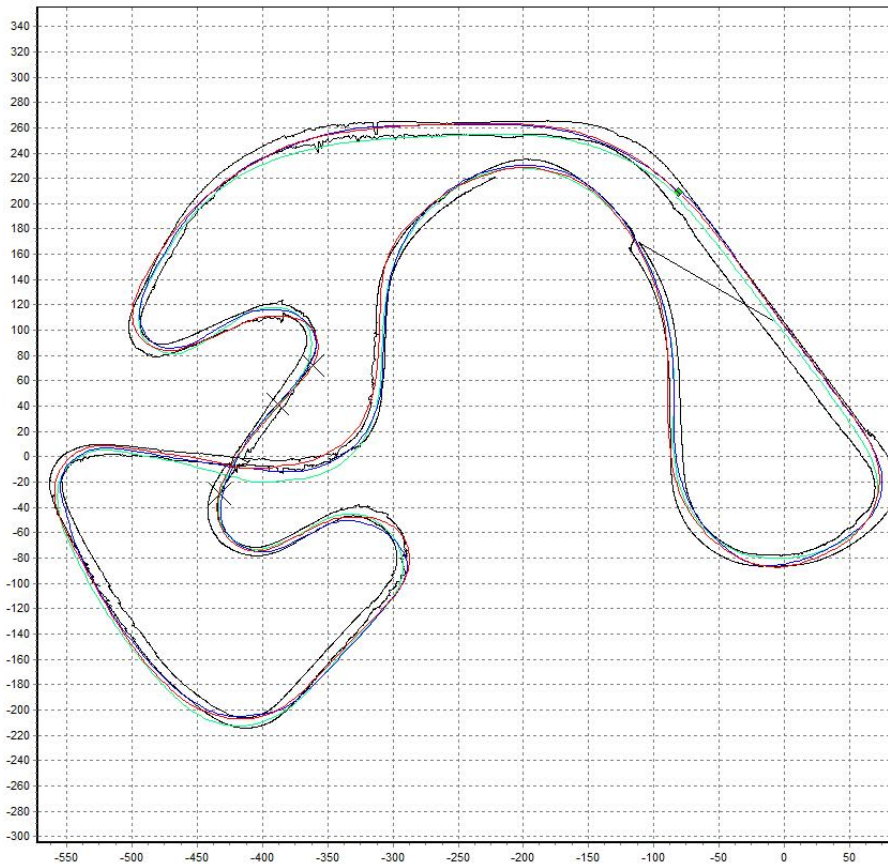
KUVA 49. GPS/aikavertailukuva 2



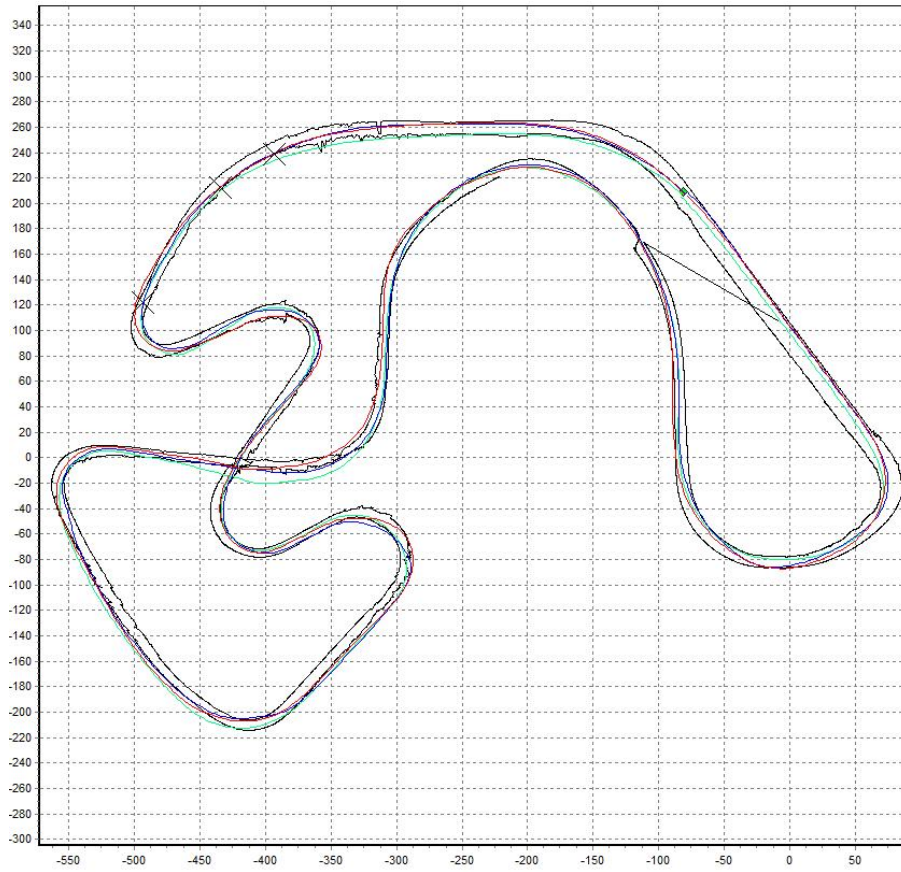
KUVA 50. GPS/aikavertailukuva 3



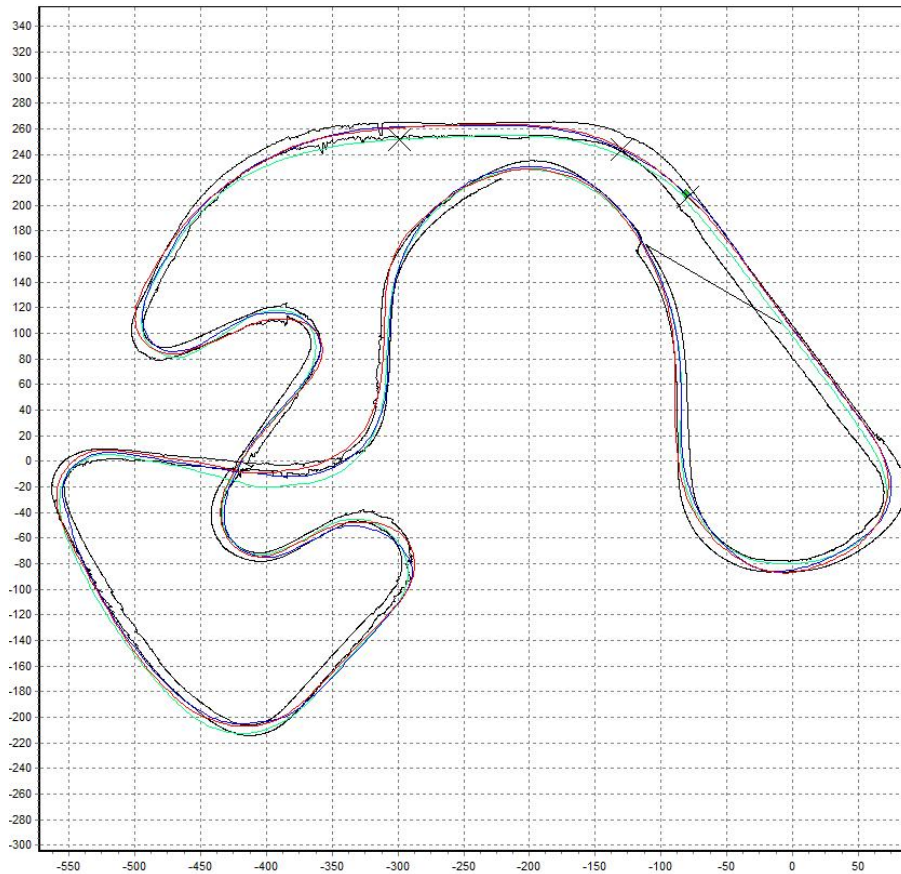
KUVA 51. GPS/aikavertailukuva 4



KUVA 52. GPS/aikavertailukuva 5



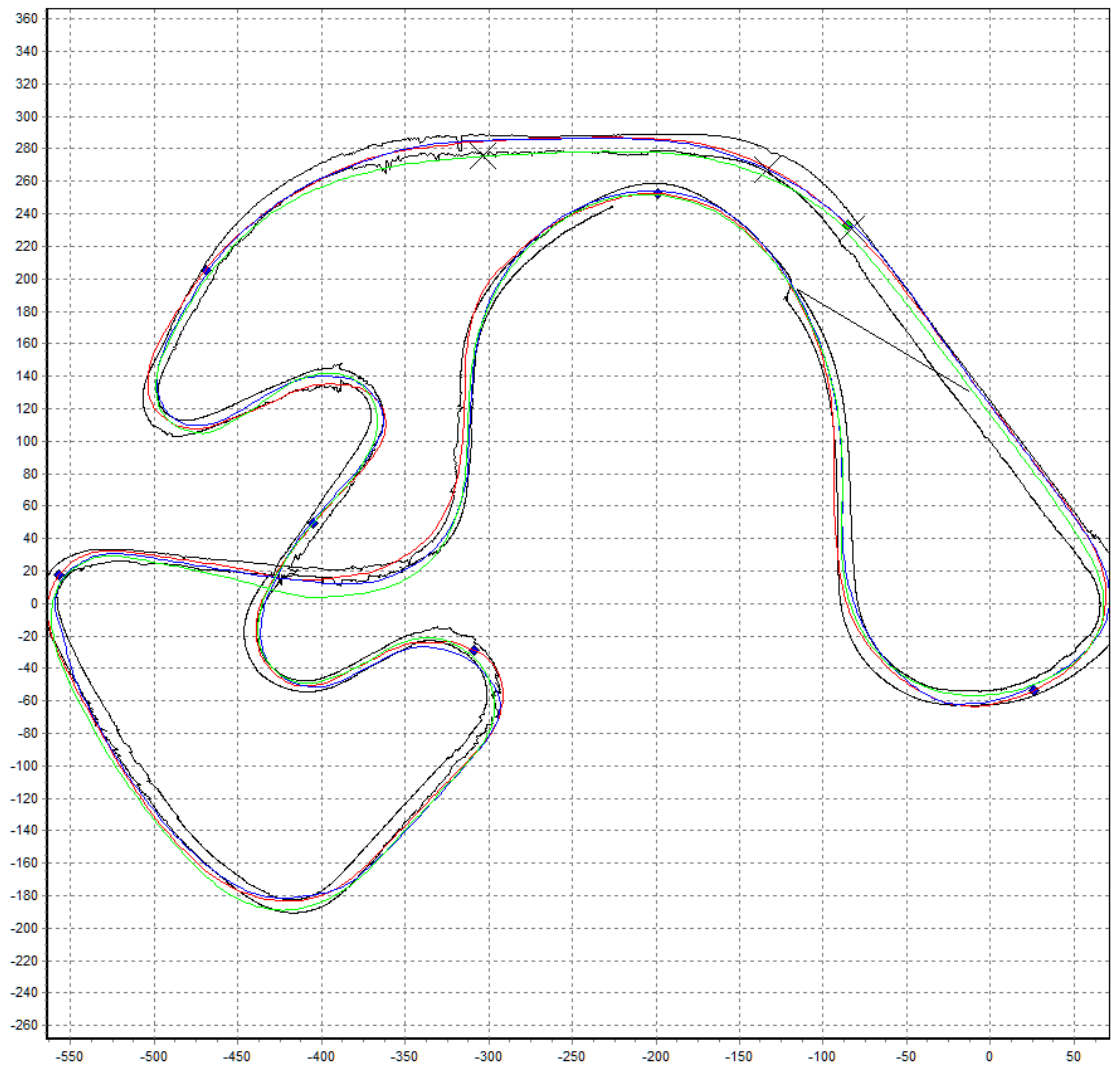
KUVA 53. GPS/aikavertailukuva 6



KUVA 54. GPS/aikavertailukuva 7

7.5.1 Kaikkien nopeiden kierrosten väliajat

Väliaikamittauksista selviää, milloin milläkin kierroksella kuljettaja on ollut eri väliaikamittauspisteiden kohdalla radalla. Kuvassa 55 on väliaikamittauspisteet sinisinä pilkkuina radalla. Taulukossa 3 on eri kierrosten väliajat ja taulukossa 4 on kahden hitaamman kierroksen erot nopeimpaan kierrokseen nähden mittauspisteillä.



KUVA 55. Väliaikamittauspisteet

| Time(s) | Split Names | Time(s) | Split Names | Time(s) | Split Names |
|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| 0 | Line Start | 0 | Line Start | 0 | Line Start |
| 00:08,80 | Split 1 | 00:09,60 | Split 1 | 00:09,90 | Split 1 |
| 00:20,90 | Split 2 | 00:21,90 | Split 2 | 00:22,90 | Split 2 |
| 00:36,30 | Split 3 | 00:38,00 | Split 3 | 00:39,90 | Split 3 |
| 00:52,50 | Split 4 | 00:54,00 | Split 4 | 00:56,60 | Split 4 |
| 01:01,80 | Split 5 | 01:03,20 | Split 5 | 01:06,30 | Split 5 |
| 01:15,50 | Split 6 | 01:16,80 | Split 6 | 01:20,40 | Split 6 |
| 01:25,40 | Line End | 01:26,80 | Line End | 01:30,80 | Line End |

TAULUKKO 3. Eri kierrosten väliajat

| | Punainen | Sininen | Vihreä |
|---------|----------|---------|--------|
| split 1 | 00:09,0 | -0,8s | -1,1s |
| split 2 | 00:20,9 | -1,0s | -2,0s |
| split 3 | 00:36,3 | -1,7s | -3,6s |
| split 4 | 00:52,5 | -1,5s | -4,1s |
| split 5 | 01:01,8 | -1,4s | -4,5s |
| split 6 | 01:15,5 | -1,3s | -4,9s |
| maali | 01:25,4 | -1,4s | -5,4s |

TAULUKKO 4. Aikaerot mittauspisteillä

8 AJON ANALYSOINTI

Seuraavaksi analysoin kesällä 2009 rata-ajosta saatuja tuloksia. Kuljettajan on pystyttävä ajamaan joka kerta yhdenmukaisia kierroksia, jotta hänen ajoa pystytään parantamaan saatujen tulosten perusteella, lukuun ottamatta selviä virheitä, jotka kuljettaja itse tiedostaa. Jos kuljettaja ajaa joka kerta eri tavalla kierroksen ja hänellä ei ole tiettyä ajotapaa eli GPS-kuvaajasta katsottuna ajolinjat ovat täysin erilaisia, täytyy hänen totutella ajamaan autolla enemmän, jotta hän saa ajamiseen oikean idean. Kun kuljettaja sitten löytää oman ajotapansa ja pystyy ajamaan jokaisen kierroksen samalla tavalla, saadaan tiedonkeruusta saatujen tietojen perusteella muutettua hänen tekemä ajotapa nopeammaksi ja ajoa hidastavat tavat karsittua pois.

8.1 Kolmen ajon vertailu

Seuraavaksi olen ottanut tarkempaan vertailuun kolme kohtaa radalta, yhden helpon kurvin, yhden yhdistelmä kurvin ja yhden kovavauhtisen. Näistä käyn läpi eri kierrosten ajolinjoja ja nopeuksia käyttäen avuksi GPS-kuvaa ja nopeus/matkakuvaajaa. Kuten mittaustuloksissa aiemmin, ovat kierrosten värit samat, 1:30,8 on vihreä, 1:26,8 on sininen ja 1:25,4 on punainen. Käyn vielä läpi, mitä eroja linjoilla on ja miten ne vaikuttavat lopputulokseen.

8.1.1 Kovavauhtinen kaarre

Kovavauhtiseksi kaarteeksi valitsin ensimmäisen kurvin. Siihen tullaan pitkältä suoralta ja kaarteessa vauhti pysyy loivuudesta johtuen 100km/h paikkeilla.

Jarrutus kaarteeseen

Koska kaarteeseen ajamiseen vaikuttaa jo ennen itse kaarretta tapahtuvat asiat, tulee kaarteeseen ajon tulkinta aloittaa jo edelliseltä suoralta. Nopeus/matkakäyrästä nähdään, mitä vauhtia edeltävällä suoralla milläkin kierroksella on ajettu. Punaisella kierroksella kuljettaja on ajanut suoralla kovinta nopeutta ja alkanut jarruttamaan myöhemmin kuin kahdella muulla kierroksella. Tästä punaisella kierroksella kuljettaja saakin jo etumatkaa muihin. Koska jarruttaminen on aloitettu myöhemmin, on kuljettaja punaisella kierroksella ensimmäisenä mutkassa. Vauhti ei saa mutkaan tultaessa vaan olla liian kova, jotta mutkan ajolinja ei mene pieleen, mutta palataan vielä muiden kierrosten mutkaan tulojarrutukseen. Vihreällä kierroksella kuljettaja on jo löysäillyt vauhtia jo ennen jarrituksen aloittamista verrattuna siniseen käyrään ja ei ole aloittanut jarrutusta niin räväkästi kuin kahdella muulla kierroksella. Tällä tavalla ei käytetä jarruja täysin hyväksi ja hukataan kallista aikaa.

Kaarteeseen ajaminen

GPS-kuvaa katsoessa huomataan, että kaarteeseen tultaessa sinisellä ja punaisella kierroksilla kuljettaja tulee lähes samaa linjaa suoralta. Hän tulee radan vasenta reunaa, kun taas vihreällä kierroksella keskemmältä. Punaisella ja sinisellä kierroksella kuljet-

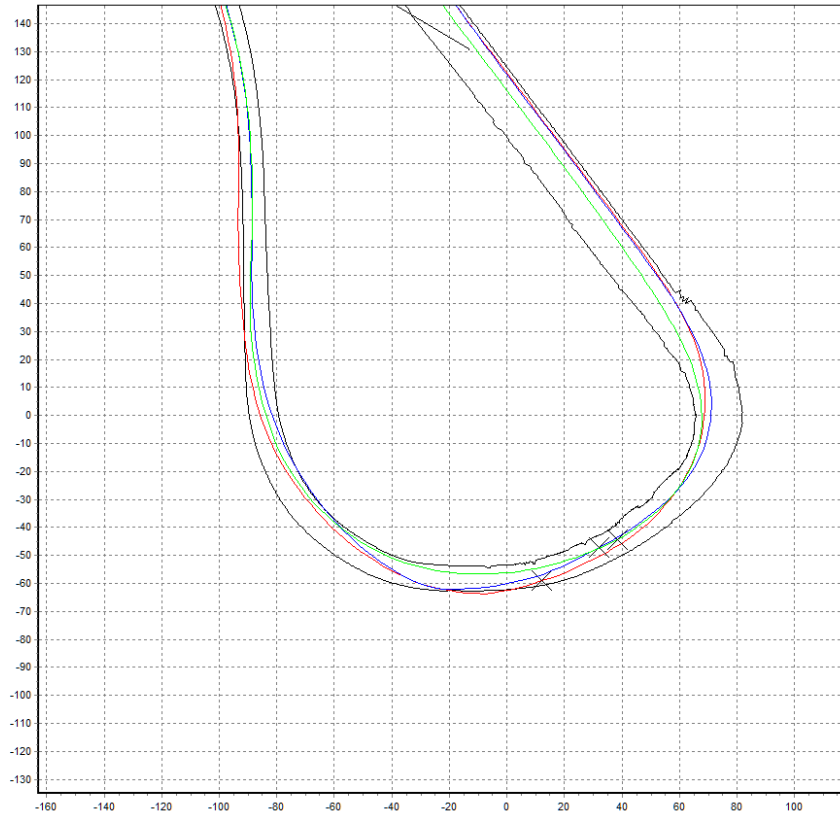
taja pääsee kääntämään kaarteeseen loivemmin ja säilyttää nopeuden paremmin kuin vihreällä kierroksella. Punaisella ja sinisellä ajolinjalla on myös eroja tullessa ensimmäiseen kaarteeseen. Punaisella kierroksella kuljettaja tulee selvästi kovemmalla vauhdilla n.120km/h ja leikkaa jyrkemmin kaarteeseen. Tämä kostautuu kuljettajalle ja hänen nopeutensa tippuu vihreän ja sinisen kierroksien nopeuksien alle, siinä kohtaa kun punainen ajolinja menee ihan radan ulkoreunaan. Luultavasti hänen täytyi hiljentää, että auto kestäisi radalla. Tämä kaikki ei kuitenkaan paljon haittaa, koska nopeus putoaa vain vähän alle sinisen ja vihreän ja hän pääsee kiihdyttämään sen jälkeen hyvin seuraavalle suoralle. Sinisellä kierroksella kuljettajan ajolinja menee myös lähelle ulkoreunaa käyttäen tilaa hyvin hyödyksi. Vihreällä kierroksella kuljettaja ajaa kaarteeseen sisäreunaa pitkin käyttämättä tilaa hyödyksi, mutta nopeuskaan ei ole niin kova kuin kahdella muulla kierroksella, niin että tilaa tarvitsisi.

Kaarteesta poistuminen

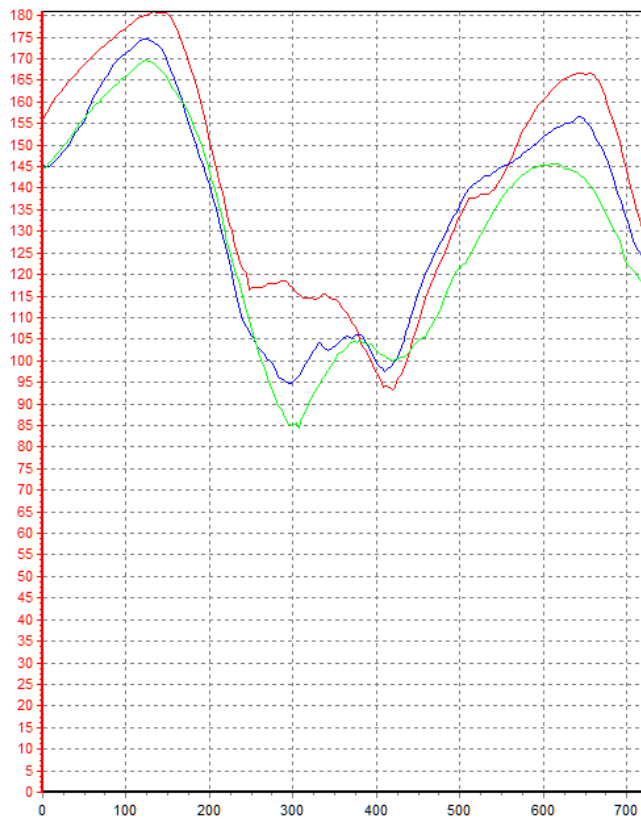
Kaarteesta poistuminen on tärkeää seuraavaa suoraa ajatellen ja on sen takia ehkä kaarteiden tärkein kohta. Kaarteesta tulee pystyä lähtemään kiihdyttämään seuraavalle suoralle mahdollisimman suoraan. Tarkastellaan ensin linjoja GPS-kuvasta. Vihreä linja tulee aivan kaarteeseen sisäreunaa pitkin, ja sillä kohtaa, kun punainen ja sininen linja koskettavat ulkoreunaa, on vihreän linjan nopeus suurin. Kuljettaja pääsee kumminkin kiihdyttämään punaista ja sinistä linjaa paremmin seuraavalle suoralle, joten vihreä linja jää niille kiihdytyksessä jälkeen. Punaisella ja sinisellä kierroksella kuljettaja lähtee kiihdyttämään suoralle hieman eri nopeuksista ja hieman erilaista linjaa, mutta suurempaa eroavaisuutta ei poistumisnopeuksissa synny.

Kovavauhtisen kaarteiden yhteenveto

Sinisellä ja punaisella kierroksella kuljettajalla on ollut hyvät ajolinjat ja osaa käyttää radan hyvin hyödyksi ajaessa radan vasempaan laitaan, ennen kuin alkaa kääntää seuraavalle suoralle. Vihreällä kierroksella kuljettaja yrittää ajaa liian sisäreunaa, joten vauhti hidastuu ja hän ei pääse kiihdyttämään niin suoraa suoralle kuin kahdella muulla kierroksella. Punaisella kierroksella kuljettajalla on niin paljon vauhtia koko mutkan ajan, että se ottaa eroa kahteen muuhun huomattavasti. Sinisen kierroksen ajo tulee hyvänä kakkosena ja vihreällä kierroksella kuljettaja jää ajallisesti sinistäkin jälkeen.



KUVA 56. Kovavauhtinen kaarre, GPS-kuva



KUVA 57. Kovavauhtinen kaarre, nopeus/matkakuvaaja

8.1.2 Helppo kaarre

Seuraavaksi katsotaan, miten kuljettaja on suoriutunut eri kierroksilla yhdestä helposta kaarteesta. Tämä kaarre on ns. 90 asteen kaarre ja sitä edeltää ja sen jälkeen on sisäänpäin kääntyvät kaarteet, joten kuljettajan on helppo tulla ja poistua mutkasta radan ulkoreunaa pitkin. Helppo kurvi on nimensä mukaan helppo ajaa ja sen ajamiseen ei ole kuin yksi oikea tapa.

Kaarteeseen jarruttaminen

Koska hitaalla kierroksella on kertynyt aikaisemmalla kierroksella enemmän matkaa, on nopeus/matkataulukossa vihreälinja kahta muuta hieman jäljessä. Mutkaan tullessa kaikki aloittavat jarruttamisen suurin piirtein samasta nopeudesta ja jarruttavat mutkaan yhtä suurella hidastuvuudella. Jarrutuksessa ei synny eroja lopputuloksen kannalta.

Kaarteeseen ajaminen

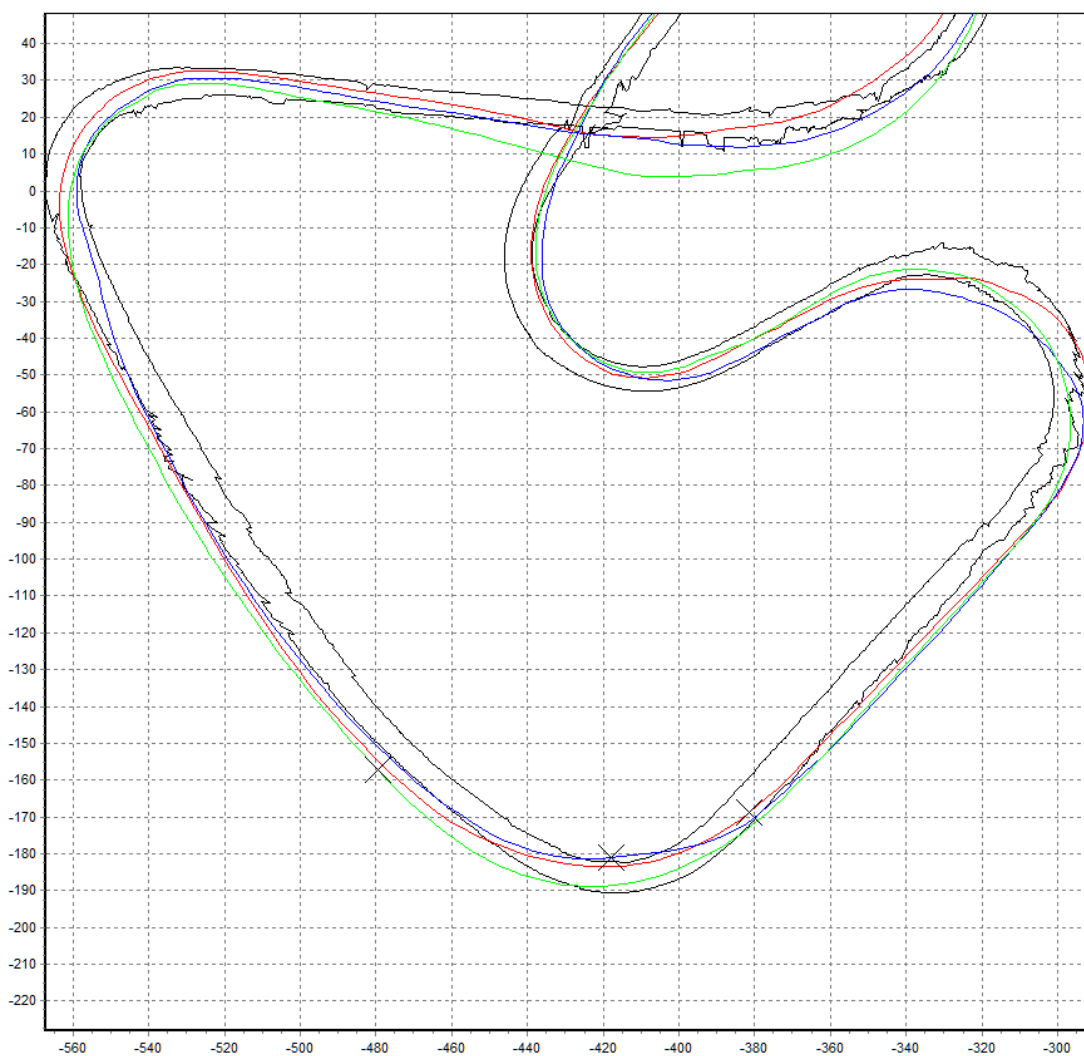
Ajolinjat eroavat kaarteeseen tullessa, eri linjoilla toisistaan. Vihreälinja tulee kaikista uloimpana kaikista, mutta ei oikealle radan sisäreunaan mutkan kohdalla. Tämä hidastaakin vihreän linjan nopeutta ja nopeus putoaa melkein 10km/h kahden muun ajatun linjan alapuolelle. Kahdessa muussa linjassa sen sijaan ei ole suuria eroja. Punainen linja tulee mutkaan hieman ulompaa ja leikkaa vähemmän mutkaan kuin sininen linja, mutta merkittävä ero ei ole, myös nopeudet ovat lähes samat.

Kaarteesta poistuminen

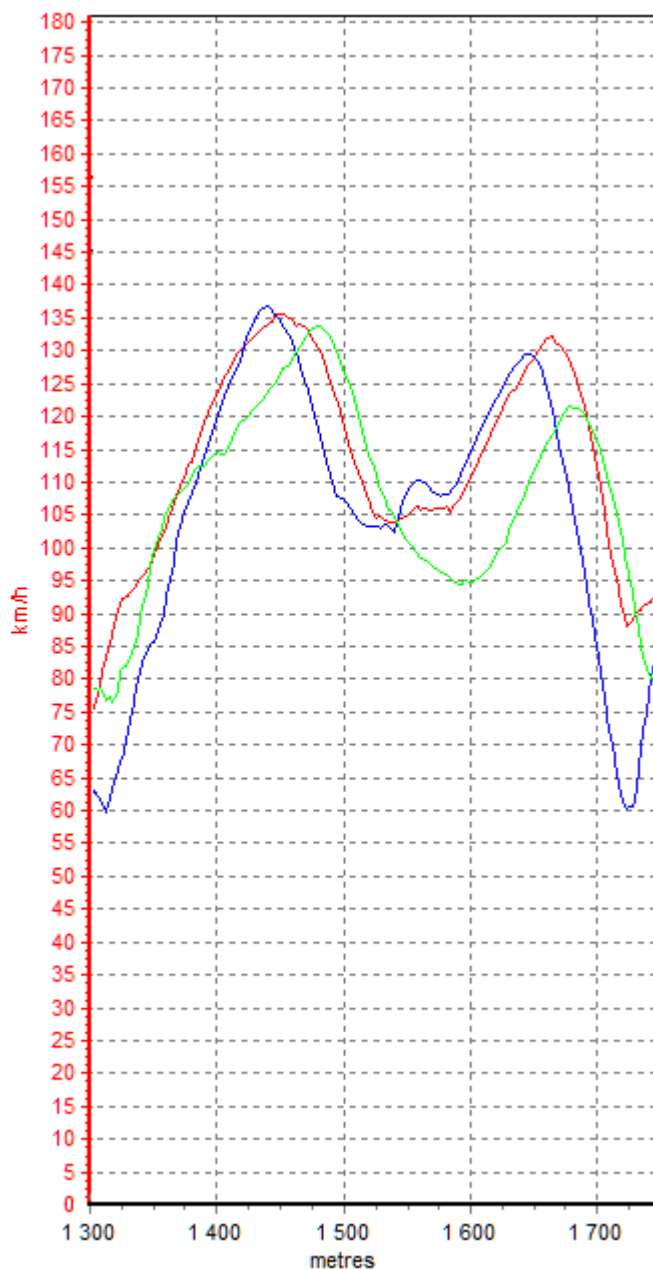
Kuten aikaisemmin mainittu vihreälinjan nopeus tippuu, koska se ei leikkaa kaarteeseen sisäreunasta. Kaarteesta poistuessa se ajaa ulkoreunaan ja lähtee kiihdyttämään. Kiihtyvyys on hyvä kun sen saa alkuun, eli kuljettaja on ajanut silloin todennäköisesti kaasupohjassa. Sininen ja punainen linja ovat tasaisia mutkasta poistuessa. Molemmat ajavat radan ulkoreunaan alkavalle suoralle. Pientä eroa on linjoissa ja nopeuksissa, mutta ei mitään radikaalia.

Helpon kaarteenveto

Kaarteessa ei ole niin paljon tulkittavaa kuin muissa kaarteissa, koska kaarre on hyvin yksinkertainen. Sinisellä ja punaisella kierroksella kaarre on ajettu hyvin tasaisesti ja eroa aikoihin ei niiden välillä synny. Vihreällä kierroksella kaarteenveto on taas ollut niin paljon huonoa, että tulokset herättävät enemmän kysymyksiä kuin vastauksia. Täytyy vain ihmetellä, miten näin yksinkertainen mutka on onnistuttu ajamaan näin huonosti. Luonnollisesti vihreän kierroksen aika jää tässä mutkassa lisää kahdelle muulle.



KUVA 58. Helppokaarre, GPS-kuva



KUVA 59. Helppokaarre, nopeus/matkakuvaaja

8.1.3 Yhdistelmäkaarre

Koska halusin tarkastelun kohteeksi hieman erilaisia mutkia, valitsin viimeiseksi tarkastelu kohteeksi yhdistelmäkaarten. Yhdistelmäkaarre on kaariyhdistelmä, jonka kaarteet ovat niin lähellä toisiaan, että niitä ajettaessa tulee ajatella oikea ajotapa molempiin nähden sopivaksi. Yhdistelmäkaarteessa ei voi siis tarkastella vain yhtä kurvia ja miettiä siihen oikeaa ajotapaa, jos ei ota huomioon toista. Kaarteiksi valitsin radan kaksi viimeistä mutkaa, jossa aluksi käännetään tiukasti vasemmalle ja sen jälkeen

tiukasti oikealle. Tarkkailun kohteena tämä kaarreyhdistelmä toimii hyvin, koska kaikki ajolinjat erosivat tässä paljon toisistaan.

Ensimmäiseen kaarteeseen tuleminen

Ensimmäiseen kaarteeseen tullaan lyhyeltä suoran pätkältä, jossa jokaisella kierroksella on päädytty radan vasempaan reunaan, suoran alussa, edellisen mutkan seurauksena. Sieltä jokaisella kierroksella kuljettaja on suunnannut radan oikeaan reunaan, eli mutkan ulkoreunaan. Sieltä jokaisella kierroksella kuljettaja on lähtenyt kääntämään mutkaan.

Ensimmäisessä kaarteessa ajaminen

Vihreällä kierroksella kuljettaja on lähtenyt kääntämään aikaisemmin mutkaan kuin punaisella ja sinisellä kierroksella. Vihreän kierroksen ajolinja kulkeekin mutkassa radan keskikohtaa pitkin ja ajolinjan takia vihreällä kierroksella kuljettaja pääsee kiihdyttämään mutkan jälkeen vasta kohdassa, jossa kuljettaja on aivan radan oikeassa reunassa. Punaisella ja sinisellä kierroksella kuljettaja on ajanut mutkan järkevämmiin. Niillä kierroksilla kuljettaja on tullut mutkaan aivan mutkan ulkoreunaa pitkin ja kääntänyt mutkaan vasta, kun on ollut ihan kohdalla. Näin kuljettaja on päässyt kiihdyttämään välisuoralle jo ensimmäisen mutkan keskivaiheilta. Punaisella ja sinisellä ajolinjalla on kuitenkin eroa ensimmäisessä mutkassa. Ero on lähinnä tavassa, jolla kuljettaja on ajanut välisuoralle. Sinisellä kierroksella kuljettaja on mutkan jälkeen radan oikeaan reunaan, josta hän on sitten ohjannut radan vasempaan reunaan seuraavaa mutkaa varten. Punaisella kierroksella kuljettaja on ajanut suoraan vasempaan reunaan suoran alussa ja ajanut sitä pitkin suoraan seuraavaan mutkaan. Kumpi näistä linjoista on sitten parempi? Punaisella kierroksella kuljettaja ei ole päässyt kiihdyttämään aluksi seuraavalle suoralle niin hyvin kuin punaisella, koska kuljettaja on joutunut kääntämään tiukemmin mutkassa, mutta sen sijaan, kun kuljettaja on päässyt kiihdyttämään, se on voinut kiihdyttää suoraan ja täysillä. Sininen ajolinja on teoriassa parempi, mutta nopeuskäyrästä näkee, että punaisella kierroksella kuljettaja on pystynyt pitämään vauhdin yllä hyvin ja on luultavasti selviytynyt kokonaisuudessa nopeammin, ainakin ennen seuraavaa mutkaa.

Väliosa

Välisuoralla kaikilla kierroksilla on kiihdytetty ja ryhmitetty radan oikeaan reunaan, josta on helppo kääntää viimeiselle suoralle. Vihreä linja on taas muita huonompi suoran huippunopeudessa, mikä johtuu edellisen mutkan huonosta ajolinjasta. Vireän linjan suoran huippunopeus on kahta muuta n. 5 km/h hitaampi. Punaisella on nopeus kaikista suurin, mutta vain muutaman km/h suurempi kuin sinisellä.

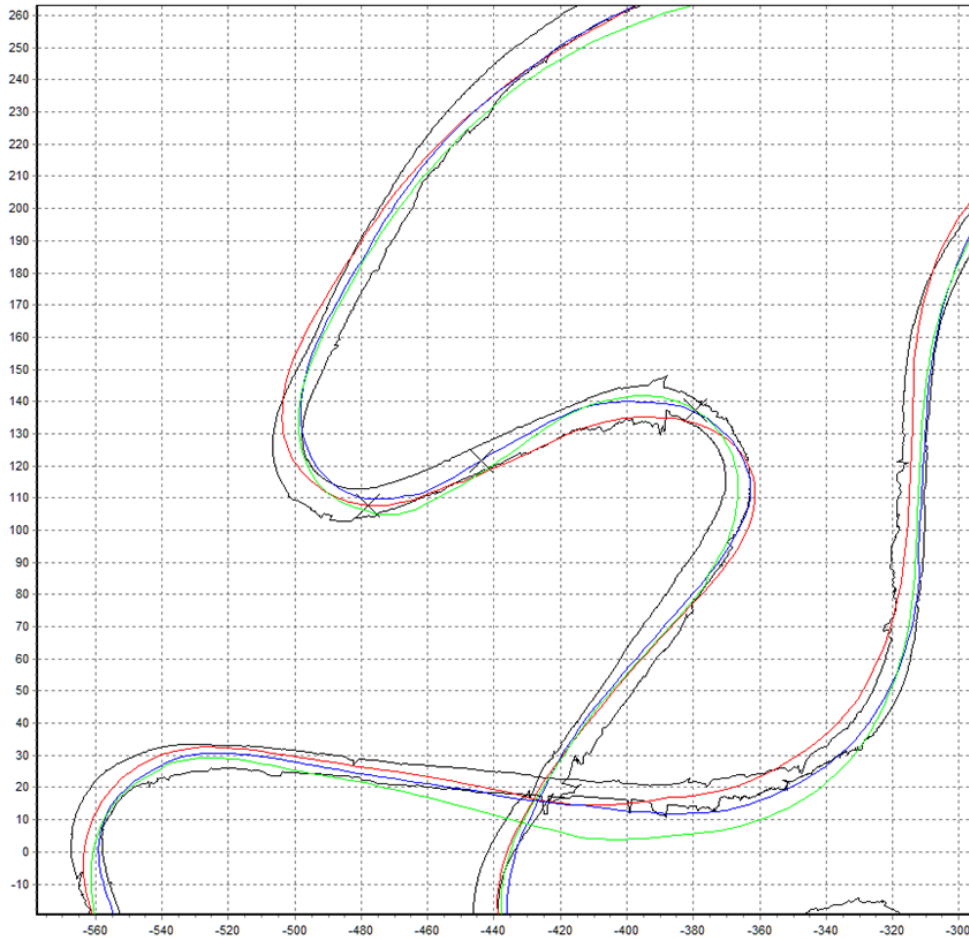
Toisessa kaarteessa ajaminen

Toisessa kaarteessa sinisen ja vihreän kierroksen ajolinjat muistuttavat hieman toisiaan. Vaikka vihreällä kierroksella kuljettaja on alkanut kääntämään mutkaan jälkeensä kuin sinisellä, nopeudet ja kiihtyvyydet ovat kuitenkin samat ja ajolinjat kohtaavat mutkan keskivaiheilla. Vihreän kierroksen ajolinja on tosin tässä kohtaa teoriassa parempi, se lähtee kääntämään mutkaan myöhemmin, joten se saa suoralle kiihdytykseen suuremman linjan. Käytännössä linja ei ero paljoakaan sinisestä, koska vihreällä kierroksella kuljettaja ei ole onnistunut keräämään sen paremmin vauhtia kuin sinisellä. Punaisella kierroksella kuljettaja on ajanut mutkan hieman eri lailla verrattuna kahteen muuhun, seuraavan suoran kannalta. Punaisella kierroksella kuljettaja tulee mutkaan vasenta reunaa pitkin, kuten sinisellä ja punaisellakin. Kuljettaja kumminkin pitää nopeuden n.7km/h kovempaan kuin kahdella muulla kierroksella. Tämä aiheuttaa sen, että kuljettaja ei pääse leikkaamaan suoralle kaarteeseen sisäreunaa pitkin, kuten sinisellä ja vihreällä kierroksella, vaan ajautuu radan vasempaan reunaan. Koska kuljettaja joutuu kääntämään jyrkästi autoa suoralle vielä mutkan jälkeen, ei se pääse kiihdyttämään suoraan suoralle. Siksi punaisessa nopeuskäyrässä näkyikin aluksi loivempi kiihtyvyys kuin kahdessa muussa. Punainen ajolinja vaikuttaa siis kaikista huonoimmalta, mutta koska kuljettaja saa sillä kierroksella pidettyä nopeuden mutkassa kovimpana, ei se häviä kahdelle muulle ajolinjalle yhtään, vaan saattaa olla jopa parempi.

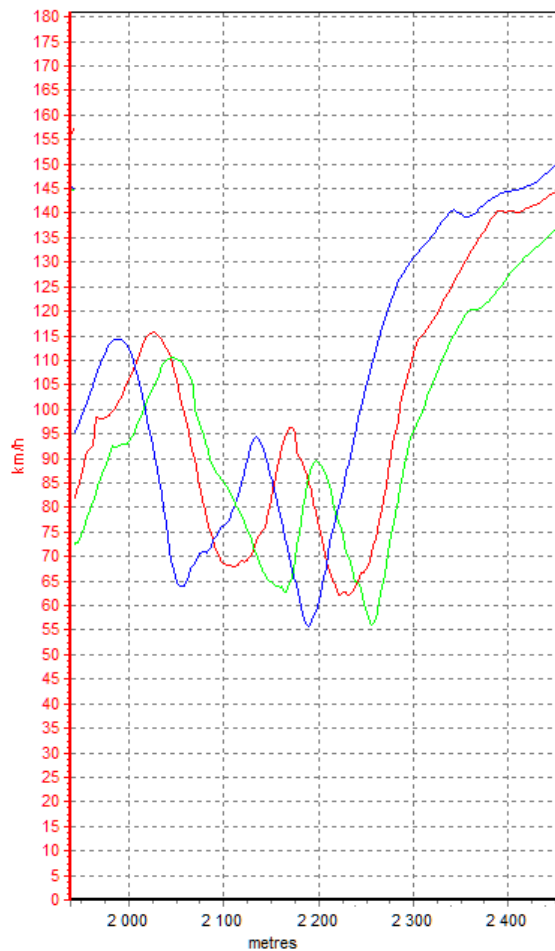
Yhdistelmäkaarten yhteenveto

Yhdistelmäkaarten aikana ei synny suuria eroja kierrosaikojen suhteen. Vihreällä kierroksella kuljettaja on tosin ajanut huonosti ensimmäisen mutkan, joten vihreän kierroksen kierrosaika huononee entisestään. Kokonaisuudessaan paras ajolinja mut-

kissa on luultavasti sinisellä kierroksella, mutta koska punaisella kierroksella kuljettaja on onnistunut pitämään koko ajan kovat nopeudet päällä, ei se ole käytännössä yhtään huonompi.



KUVA 60. Yhdistelmäkaarre, GPS-kuvaaja



KUVA 61. Yhsitelmäkaarre, nopeus/matkakuvaaja

8.2 Ajolinjojen tarkastelu

Ajolinjat ovat hyviä punaisessa ja sinisessä kierroksessa. Kuljettaja ennakoi ajotavassaan seuraavan tilanteen ja osaa käyttää tilan hyödykseen. Vihreällä kierroksella kuljettaja ajaa huonoin ajolinjoin, ja se näkyy kierrosajassa. Kuljettajalla ei ole mitään ideaa ajolinjan valinnassa ja ajaa niin kuin noviisi.

8.3 Väliaikojen vertailu

Väliajoista näkee, missä kohtaa rataa erot ovat syntyneet kierrosaikojen välille. Tulokista näkee, että vihreällä kierroksella kuljettaja on ajanut koko ajan hitaammin kuin kahdella muulla kierroksella. Punaisella kierroksella kuljettaja on ajanut alun huomattavasti nopeammin kuin sinisellä kierroksella, mutta 3. mittapisteen jälkeen kuljettaja on ajanut sinisellä kierroksella hieman nopeammin ja ero on kaventunut hieman 6.

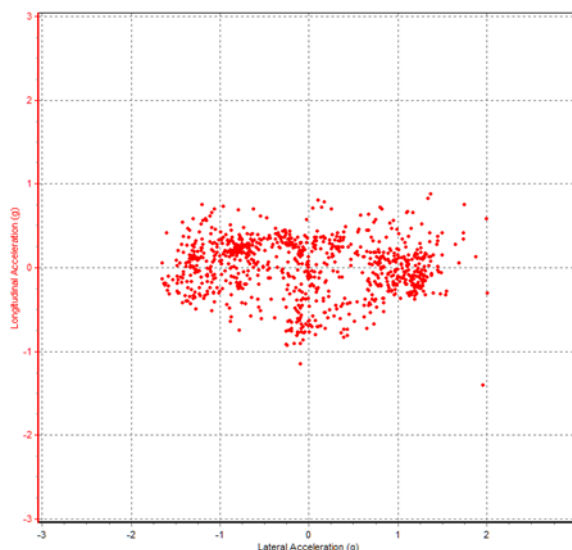
mittapisteelle asti. 6. mittapisteen jälkeen ero on kasvanut taas yhden sekunnin kymmenesosan verran.

| | Punainen | Sininen | Vihreä |
|---------|----------|---------|--------|
| split 1 | 00:09,0 | -0,8s | -1,1s |
| split 2 | 00:20,9 | -1,0s | -2,0s |
| split 3 | 00:36,3 | -1,7s | -3,6s |
| split 4 | 00:52,5 | -1,5s | -4,1s |
| split 5 | 01:01,8 | -1,4s | -4,5s |
| split 6 | 01:15,5 | -1,3s | -4,9s |
| maali | 01:25,4 | -1,4s | -5,4s |

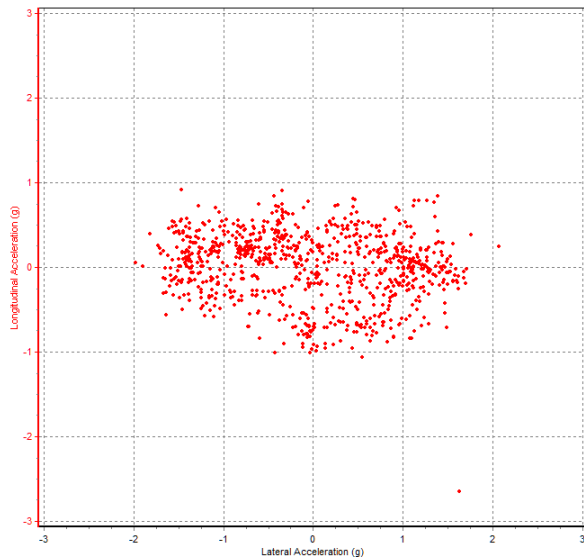
TAULUKKO 4. Aikaerot mittapisteillä

8.4 G-voimien erot

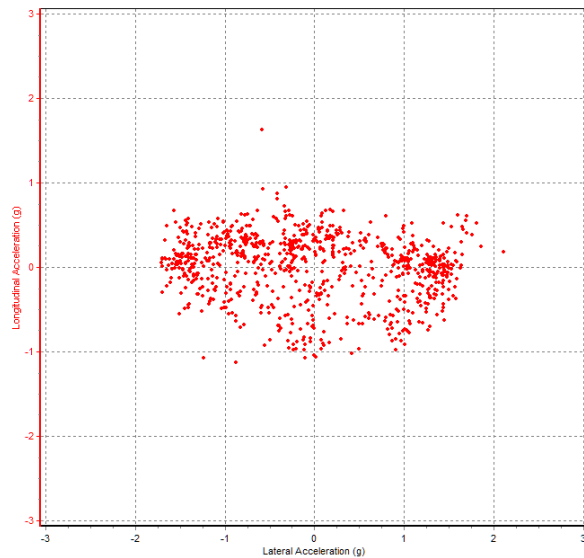
PerformanceBoxilla saa otettua ajetusta kierroksista G-voimat talteen ja muodostettua niistä G-voimaympyrän. Siitä näkee, mihin suuntaan G-voimat ovat kohdistuneet ja kuinka suuria ne ovat olleet. Koska jokaisella kierroksella on sama auto kyseessä, voidaan tuloksista päätellä, kuinka ääriajoilla autoilla on ajettu.



KUVA 41. G-voimaympyrä 1:30,8



KUVA 33. G-voimaympyrä 1:26,8



KUVA 45. G-voimaympyrä 1:25,4

G-voimaympyröissä ei näy suuria eroja. Hitaimmalta kierrokselta mitattu ympyrä on kuitenkin kahta muuta hieman pienempi.

8.5 Kierrosajat

Kierrosaikavertailuun olen valinnut kolmelta mittaukselta tulokset. Mittaukset ovat samat, joista on otettu vertailuun kolme nopeinta kierrosta. Kierrosaikoja tarkastellessa voidaan aluksi katsoa, onko kuljettaja ajanut yhden mukaisia. Tämä kertoo paljon siitä, osaako kuljettaja ajaa. Kuten näemme keskimmaisessä taulukossa, on paljon lähes yhtä nopeita kierroksia, joten on mahdollista, että kuljettaja osaa ajaa. Toisaalta,

jos katsoo jälkepäin mitattuja tuloksia, eli oikeanpuoleista taulukkoa, kierrosnopeuksissa on heittoa. Jälkepäin mitatut kierrokset ovat myös paljon huonompia kuin aikaisemmin mitatut.

| Run num | Time(s) | Vmax | Run num | Time(s) | Vmax | Run num | Time(s) | Vmax |
|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|
| 1 | 01:37,70 | 150,13 | 1 | 02:46,80 | 106,47 | 1 | 02:18,50 | 85,08 |
| 2 | 01:28,40 | 166,49 | 2 | 01:33,10 | 159,80 | 2 | 01:41,40 | 158,12 |
| 3 | 01:27,00 | 178,17 | 3 | 01:27,20 | 173,56 | 3 | 01:30,80 | 169,83 |
| 4 | 01:25,50 | 184,39 | 4 | 01:27,30 | 174,86 | 4 | 01:31,90 | 172,47 |
| 5 | 01:57,20 | 172,78 | 5 | 01:27,30 | 171,94 | 5 | 01:31,10 | 171,93 |
| 6 | 01:25,40 | 180,97 | 6 | 01:27,80 | 174,91 | 6 | 01:31,20 | 170,70 |
| | | | 7 | 01:26,80 | 174,70 | 7 | 01:31,40 | 172,19 |
| | | | 8 | 01:29,00 | 174,14 | 8 | 01:32,50 | 171,89 |
| | | | 9 | 01:27,90 | 175,35 | 9 | 01:33,00 | 167,28 |
| | | | 10 | 01:27,00 | 175,52 | 10 | 01:34,00 | 169,22 |
| | | | 11 | 01:34,60 | 177,57 | 11 | 01:36,30 | 167,01 |
| | | | | | | 12 | 01:36,90 | 163,41 |
| | | | | | | 13 | 01:34,30 | 165,40 |
| | | | | | | 14 | 01:33,90 | 164,89 |
| | | | | | | 15 | 01:34,50 | 164,20 |

TAULUKKO 5. Kierrosaikojen vertailu

8.6 Kuljettajan kehitys

Kuten läpikäydyistä vertailusta osoittautuu, ei kuljettaja ole kehittynyt yhtään. Kierrosajat ovat huonontuneet, joka johtuu siitä, että ajolinjat eivät olleet ns. vihreällä kierroksella niin hyviä kuin punaisella ja sinisellä, myös nopeudet ovat alhaisemmat kuin kahdella aiemmin mitatulla kierroksella.

8.7 Kuljettajan ajotaito

Kuljettaja osaa ajaa, jos katsotaan aikaisempia mittaus tuloksia. Kierrosajat ovat tasoisia, ajolinjat ovat lähes samanlaisia ja hyviä. Jos katsotaan jälkepäin mitattuja tuloksia, kuljettaja ei osaa ajaa. Kierrosnopeuksissa on ”heittoa” ja ajolinjat ovat huonoja sekä nopeudet ovat alhaisia verrattuna siihen miten kovaa autolla voi ajaa eri tilanteissa. Luultavasti aikaisemmat tulokset kuljettaja on ajanut niin hyvin ja nopeasti kuin pystyy ja jälkimmäiset ovat olleet rauhallisempia kierroksia. Eli kuljettaja osaa ajaa.

8.8 Kehittämisehdotukset kuljettajalle

Jos mietitään ensimmäisellä kerralla mitattuja tuloksia, kuljettajan tulisi vain hieman tarkentaa ajolinjojaan ja pitää aina yhtä kova vauhti kuin punaisella kierroksella. Kuljettajan tulisi käyttää sinisen ja punaisen kierroksen ajotapoja, koska ne olivat kaikista nopeimmat, punainen alkupäässä ja sininen loppupäässä kierrosta. Jos mietitään jälkeinpäin mitattuja tuloksia, kuljettajan tulisi aluksi opetella ajamaan yhteneviä kierroksia, yrittää ajaa aikaisemmin mitattujen nopeiden kierroksen ajolinjoja ja lisätä nopeutta eri tilanteisiin. Aikaisempien mittausten tulosten perusteella kuljettaja voisi alkaa etsimään täydellistä ajotapaa, mutta jälkeinpäin mitatun perusteella kuljettajan tulisi opetella rata-ajon perusoppeja.

9 YHTEENVETO

9.1 Mittausten hyöty

Mitä mittauksista oli sitten hyötyä? Kuljettaja saa kaikesta vertailusta varmasti paljon hyötyä varsinkin, kun tulkitsee tuloksia oikein. Vaikka kuljettaja on ajanut monta kertaa rataa ympäri, tulee eri kierrosten välille eroavaisuuksia. Ajolinjat saattavat heittää hieman toisistaan ja eri kohdissa tulee ajettua eri nopeutta. Etsimällä näistä kierroksista kaikista nopeimman eli sen, jossa on tehty asioita eniten oikein, saadaan selville, mikä on nopein tapa kiertää rata. Jos nopeat kierrokset jakaa sektoreihin, näkee myös nopeimman ajotavan eri kohdissa rataa. Lisäksi tuloksista näkee auton rajat ja sen, kuinka kovaa sillä pystyy ajamaan mihinkin paikkaan.

9.2 Parannusehdotuksia mittauksiin

Tutkimukseen tehdyissä mittauksista löytyy paljon parannettavaa. Parannus toiveet itselläni kohdistuisivat mittaus laitteeseen. Mittauslaiteena käytetty PerformanceBox on alkeellinen verrattuna siihen, minkälainen mittauslaite voisi olla. GPS:n tarkkuus ei ole kummoinen ja heittoa ajolinjalle syntyy niin paljon, ettei ajolinjoja pysty tulkitsemaan kunnolla.

9.3 Virheitä tulkinnassa

Lähdin tekemään tätä tutkimusta vain mittaustulosten perusteella ja ainut muu tieto datan lisäksi minulla oli, että auton mittauksissa käytettiin Honda Integra Type-R-rata-autoa, jossa on rata-ajoon suunniteltu slick-renkaat ja että mittaukset tapahtuivat Racelogicin performance boxilla. Kaikki muu tieto mittauksista on hämärän peitossa. Joten koska en tiedä muita tietoja mittauksista ja en ole niitä suorittanut, on tulkintani asiasta hieman rajallinen. Koska en ollut paikalla kun mittauksia tehtiin, en pysty sanomaan tarkkaan keliolosuhteista ja siitä, onko radalla ollut muita autoja tukkeena. En myöskään tiedä auton säädöistä mitään, kuten onko niitä muutettu ajosten välissä. Renkaiden kunto vaikuttaa myöskin ajoon ja se, missä kunnossa renkaat ovat milloinkin olleet, ovat minulle hämärän peitossa. On myös mahdollista, että kuljettaja on ajanut jälkimmäisellä mittauksella vain rataa huvikseen ympäri ja linjat ja ajat ovat sen takia huonoja. Onko mittauslaite tulokset luotettavia? Joissain mittauksissa gps-signaali oli vedellyt omia reittejään.

9.4 Lopetus

Kaiken kaikkeaan tuloksista saa kumminkin hyvän kuvan siitä, mitä radalla on tapahtunut ja kierrosaikojen erot on selvitettävissä mittauksia tarkastellessa. Tuloksia tarkastellessa huomaa myös sen osaako kuljettaja ajaa vai ei. Tiedonkeruulaitteiden käyttö rata-ajossa on varmasti paras tapa tutkia ajotapahtumaa.

LÄHTEET

1. Ahvenisto. <http://ahvenistoracecircuit.com/>. Luettu 10.10.2012.
2. Bauer Horst. Bosch. Autoteknillinen taskukirja. Jyväskylä: Gummerus. 2003.
3. Beckman, Brian. The Physics of Racing. Burbank. 2008.
4. Juhala, Matti, Lehtinen, Arto, Suominen, Matti, Tammi, Kari, Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2005.
5. McBeath, Simon, Competition car data logging. California:Haynes Publishing. 2008.
6. Racechrono. <http://www.racechrono.com/>. Luettu 25.05.2012.
7. Racelogic. <http://www.racelogic.co.uk/>. Luettu 13.05.2012.
8. Velocity Box test system. <http://www.velocitybox.co.uk/>. Luettu 13.05.2012.
9. Video Vbox. <http://www.videovbox.co.uk>. Luettu 20.02.2012.