



RC -autojen hankinta ja käyttö opetuksessa

Ilkka Toivanen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Auto- ja kuljetustekniikka
Auto- ja korjaamotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Auto- ja kuljetustekniikka
Auto- ja korjaamotekniikka

ILKKA TOIVANEN:
RC -autojen hankinta ja käyttö opetuksessa

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Joulukuu 2015

Opinnäytetyön tavoitteena oli hankkia ja vertailla erilaisia kauko-ohjattavia autoja, joita Tampereen ammattikorkeakoulu voisi käyttää hyväksi erilaisissa oppimistapahtumissa. Tarkoituksena oli simuloida oikean auton käyttäytymistä erilaisissa tilanteissa sekä mitata ja laskea autoon kohdistuvia fysikaalisia voimia. Erilaiset ääritilanteet on helpompi, turvallisempi sekä halvempi toteuttaa pienessä mittakaavassa. Opinnäytetyössä suunniteltiin kauko-ohjattavilla autoilla toteutettavien mittauksen kulun sekä sen mitä mitta-arvoja autoista mitataan.

Opinnäytetyötä varten käytiin tiedustelemassa tarjouksia kauko-ohjattavista autoista ja niiden varusteista viideltä eri jälleenmyyjältä. Tietoa sekä kokemuksia erimerkkisistä ja mallisista kauko-ohjattavista autoista kerättiin alan keskustelupalstoilta internetistä. Kauko-ohjattavia autoja hankittaessa pidettiin kaksi hankintapalaveria, joihin osallistui hankinnasta vastaava opettaja, opetuksessa kauko-ohjattavia autoja käyttävät opettajat sekä opinnäytetyötään tekevät oppilaat. Hankintapalavereissa päätettiin millaisia kauko-ohjattavia autoja Tampereen ammattikorkeakoululle tullaan hankkimaan, millaista mittalaitteistoa käytetään sekä mitä mitta-arvoja mittauksissa halutaan saada selville.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin autolaboratoriotöiden opintojaksolle malli, kuinka kauko-ohjattavia autoja käytetään hyväksi oppimistapahtumassa. Tuloksena saatua mallia voidaan käyttää myös muilla opintojaksoilla.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Automobile and Transport Engineering
Automobile and Garage Engineering

ILKKA TOIVANEN

The acquisition and usage of remote-controlled cars in teaching

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 4 pages
December 2015

The aim of this final project was to obtain and compare a variety of remote-controlled cars, which the Tampere University of Applied Sciences could take advantage of a variety of learning events. The aim was to simulate the behavior of the real car in different situations, and to measure the physical forces against the car. Various extreme situations are easier, safer and cheaper to implement on a small scale. In this thesis was designed the path of the measurements which would carry out with the remote-controlled cars, and which measurement values in the cars are measured.

For this thesis offers about remote-controlled cars and their equipment were inquired from five different retailer. Information and experiences of various brands and models of remote-controlled cars were collected in the forums of the field from the Internet. When the remote-controlled cars were in the acquisition, two meetings were hold involving the teacher corresponding of the acquisition, teachers who use remote-controlled cars in teaching and students making their own final project. In those meetings was decided what kind of remote-controlled cars Tampere University of Applied Sciences will acquire, which type of measurement equipment is used and the measurement values what is wanted to find out in the measurements.

As a result of this final project was created a design used in the course of car laboratory work. The design shows how the remote-controlled cars are used in favor of the learning event.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TAUSTAA TOIMEKSIANNOLLE	7
2.1	Työn tavoitteet	7
2.2	Työn rajaukset.....	7
2.3	Työn rakenne	8
3	MIKÄ ON RC -AUTO?	9
4	TARVESELVITYS	10
5	RC -AUTOJEN HANKINTA	12
5.1	RC -autojen ominaisuuksien määrittäminen	12
5.2	Tarjonnan selvittäminen	13
5.3	Tarjouspyyntöjen lähettäminen.....	14
5.4	Tarjousten käsittely	15
5.5	RC -autojen valinta	16
5.6	RC -autojen tilaus	18
6	RC -AUTOJEN KÄYTTÖ	19
6.1	Turvallisuusohjeet.....	19
6.2	Radio-ohjaimen Syncro KT-201 käyttö.....	19
6.3	RC -auton ajokuntoon laitto ja tarkastukset.....	22
6.4	RC -auton alustan säätäminen.....	23
6.4.1	Aurauksen säätäminen	23
6.4.2	Camber-kulman säätäminen.....	25
6.4.3	Jousituksen säätäminen	27
7	MITTAUSTEN SUUNNITTELU	29
7.1	RC -autoista mitattavat suureet.....	29
7.2	Kiihtyvyyssmittaukset	29
7.2.1	Pitkittäiskiihtyvyys ja hidastuvuus.....	29
7.2.2	Keskeiskiihtyvyys	31
7.3	Jousituksen mittaus	33
7.3.1	Täryradan mittaus.....	34
7.3.2	Hyppyri	35
8	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET	38
8.1	Liite 1. Mittauspöytäkirjat	38

LYHENTEET JA TERMIT

RC	Radio controlled eli radio-ohjattava
Camber	Renkaan pystykallistuma
Viskositeetti	Nesteen tai kaasun kyky vastustaa virtaamista

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on, kuinka radio- ohjattavia autoja voitaisiin käyttää oppimisen tukena Tampereen ammattikorkeakoulussa. Tavoitteena on kehittää Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratoriotöitä ja havainnollistaa pienemmässä mittakaavassa auton käyttäytymistä. Pienemmässä mittakaavassa suoritettava testaus ja tutkiminen on halvempaa ja turvallisempaa kuin oikeilla autoilla. Opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa malli radio- ohjattavien autojen testaukseen sekä säätöjen suorittamiseen Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorian kurssille. Opinnäytetyössä keskityn luomaan radio- ohjattavilla autoilla suoritettavat mittaukset, sekä suunnittelemaan kuinka mittaustulokset käsitellään.

Käytän opinnäytetyössän hyväkseni muunmuassa auton alustatekniikasta sekä fysiikasta saamiani oppeja ja laskentamalleja. Opinnäytetyön tekemisen aikana keräämääni hyödyllistä tietoa tulen varmasti tarvitsemaan vielä myöhemmin työelämässä. Auton alustarakenteen tunteminen on tärkeää korjaamon esimiestehtävissä toimiessa. Opinnäytetyössäni on liitteenä Exel- taulukot mittaustulosten keräämistä varten.

2 TAUSTAA TOIMEKSIANNOLLE

Ajatus tästä työstä lähti keväällä 2014, kun koulutuspäällikkö kertoi Tampereen ammattikorkeakoulun tarjoamasta opinnäytetyöaiheesta. Opinnäytetyö käsittelisi RC -autojen hankintaa ja käyttöä opetuksen tukena. Opinnäytetyössä olisi työnsarkaa kahdelle opiskelijalle, sovimme toisen opiskelijan kanssa jakavamme aiheen siten että minä teen autolaboratoriomittausten suorittamisen ja hän tekee mittalaitteiden sovittamisen ja käytön.

Työn taustalla oli Tampereen ammattikorkeakoulun tarve kehittää autolaboratoriotöitä sekä fysiikan laboratoriotöitä. Laboratoriotöitä haluttiin monipuolisemmiksi ja kiinnostavimmiksi opiskelijoille.

2.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on hankkia ja vertailla erilaisia kauko-ohjattavia autoja, joita Tampereen ammattikorkeakoulu voisi käyttää hyväksi erilaisissa oppimistapahtumissa. Tarkoituksena on simuloida oikean auton käyttäytymistä erilaisissa tilanteissa sekä mitata ja laskea autoon kohdistuvia fysikaalisia voimia. Erilaiset ääritilanteet on helpompi, turvallisempi sekä halvempi toteuttaa pienessä mittakaavassa. Opinnäytetyössä suunnitellaan kauko-ohjattavilla autoilla toteutettavien mittauksien kulku sekä sen mitä mitta-arvoja autoista mitataan.

2.2 Työn rajaukset

Työ on rajattu Tampereen ammattikorkeakoululle hankittaviin RC -autoihin ja niillä suoritettaviin mittauksiin. Työssä on keskitytty tuottamaan runko RC -autoilla tehtäville autolaboratoriomittauksille. Aiheesta ei ole tehty aikaisemmin opinnäytetöitä, joten aihe oli koskematon ja tästä syystä tätä aihetta oli järkevä käsitellä hieman suppeammin.

2.3 Työn rakenne

Liitteenä tässä työssä on RC -autojen mittauksissa käytettäviä tiedonkeruutaulukoita. Tiedonkeruutaulukoita voidaan käyttää erillisinä ilman tekstiosuutta. Teoriaosuus on yhdessä tekstiosuuden kanssa, koska teoria koostuu laskukaavoista. Laskukaavat ovat parhaiten asiansyhteydessä tekstissä. Tekstiosio koostuu RC -autojen tarveselvityksestä, hankinnasta sekä mittausten suunnittelusta. Esimerkiksi hankinnassa on otettava huomioon RC -autossa halutut ominaisuudet, tarjonta ja valintaprosessi.

3 MIKÄ ON RC -AUTO?

RC on termi joka tulee englanninkielisistä sanoista Radio controlled tai Remote controlled ja tarkoittaa radio-ohjattavaa tai kauko-ohjattavaa laitetta. Kauko-ohjauksessa käskyt ja tieto siirtyvät kaapelia pitkin. Radio-ohjauksella pystytään ohjaamaan laitetta tai toimintoa langattomasti. Ne tarvitsevat toimiakseen lähettimen ja vastaanottimen. Lähettimellä ohjataan käskyjä jotka kulkevat radioaalloilla vastaanottimeen. Vastaanotin ohjaa itse toiminnon suorittavia laitteita kuten servoa ja nopeudensäädintä sekä moottoria.

Radiolähetin on tyypillisesti käteensopiva laite, jossa on monenlaisia ohjaimia sekä katkaisijoita. Radiolähetin toimii sähköllä ja se saa virtansa yleensä paristosta tai paristoista. Radiolähetin lähettää ohjaimista tai katkaisijoista saamansa käskyn tietyllä taajuudella ohjattavan laitteen vastaanottimeen. Radio-ohjauksessa lähettimen ja vastaanottimen on oltava samalla taajuudella toimivia.

Vastaanotin sijaitsee radio-ohjattavassa laitteessa ja se vastaanottaa lähettimen lähettämät toimintokäskyt. Saadessaan toimintokäskyn vastaanotin ohjaa toimilaitteita kuten servoja, jännitteensäätäjiä tai jopa polttomoottorin kaasuläppää. Toimilaitteet toteuttavat ohjattavan laitteen toiminnot. Vastaanotin saa toimintaan tarvittavan virtansa laitteen paristoista tai akusta.

4 TARVESELVITYS

RC -autot olisivat hyvä apuväline opetuksessa, koska niillä pystytään testaamaan ja mittaamaan paljon sellaisia tilanteita ja toimintoja jotka olisivat hankalia tai jopa vaarallisia toteuttaa oikeilla henkilöautoilla. Niillä pystytään myös havainnollistamaan oppilaille auton alustan toimintaa sekä alustan säätöjen vaikutusta auton käyttäytymiseen ja hallittavuuteen. Useimmat RC -autot muistuttavat oikeita henkilöautoja ja ovatkin usein pienemmässä mittakaavassa esimerkiksi 1:10 verrattuna oikeaan autoon, joten niiden mittaamisesta ja säätämisestä saatu oppi on helppo soveltaa myös oikeiden henkilöautojen kanssa toimiessa.

Aikaisemmin mittasimme Tampereen Ammattikorkeakoulun autotekniikan laboratoriotöissä oikeista autoista kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta Nokian renkaiden testiradalla Nokialla, jonne on koululta matkaa yli 20km. Mittaaminen tapahtui opiskelijoiden autoilla ja oli aikaa vievää. RC -autoilla olisi mahdollista mitata samat mittaukset nopeammin koulun alueella eikä matkoihin tarvitsisi varata ylimääräistä aikaa. RC -autoon olisi myös mahdollista asentaa antureita monipuolisemmin esimerkiksi alustan toimintaa mittaavia antureita, jotka eivät olleet mahdollisia oikeilla henkilöautoilla mitatessa. Tästä olisi apua opiskelijoille ymmärtämään olosuhteiden vaikutusta auton käyttäytymiseen, kuten kitkan vaihtelut ajoalustalla ja painopisteen siirtyminen jarrutus-, kiihdytys- tai kaarreaajotilanteessa.

RC -autolla olisi myös helppo tutkia jousituksen ja iskunvaimennuksen toiminta erilaisilla alustoilla. Niihin on saatavana eri jäykkyydellä olevia jousia sekä säädettäviä iskunvaimentimia, joten RC -auton alusta on mahdollista optimoida kullekin tienpinnalle erikseen ja hakea kompromissi näiden väliltä. Tämä opettaisi oppilaita ymmärtämään millaista työtä autotehtailla tehdään auton alustan säätöjen löytämiseksi, että se olisi miellyttävä ja turvallinen ajaa erilaisilla tienpinnoilla.

Suuri osa RC -autoista on nelivetoisia, mutta osa niistä on muutettavissa myös etu-, tai takavetoiseksikin. Vetotavan muutoksella olisi helppo havainnollistaa eri vetotavan omaavien autojen tyypillinen käyttäytyminen ääritilanteissa. Tällaisia olisivat esimerkiksi etuvetoisen auton taipumus aliohjautuvuuteen kaarreaajossa tai takavetoisen

taipumus yliohejautuvuuteen samassa tilanteessa. Myös vetotavan vaikutus liikkeelle lähtöön ja kiihtyvyyteen matalakitkaisella tienpinnalla olisi helppo todentaa RC -autoilla.

Fysiikan laboratoriotöissä RC -autot tarjoaisivat monipuolisen alustan eri mittauksille. Aiemmin esimerkiksi kiihtyvyyttä mitattiin hissien liikkeestä hississä, joka on hyvä perusmittaus ja tutustuttaa mittavälineisiin sekä niiden käyttöön. Hieman vaativammaksi mittauksen saisi esimerkiksi asentamalla kiihtyvyyssanturin RC- autoon ja tutkimalla sen kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta ajoalustan kitkakertoimen suhteen.

Monet opiskelijat omaksuvat opin huomattavasti paremmin jos he ovat nähneet tai jopa itse tehneet jonkun asian, esimerkiksi säätäneet pyöränkulmat tai jousituksen jäykkyyttä. Näin asiat jäävät paremmin muistiin ja niitä on helpompi lähteä soveltamaan työelämässä, vaikka tilanne ei aivan samanlainen olisikaan. RC -autojen käyttö opetuksessa tehostaa oppimista ja lisää mielenkiintoa autojen rakenteeseen sekä niiden toimintaan. Se mahdollistaa kokeilla ja testata asioita sekä ääritilanteita, joita oikeilla autoilla ei ole mahdollista tai turvallista testata.

5 RC -AUTOJEN HANKINTA

5.1 RC -autojen ominaisuuksien määrittäminen

RC -autojen hankintaprosessi lähti käyntiin sillä, että kokoonnuimme autotekniikan opettajien sekä fysiikanopettajan kanssa määrittämään hankittavan RC -auton tai autojen tarvittavia ominaisuuksia. Fysiikan opettajan läsnäolo oli tarpeen, koska RC -auto tulee toimimaan apuvälineenä myös fysiikan laboratoriotöissä. RC -autoon asennettaisiin ulkopuolinen tiedonkeruujärjestelmä antureineen. Fysiikan laboratoriotöissä mitataan samoja suureita RC -autosta kuin autotekniikan laboratoriotöissäkin, joten mitään erityisvaatimuksia sen suhteen anturointiin tai tiedonkeruujärjestelmään ei tarvita.

Palaverissa määritimme, että hankittava RC -auto olisi oltava tarpeeksi suuri, koska RC -autoon tulee paljon ulkopuolista anturointia ja se lisää auton painoa. Ylimääräinen paino ei saisi vaikuttaa RC -auton käyttäytymiseen liikaa vaan sen tulisi olla ajokäytökseltään mahdollisimman oikean auton kaltainen. Arvioimme mittalaitteiston ja anturoinnin tuovan maksimissaan kilon verran lisää painoa RC -autoon. Suuri RC -auto olisi hyvä myös siltä kannalta, että siihen olisi helpompi asentaa tarvittavat anturit sekä tiedonkeruulaitteisto, koska tilaa ylimääräisille osille on enemmän. Käyttövoimaksi valitsimme sähkökäytön, joka mahdollistaa myös sisätiloissa ajamisen sekä se ei vaadi huoltoa ja säätämistä niin usein kun polttomoottorilla toimivat RC -autot.

Autotekniikan laboratoriotöiden kannalta esiin nousi tärkeäksi ominaisuudeksi RC -auton alustan rakenne sekä sen monipuolinen säädettävyys. RC -auton alustaa täytyy pystyä säätämään mahdollisimman laajasti, että pystytään havainnollistamaan alustan säätöjen vaikutus auton ajettavuuteen ja käyttäytymiseen mahdollisimman tarkasti. RC -auton vetotavan tulisi olla myös muutettavissa etu-, taka- ja nelivetoiseksi, että nähdään kuinka vetotavan muutos vaikuttaa samoilla alustansäädöillä auton ajettavuuteen ja ajokäyttöön. Keskenään vertailukelpoisten mittaustulosten saavuttamiseksi olisi hyvä, että samanlaisesta RC -autosta saisi muunnettua eri vetotavalla varustettuja yksilöitä. Suurin osa maamme henkilöautokannasta on etuvetoisia, joten RC -auton muuntaminen etuvetoiseksi on tärkeää. RC -auton muita tärkeitä ominaisuuksia olivat että siihen tulee löytyä helposti ja nopeasti varaosia, sekä alustan mittaamiseen ja säätämiseen tarkoitetut työkalut.

Palaverissa mietimme myös mitä tietoja halutaan mitata RC -autosta. Sekä fysiikan että autotekniikan laboratoriotöissä halutaan alustavasti mitata likimain samoja suureita. Näitä suureita olivat

- kiihtyvyys kolmeen eri suuntaan
- liikenopeus
- matka
- pyörän pyörintänopeus
- etupyörien kääntökulma
- jousituksen liike ja värähtelyt.

Tiedonkeruulaitteistoksi on kolme eri vaihtoehtoa, National Instruments, LabQuest ja RaceTech. Fysiikan laboratoriotöissä käytetään LabQuest :in laitteistoa mutta autotekniikan laboratoriotöihin se ei oikein sovi, koska siinä on liian vähän sisääntulopaikkoja antureille. Autotekniikan laboratoriotöiden tiedonkeruulaitteistoksi valitaan joko National Instruments tai RaceTech. Valinta suoritetaan sen mukaan, kumpi laitteisto sopii hankittuun RC -autoon parhaiten.

5.2 Tarjonnan selvittäminen

Aloin palaverin jälkeen etsimään valitut ominaisuudet täyttävää RC -autoa internetin avulla. Ensin tutustuin verkkokaupoissa millainen valikoima siellä on ja onko meidän käyttöön sopivan kokoisia RC -autoja myynnissä. Valikoimaa oli todella paljon ja siitä oli hankala lähteä suoraan sanomaan mikä olisi meille sopivin ratkaisu. Tilannetta selkeyttääkseni lähetin kuudelle eri jälleenmyyjälle sähköpostilla kyselyn, jossa kerroin heille RC -auton vaatimukset ja millaiseen käyttöön se olisi tulossa. Pyysin sähköpostissani tarjoamaan heidän mielestään sopivinta RC -autoa ja sain neljä eri autoa vastaukseksi. Suositellut RC -autot olivat

- Traxxas E-MAXX TQi
- Traxxas Summit 4WD TQi
- Traxxas E-REVO
- TeamC TS4.

Kaikki suositellut RC -autot olivat nelivetoisia, mutta muutettavissa myös etu- tai takavetoiseksi. Ne olivat kaikki kooltaan mittakaavassa 1:10. Pituutta niillä jokaisella oli yli 500mm ja leveyttä yli 300mm eli tilaa jää myös tiedonkeruujärjestelmälle.

Tutkin suositeltujen RC -autojen käyttäjäkokemuksia sekä keskusteluja RC -autoihin keskittyneeltä keskustelusivustolta ja valtaosa oli ollut RC -autoonsa tyytyväinen. Mikään edellä mainituista RC -autoista ei ollut saanut juurikaan negatiivista palautetta vaan niitä luonnehdittiin kestäviksi ja luotettaviksi. Traxxas :in RC -autot olivat saaneet miinusta korkeahkosta hankintahinnasta. Eräs ongelma Traxxas :in RC -autoissa on se, että ne ovat ns. monsterirunkoisia ja siksi eivät vastaa alustaltaan tieliikenteessä käytettäviä oikeita autoja. Tämä vääristäisi mittaustuloksia merkittävästi, kun taas TeamC :n RC -auto on lähellä oikeata henkilöautoa alustan rakenteen suhteen.

5.3 Tarjouspyyntöjen lähettäminen

Tarjouspyyntö voidaan lähettää joko avoimena tai rajoitettuna. Tarjouspyyntö on avoimessa menettelyssä lähetettävä sitä pyytävälle tarjoajalle kuuden päivän kuluessa pyynnöstä, jos pyyntö on tehty riittävän ajoissa ennen tarjousajan päättymistä. Hankintayksikkö voi vaihtoehtoisesti asettaa tarjouspyynnön sähköisesti kokonaisuudessaan tarjoajien saataville hankintailmoituksen julkaisemispäivästä lähtien ilmoituksessa mainitussa Internet-osoitteessa. Tarjouspyyntöön liittyvät lisätiedot on toimitettava viimeistään kuusi päivää ennen tarjousajan päättymistä. Rajoitetussa menettelyssä, neuvottelumenettelyssä ja kilpailullisessa neuvottelumenettelyssä tarjouspyyntö lähetetään vain niille ehdokkaille, jotka hankintayksikkö on valinnut tarjousmenettelyyn. Tarjouspyyntö on lähetettävä samanaikaisesti kaikille ehdokkaille. (Hankinnat: Tarjouspyynnön lähettäminen)

Käytimme tässä hankinnassa rajoitettua menettelyä tarjouspyyntöjen lähettämisessä, koska olin valinnut jo merkittävimmät jälleenmyyjät ja tiedustellut ennalta heiltä asiasta. Esittelin alustavasti jälleenmyyjien suosittamat RC -autot autotekniikan ja fysiikan opettajille 23.4.2014 Tampereen Ammattikorkeakoululla. Lopullista päätöstä minkä RC -auto Tampereen Ammattikorkeakoululle hankittaisiin, ei vielä syntynyt, vaan päätimme lähettää virallisen tarjouspyynnön jälleenmyyjille. Virallisessa tarjouspyynnössä oli

listattu vaatimukset jotka RC -auton on täytettävä ja mitkä ominaisuudet olisivat toivottavia. Tarjouspyyntöön viimeinen vastauspäivä oli 12.5.2014. RC -autojen jälleenmyyjien lähettämät tarjoukset käsitelimme yhdessä hankinnasta vastaavien opettajien sekä opinnäytetyötä aiheesta tekevän toisen opiskelijan kanssa.

5.4 Tarjousten käsittely

Tarjousten avaamisesta tai avaustilaisuudesta ei ole erityissäännöksiä hankintalaissa, mutta mm. kuntien ja valtionhallinnon hankintaohjeiden mukaan suositetaan, että tilaisuudesta laaditaan pöytäkirja, jossa mainitaan tilaisuuden aika ja paikka, läsnäolijat, saapuneiden tarjousten lukumäärä sekä luettelo tarjoajista. Pöytäkirjaan kirjataan myös määräajan jälkeen saapuneet tarjoukset ja mahdollisesti täysin virheelliset tai vahingoittuneet tarjoukset sekä muut normaalista poikkeavat seikat. Kun asianmukaisesti saapuneet tarjoukset oli avattu, aloitettiin tarjousten varsinainen käsittely vaiheittain:

- Todettiin ja hylättiin myöhästyneet tarjoukset.
- Arvioitiin tarjoajan soveltuvuus.
- Varmistettiin tarjouksen tarjouspyynnön mukaisuus.
- Suoritettiin tarjouspyynnön mukaisten tarjousten keskinäinen vertailu.
- Todettiin tarjouskilpailun voittaja.

Tarjousten käsittelyssä ehdoton vaatimus on tarjoajien syrjimätön ja tasapuolinen kohtelu. Tarjousten vertailu on tehtävä hankintailmoituksessa tai tarjouspyynnössä ilmoitettujen vertailuperusteiden mukaisesti. Tarjousvertailuun otetaan mukaan vain soveltuviksi todettujen tarjoajien tarjoukset, jotka ovat tarjouspyynnön mukaisia sekä muodollisesti että sisällöllisesti. Valintaperusteena voidaan käyttää joko halvinta hintaa tai kokonaistaloudellista edullisuutta. Hankintayksikön on tullut määrätä valintaperuste ennalta jo hankintailmoituksessa, mikäli tarjouskilpailun valintaperusteena käytetään halvinta hintaa, tulee tarjouksista valita hinnaltaan halvin. Vertailu tehdään näin ollen vain hinnan perusteella. (Hankinnat: Tarjousten käsittely)

Mikäli valintaperusteena käytetään kokonaistaloudellista edullisuutta, tulee vertailu tehdä ottaen huomioon kaikki ennalta hankintailmoituksessa tai tarjouspyynnössä asetetut vertailuperusteet. Tarjouksia on verrattava jokaista vertailuperustetta käyttäen ja

hankintapäätöksessä on perusteltava perusteiden soveltaminen tarjoukseen. Tarjousvertailussa ei saa käyttää mitään muita perusteita. Tarjousvertailusta on selvästi ilmentävä kaikkien tarjousten osalta miten niitä on arvioitu erikseen kunkin vertailuperusteen osalta. Jos tarjouksille on esimerkiksi annettu toisistaan poikkeavia pisteitä, vertailusta on ilmentävä mihin tarjousten piste-erot perustuvat. Hankintayksikkö voi tarjousten vertailussa ottaa huomioon vain tarjoajien tarjouksissaan esittämät tiedot. (Hankinnat: Tarjousten käsittely)

Tarjouksia saapui kaksi kappaletta asetettuun aikamääreeseen mennessä, niitä oli siten helppo verrata keskenään. Tarkastelimme kumman tarjouksen autot täyttävät paremmin tarjouspyynnössä asettamamme tavoitteet ja ominaisuudet. Valintaperusteena käytimme kokonaistaloudellista edullisuutta, joka onärkevin tapa tässä tapauksessa verrata tarjouksia keskenään.

5.5 RC -autojen valinta

Sopivimmiksi RC- autoiksi Tampereen Ammattikorkeakoululle valitsimme Kyosho :n valmistamat Inferno VE (Kuva 1) ja Inferno GT2VE. Inferno GT2VE RC- autoja tilattiin kolme kappaletta ja Inferno VE RC -autoja yksi kappale. Valitsimme kolme samanlaista autoa, koska niillä voimme suorittaa keskenään vertailukelpoisia mittauksia. Esimerkiksi toisen auton voimme varustaa karkeilla maastorenkailla ja toisen sileillä asfalttirenkailla ja ajaa saman radan läpi sekä verrata keskenään niistä kerättävää dataa. Säästämme myös varaosakuluissa kun samat osat sopivat kaikkiin autoihin ja joitain osia voimme lainata toisesta autosta jos mittaukset sitä edellyttävät.



Kuva 1 Koysho Inferno VE

Valitsimme yhden erilaisen RC -auton sen vuoksi että voimme tutkia kuinka auton fyysiset mitat vaikuttavat auton, sekä auton alustan toimintaan ja käyttäytymiseen. Inferno GT2VE -auto (Kuva 2) on hieman pidempi ulkomitoiltaan ja akseliväliltään kuin Inferno VE. Siinä on myös hieman leveämpi raideleveys, joka vakauttaa RC -auton käyttäytymistä nopeissa mutkissa.



Kuva 2 Koysho Inferno GT2VE

5.6 RC -autojen tilaus

RC -autot tilattiin hankinnasta vastaavan opettajan toimesta kun valittavat autot oli päätetty. Ne tilattiin Ideaparkissa sijaitsevasta Koysho -jälleenmyyjäliikkeestä, jotka tuovat itse maahan kyseistä merkkiä. Tilaamamme RC -autot, varaosat sekä lisävarusteet luvattiin saapuvan kahdenviikon kuluessa Ideaparkin liikkeeseen. RC -autot ja suurin osa varaosista ja lisävarusteista saapuikin ajallaan mutta ylimääräinen rengassarja jäi jälkitoimitukseen. Jälkitoimitukseen jääneistä osista ei kuitenkaan ollut merkittävää haittaa, koska niitä ei tarvittu ensimmäisenä projektissa.

6 RC -AUTOJEN KÄYTTÖ

6.1 Turvallisuusohjeet

Nämä radio-ohjattavat autot eivät ole leluja.

On suositeltavaa että ensikertalainen käyttäjä tutustuu yhdessä RC -auton käyttöön ja toimintaan kokeneemman harrastajan kanssa.

RC -auto sisältää paljon pieniä osia, pidä lasten ulottumattomissa.

Älä käytä RC -autoa ahtaissa paikoissa sisätiloissa, lähellä lapsia, lemmikkieläimiä tai yleisillä teillä.

Tarkasta aina ennen käyttöä radio-ohjaimen paristot. Tyhjät tai vaurioituneet paristot saattavat aiheuttaa ohjattavuuden menetykseen ja johtaa vakaviin onnettomuuksiin.

Jos RC -auto käyttäytyy epätavallisesti, älä käytä sitä ennen kuin ongelma on ratkaistu.

Aja aina määritellyllä alueella, kilpa radalla tai muulla avoimella alueella.

Älä laita sormia pyöriviin tai liin osiin.

Moottori ja elektroninen tehonsäädin voivat olla erittäin kuumia ajon aikana.

Työkalujen huolimaton käyttö voi aiheuttaa vammoja.

Katkaise virta aina ajon jälkeen, sekä irroita akku ja paristot RC -autosta ja lähettimestä.

Tarkasta ennen käyttöä kaikkien ruuvien ja muttereiden tiukkuus.

Älä käytä laitetta korkeassa ruohikossa, mudassa, pehmeässä hiekassa tai kivikossa.

Käytä korjauksissa aina alkuperäisiä Kyosho –varaosia.

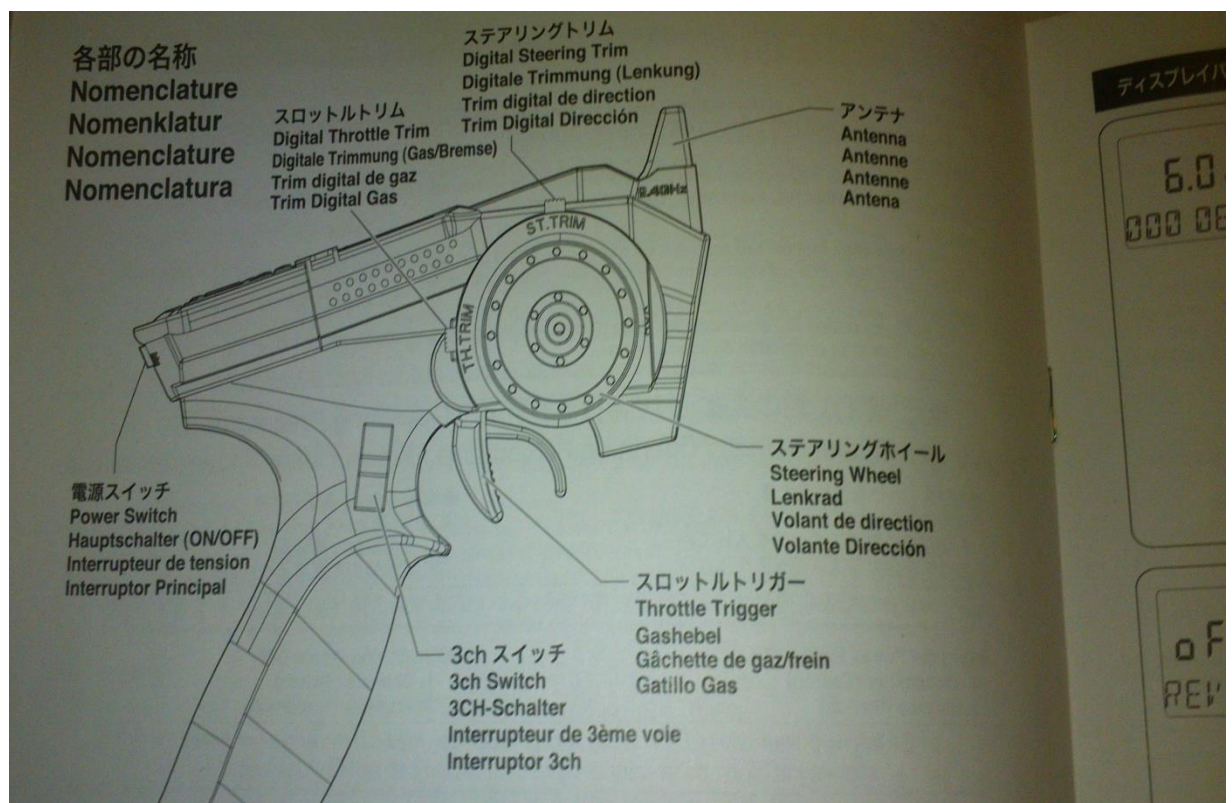
6.2 Radio-ohjaimen Syncro KT-201 käyttö

Radio-ohjain Syncro KT-201 toimii 2,4 GHz:n taajuudella. Tätä taajuutta käytetään yleisesti radio-ohjattavissa laitteissa, mikroaaltouuneissa, langattomassa LAN-verkossa, Bluetooth-tiedonsiirrossa sekä matkapuhelimissa. Ne voivat aiheuttaa ylimääräisiä liikkeitä radio-ohjattavassa laitteessa, etenkin kaupunkialueella. Syncro KT-201 radio-ohjain on suunniteltu toimimaan 100 metrin säteellä ohjattavasta laitteesta. Älä käytä tätä pitempiä ojausetäisyyksiä.

Radio-ohjaimen käyttö aloitetaan asettamalla neljä AA paristoa ohjaimen pohjassa olevaan paristolokeroon. Radio-ohjain käynnistetään ohjaimen takareunassa olevasta

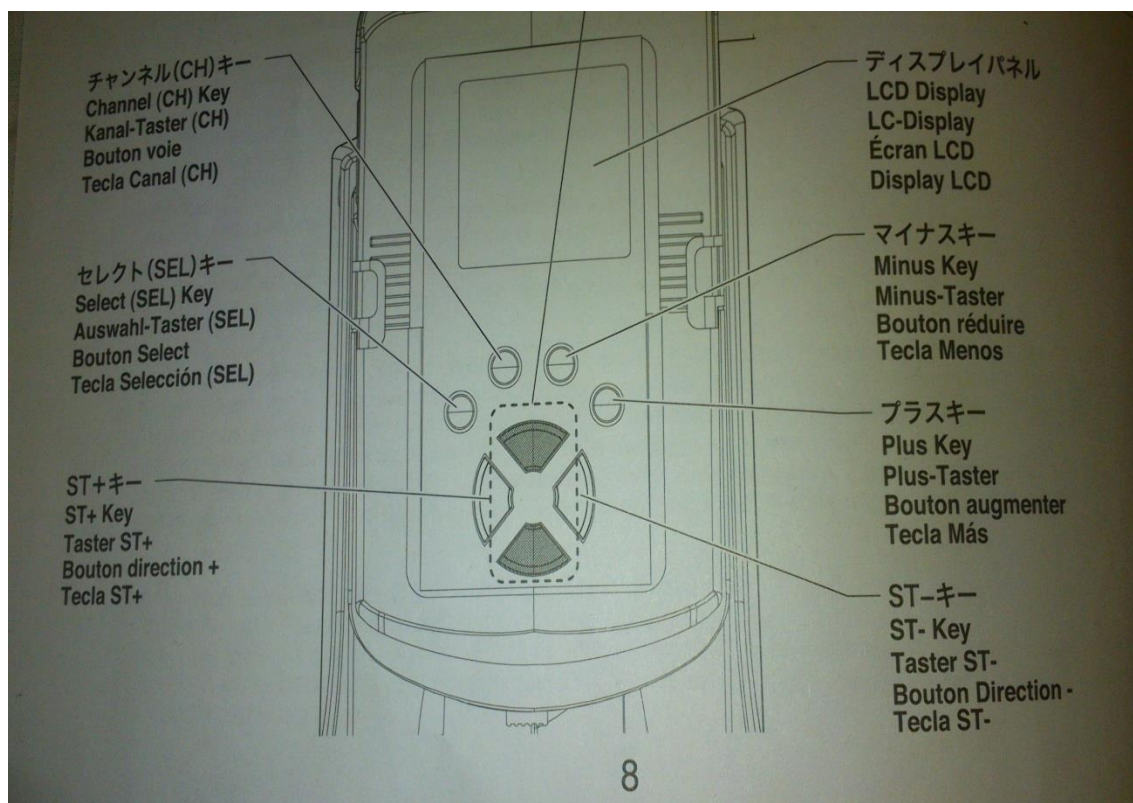
virtakatkaisimesta. On tärkeää, että ohjaimen kytketään virta ennen ohjattavaa laitetta. Väärässä järjestyksessä virran kytkeminen saattaa aiheuttaa sen, että laitteen sähkömoottori lähtee pyörimään vaikka ohjaimesta ei anneta mitään käskyjä.

Radio-ohjaimen päällekytkemisen jälkeen ohjaimen näyttöön tulee näkyviin ohjaimen sen hetkinen käyttöjännite. Käyttöjännitteen tulee olla yli 4,5V, että ohjain toimii oikein. Radio-ohjain varoittaa alle 4,5V matalasta käyttöjännitteestä äänimerkillä. Jos radio-ohjaimen käyttöjännite on sopiva, niin ohjain valmiina käytettäväksi. Kiihdytystä ja hidastusta ohjataan etusormella radio-ohjaimen alla olevalla liipasimella (Kuva 3). Liipasin on kaksisuuntainen ja sitä voidaan vetää taaksepäin tai työntää eteenpäin. Ohjattavan laitteen ohjaus, tässä tapauksessa etupyörien kääntöä, voidaan ohjata radio-ohjaimen oikeassa kyljessä olevalla pyöreällä kehällä. Kehä on kaksisuuntainen ja sillä voidaan ohjata laitetta oikealle tai vasemmalle pyörittämällä kehää joko myötä- tai vastapäivään.



Kuva 3 Syncro KT-201 ohjain

Radio-ohjaimesta löytyy useita käyttäjä kohtaisia säätöjä, esimerkiksi kiihdytyksen ja hidastuksen liipaisimen suunnat voidaan vaihtaa mieleiseksi. Kiihdyttää voidaan joko painamalla liipaisinta tai työntämällä riippuen asetuksista, myös ohjaus oikean ja vasemman välillä voidaan muokata mieleiseksi. Kiihdytyksen ja ohjauksen suunnat voidaan asettaa painamalla radio-ohjaimesta valintanäppäintä (SEL) (Kuva 4), jolloin näyttöön ilmestyy REV-ST -teksti ja sen yläpuolelle joko ON tai OFF. ON-asennossa ohjaus on käänteinen, kun ohjaus kehää kääntää ohjaimesta myötäpäivään, niin laite ohjautuu vasemmalle. Vastapäivään käännettäessä laite ohjautuu oikealle. OFF- asennossa ohjaustoiminnot ovat päinvastaiset. Asetusta ON- ja OFF-asennon välillä voidaan vaihtaa + ja - näppäimiä painamalla. Painamalla valintanäppäintä (SEL) ja sen jälkeen kanavanäppäintä (CH) näyttöön tulee teksti REV-TH. Samalla lailla kuten ohjauksenkin asetuksissa voidaan valita ON- tai OFF-asento + ja - näppäintä käyttämällä. ON-asennossa laite kiihdyttää kun liipaisinta työnnetään eteenpäin ja hidastuu kun liipaisinta vedetään taaksepäin. OFF-asennossa taas toiminnot ovat toisinpäin.



Kuva 4 Syncro KT-201 ohjainen näppäimet

Radio-ohjaimesta voidaan ottaa käyttöön ABS-jarruominaisuus joka on hyödyllinen liukkailla alustoilla ajettaessa. Se vähentää renkaiden luistoa jarrutuksen aikana. ABS-toiminto saadaan päälle painamalla valintanäppäintä (SEL) kolme kertaa niin näyttöön ilmestyy ABS-TH ON tai ABS-TH OFF. ON-asennossa ominaisuus on toiminnassa ja OFF-asennossa ei. ON ja OFF-asentoa voidaan muuttaa + ja – näppäimellä. ABS-toiminto toimii sähkömoottorin kautta, joten nelivetoisessa autossa se vaikuttaa kaikkiin pyöriin, mutta muissa vetotavoissa vain vetäviin pyöriin.

Syncro KT-201 radio-ohjaimella voidaan ohjata myös muita radio-ohjattavia laitteita, kuten veneitä ja lentokoneita. Siitä johtuen radio-ohjaimessa on 15 eri muistipaikkaa valmiille asetuksille. Käytettävä asetuspaketti voidaan nimetä ja valita ohjaimesta. Asetuspaketin nimi ja numero näkyy radio-ohjaimen näytöllä alareunassa kun virta kytketään ohjaimeen. Eri asetuspaketteja voidaan selata painamalla + ja – näppäimillä.

Radio-ohjaimesta voidaan säätää ohjausservon liikkuvuutta ST+ ja ST- näppäimillä. ST-näppäimellä ohjausservon liike pienenee ja etupyörät kääntyvät pienempään kulmaan suhteessa RC -auton keskiinlinjaan. Tästä on apua esimerkiksi silloin kun ajetaan suurella nopeudella loivia kaarteita. Silloin auto on helpompi hallita eikä auto lähde luisuun liian suuren etupyörien kääntökulman takia. ST+ näppäimellä saadaan vastaavasti ohjauservo liikkumaan enemmän ja etupyörät kääntyvät suurempaan kulmaan suhteessa RC -auton keskiliinjaan.

6.3 RC -auton ajokuntoon laitto ja tarkastukset

Ennen RC -autolla ajoon ryhtymistä perehdy RC -auton käyttöohjeisiin sekä radio-ohjaimen käyttöohjeisiin. Kun RC -auton ja radiohjaimen käyttö on hallussa niin aloita ajaminen asentamalla täydet virtälähteet autoon ja radio-ohjaimeen. Varmista että autossa oleva virtalähde on tukevasti kiinni asennustelineessään ettei se pääse irtoamaan ajon aikana. Kiinnitä myös virtälähteiden johdot kiinni asennustelineeseen ettei ne pääse osumaan auton pyöriviin osiin. Varmista että elektronisen nopudensäätimen katkaisin on OFF asennossa ja kytke siihen virtälähteen johdot. Kytke ensin virta radio-ohjaimeen ja sen jälkeen autoon. Asenna RC -auton alustan päälle kori.

Varmista ennen ajoa että RC -auto tottelee radio-ohjainta sekä tarkista radio-ohjaimen asetukset. Aseta RC -auto jalustalle jossa kaikki renkaat jäävät ilmaan. Tarkasta ensin ohjauksen toiminta. Käännä renkaat oikealle ja vasemmalle. Eturenkaiden pitäisi kääntyä molempiin suuntiin samanverran ja palata keskiasentoon kun ohjauskehä vapautetaan. Ohjauksen keskikohtaa voidaan säätää ohjaimesta ST.TRIM näppäimellä oikealle ja vasemmalle. Kun ST.TRIM asetusta on 0% niin ohjaus keskittää suoraan eteenpäin. Seuraavaksi säädä ohjauservon liikemäärä ST+ ja ST- näppäinten avulla. ST+ suuntaan säädettäessä ohjauksen liike kasvaa ja etupyörät kääntyvät jyrkemään kulmaan suhteessa RC -auton keskilinjaan. Tämä asetusta on hyödyllinen hitaasti jyrkkiä mutkia ajettaessa. ST- suuntaan taas vastaavasti etupyörät kääntyvät vähemmän RC -auton keskilinjaan verrattuna.

Tarkasta että RC -auton pyörät pyörivät eteen- ja taaksepäin. Älä kiihdytä RC -auton renkaiden täyteen nopeuteen, koska pyörintänopeus saattaa ylittää renkaan kestävyysrajan ja rengas hajoaa. Jos kaikki toiminnot toimivat normaalisti voit aloittaa ajamisen.

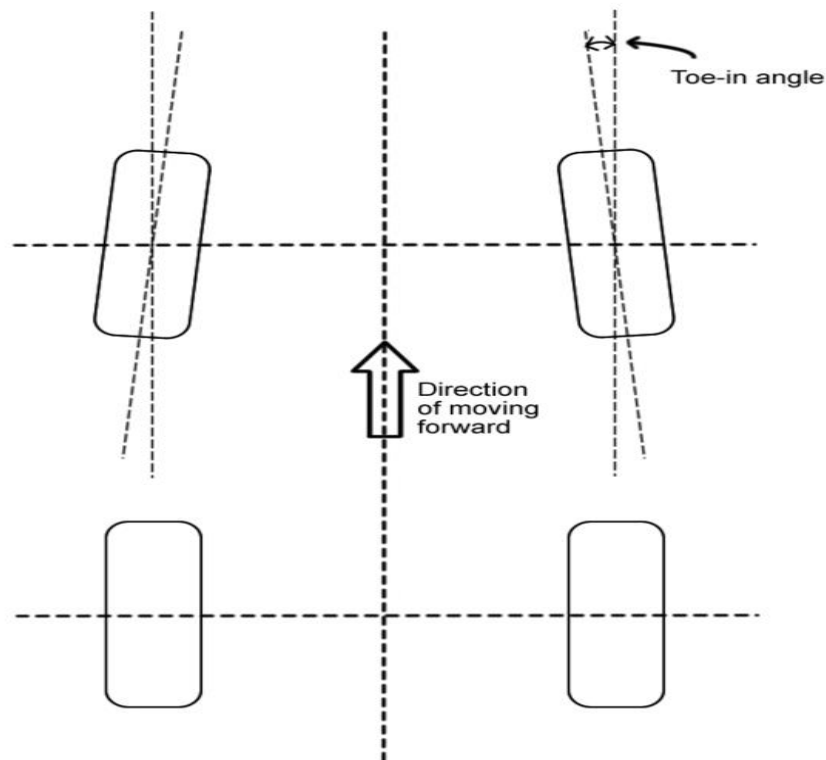
6.4 RC -auton alustan säätäminen

Näissä RC -autoissa on mahdollisuus säätää alustaa monipuolisesti. Etuakselissa on säätömahdollisuus auraukselle ja camber-kulmalle. Taka-akselissa voidaan säätää camber-kulmaa. Molemmilla aksleilla voidaan säätää iskunvaimennusta ja jousitusta eri paksuisilla iskunvaimenninöljyillä sekä eri jäykkyyksillä jousilla. Jousi ja iskunvaimennin muodostavat yhdessä yhtenäisen paketin, joka on helppo vaihtaa tarvittaessa toiseen.

6.4.1 Aurauksen säätäminen

RC -auton auraus säädetään etuakselissa olevia raidetankoja pidentämällä tai lyhentämällä kuten henkilöautoissakin (Kuva 6). Ennen aurauksen säätämistä on varmistettava että ohjaus on asetettu suoraan eteenpäin. Helpoiten voidaan varmistaa että ohjaus on suoraan eteenpäin siten, että laitetaan radio-ohjaimeen ja RC -autoon virta päälle. Sen jälkeen varmistetaan että ohjaimen TRM ST-asetus on 0%.

Etupyörien aurauskulma on kulma jonka etupyörä poikkeaa auton kulkusuunnasta (Kuva 5). Aurauskulma voi olla positiivinen tai negatiivinen. Aurauskulman ollessa negatiivinen, sitä sanotaan haritukseksi ja positiivista kulmaa sanotaan auraukseksi. Positiivisessa kulmassa pyörien etureunat ovat lähempänä toisiaan kuin takareunat. Negatiivisessa kulmassa taas pyörien etureunat ovat kauempana toisiaan kuin takareunat.



Kuva 5 Aurauskulman määrittäminen (www.wikiwand.com)

Takavetoisessa autossa käytetään etupyörissä positiivista aurauskulmaa kun taas etuvetoisessa autossa käytetään negatiivista aurasta eli haritusta. Takavetoisessa autossa etupyörät pyörivät vapaasti, joten niiden vierintävastus kääntää etupyöriä negatiiviseen suuntaan. Ajossa etupyörät siis kulkevat lähes suoraan auton kulkusuuntaan nähden. Etuvetoisessa autossa etupyörät vetävät ja etupyörä pyrkii kääntymään positiiviseen aurauskulman suuntaan. Ajossa etuvetoisen etupyörät pyörivät siis lähes auton kulkusuuntaan. Virheellinen aurauskulma ilmenee ajoneuvon huonona suuntavakavuutena tai hitaana ohjausvasteena. Se aiheuttaa myös renkaiden epätasaista kulumista ja joskus myös ohjauspyörä voi olla eri suunnassa kulkusuuntaan nähden. Liian suuri aurauskulma lisää renkaan vierintävastusta, joka lisää polttoaineen kulutusta. (Tamk. opintomateriaali. auton alustatekniikka. Tauno Kulojärvi)



Kuva 6 Etuakselin aurauksen säädetangot

6.4.2 Camber-kulman säätäminen

RC -auton camber-kulma eli pyörän kallistuma säädetään sekä edessä että takana ylätukivarsissa olevilla säätöruuveilla (kuvat 7 ja 8). Pyörittämällä säätöruuvista myötäpäivään tai vastapäivään saadaan ylätukivartta lyhenemään tai pitenemään. Pidentämällä ylätukivartta camber-kulmaa saadaan säädettyä positiiviseen suuntaan ja lyhentämällä negatiiviseen suuntaan. Camber-kulma on positiivinen kun pyörä on yläreunasta kallellaan ulospäin ja negatiivinen kun pyörä on on yläreunastaan kallellaan sisäänpäin.



Kuva 7 Camber-kulman säätöruuvi etuakselilla



Kuva 8 Camber-kulman säätöruuvi taka-akseilla

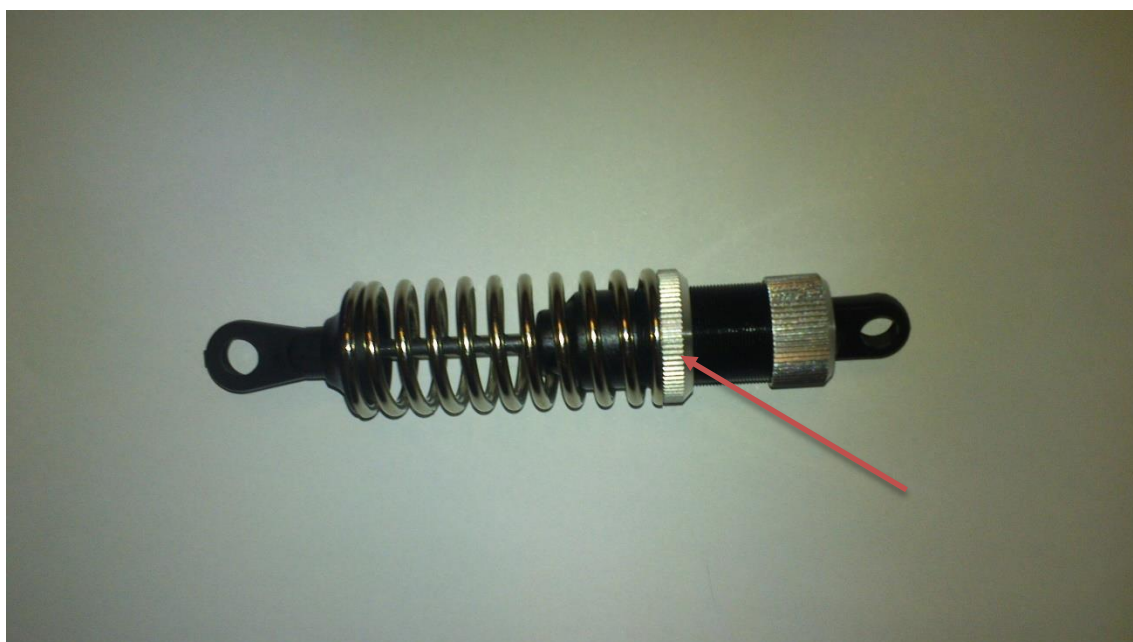
Positiivisella kallistumalla pyörä pyrkii kartiovierintäperiaatteella vierimään autosta pois päin. Kun auto kuitenkin pakottaa pyörän kulkemaan suoraan, aiheutuu renkaaseen sivuttaisvoima ulospäin ja sortokulma. Siten auto puoltaa suoraan ajettaessa suuremman positiivisen camber-kulman puolelle, jos kulmat ovat pyörissä erisuuret.

Kaarteessa ulkokaarten puoleinen pyörä hallitsee auton käyttäytymistä, koska RC – auton paino siirtyy ulkokaarteeseen ja siellä pyöräkuorma on suurempi. Jos tässä pyörässä käytetään positiivista kallistumaa, vaatii tietyn sivuttaisvoiman kehittäminen suuremman sortokulman kuin nollakallistumalla. Kosketuspinta on silloin esijännittynyt vastakkaiseen suuntaan, ja tämä muodonmuutos täytyy kaarresivuvoiman kehittyessä

ensin purkaa. Positiivinen pyörän kallistuma huonontaa kaarteessa ulomman pyörän pitokykyä siinä mielessä, että sivuttaispitovoiman kehittämiseen tarvittava sortokulma kasvaa. Etuakselilla käytettynä tämä merkitsee sitä, että auton kaarreominaisuudet muuttuvat aliohjautuvaan suuntaan. Negatiivisella kallistumalla vastaavasti tietyn kaarresivuttaisvoiman kehittämiseksi ulommassa pyörässä tarvitaan pienempi sortokulma kuin pyörän ollessa pystyssä. (Tamk. opintomateriaali. auton alustatekniikka. Tauno Kulojärvi)

6.4.3 Jousituksen säätäminen

Tampereen ammattikorkeakoulun hankkimissa RC -autoissa on jousitus toteutettu niinsanotuilla ”kynäjousilla”(Kuva 9). Nimitys tulee jousituksen rakenteesta, jossa iskunvaimennin on sijoitettu kapean kierrejousen sisään joten joustintuen rakenne muistuttaa kynää. Rakenne helpottaa joustintuen asentamista ja on suosittu jousitustyyppi etenkin kolmiotukivarsien kanssa, joita käytetään paljon kilpa-autoissa. Tämän tyyppisiin joustintukiin on helppo rakentaa iskunvaimennuksen ja jousen esijännityksen säätö.



Kuva 9 RC -autoissa käytettävä ”kynäjousi”

RC -auton joustintuesta voidaan säätää jousen esijännitystä iskunvaimentimen rungossa olevan mutterin avulla. Säätomutteria kiristämällä saadaan jouta puristettua tiukemmalle joten jousi on valmiiksi jännittyneenä. Jännittynyt jousi vaatii esijännitystä suuremman voiman alkaakseen puristua kasaan. Esijännitystä lisäämällä saadaan RC -auton jousitusta säädettyä jäykemmäksi tai vähentämällä pehmeämmäksi.

RC -auton joustintuki toimitetaan rakennussarjana, joten uudet joustintuet on kasattava itse. Joustintuki koostuu useasta pienestä osasta (Kuva 10). Iskunvaimentimen toimintaa voidaan säätää vain eri viskositeetin omaavilla öljyillä. Iskunvaimentimen mäntä on yhdeltä sivulta tasainen ja muuten pyöreä. Öljykanava on samankokoinen sisään- ja ulosjoustossa, joten vaimennus on sama molemmissa tapauksissa. RC -auton iskunvaimentimiin on saatavana ainakin neljän eri viskositeetin omaavaa öljyä. Itse käytin jostintukia kootessani 400-merkinnällä olevaa öljyä, joka on kaikkein juoksevinta. Muut vaihtoehdot olisivat olleet 500, 600 ja 800. Iskunvaimentimia täytettäessä öljyllä on tärkeää että öljytilaan ei jää ilmaa, koska ylimääräinen ilma öljytilassa aiheuttaa ilmakuplia öljyn seassa. Ilmakuplat öljyssä puristuvat kasaan, joka aiheuttaa tyhjää liikettä iskunvaimentimen männässä ennen kuin vaimennin alkaa toimia oikealla tavalla.



Kuva 10 RC -auton joustintuki osina

7 MITTAUSTEN SUUNNITTELU

7.1 RC -autoista mitattavat suureet

RC -autoista oli tarkoitus mitata ajoneuvon käyttäytymiseen vaikuttavia tärkeimpiä mittasuureita. Mitta-arvot ovat tärkeitä kun lasketaan esimerkiksi auton painopisteen siirtymää jarrutettaessa ja kiihdytettäessä. Painopisteen sijainti on todella oleellinen tieto nopeasti liikkuvissa ajoneuvoissa, koska ajoneuvon hallinta voidaan menettää jos painopiste on väärässä paikassa ajoneuvoa. RC -autoista mitattiin muun muassa kiihtyvyyttä, hidastuvuutta, nopeutta sekä alustan toimintaa epätasaisella alustalla.

7.2 Kiihtyvyyksmittaukset

Kiihtyvyyksmittaukset on tarkoitus jakaa kahteen osioon, jossa toisessa mitataan RC -auton eteen- ja taaksepäin suuntautuvaa kiihtyvyyttä ja toisessa osiossa kiihtyvyyttä joka suuntautuu RC -autosta sivulle päin. Pitkittäiskiihtyvyys ja sivuttaiskiihtyvyys voidaan mitata samalla kiihtyvyyksanturilla ja se sijoitetaan mahdollisimman keskelle autoa, lähelle auton omaa painopistettä.

7.2.1 Pitkittäiskiihtyvyys ja hidastuvuus

Pitkittäiskiihtyvyys mitataan siten että RC -autolla lähdetään paikaltaan täydellä teholla suoraan eteenpäin. RC -autoa kiihdytetään tietyn matkan eteenpäin sopivaan nopeuteen ja jarrutetaan nopeus nolleen. Tätä mittausta varten on varattava tarpeeksi pitkä suora ja tasainen rata. Radan pinta tulee olla tasalaatuista koko matkan, esimerkiksi asfalttia, että renkaan ja tienpinnan välinen kitkakerroin ei muutu vaan pysyy samanarvoisena.

Hidastuvuuden mittaus suoritetaan samalla pitkittäiskiihtyvyyden mittauksen kanssa. Pitkittäiskiihtyvyyden mittauksessa kiihdytetty nopeus jarrutetaan nolleen mahdollisimman nopeasti tasalaatuisella pinnalla. Kiihdytys ja jarrutus toistetaan kolme kertaa että saadaan vertailukelpoinen ja tarkka tulos. Ennen mittauksia on varmistettava

että RC -auto on nelivetoinen ja RC -auton pyörien kulmat ovat perusarvoissa. Tarvittaessa pyörien kulmat on säädettävä perusarvoihin.

Kiihdytys ja jarrutus mittaukset suoritetaan nelivetoisella RC -autolla soralla ja asfaltilla. Tästä nähdään millainen merkitys renkaan ja tienpinnan välisellä kitkalla on ajoneuvon kiihtyvyyteen ja etenkin hidastuvuuteen. Kun kaikki kolme mittausta on suoritettu kummallakin alustalla, niin sen jälkeen RC -auto muutetaan ensin etuvetoiseksi ja sitten takavetoiseksi. Kaiken kaikkiaan RC -autolla kiihdytetään ja jarrutetaan tässä laboratoriotyössä 18 kertaa. Laboratoriotyötä voidaan laajentaa tarpeen vaatiessa vaihtamalla vetäviin pyöriin erilaisella kuviolla olevat renkaat ja suorittaa voidaan myös hakea paras pito kullekin ajoalustalle.

Mittaustulokset siirretään lopuksi tietokoneelle tarkasteluja varten. Kiihtyvyysskuvaajat nimetään sen mukaan millaiset olosuhteet mittauksen aikana vallitsivat, esimerkiksi sorapinta, etuveto. Samoilla olosuhteilla mitatuista kiihtyvyysskuvaajista lasketaan keskiarvokuvaaja, jota verrataan muiden kiihtyvyyssmittausten keskiarvokuvaajiin. Lopuksi meillä on siis kuusi kuvaajaa, yksi nelivetoinen asfaltilla ja yksi nelivetoinen soralla ja niin edelleen. Keskiarvokuvaajista näemme jokaisesta suurimman kiihtyvyyden arvon niin kiihdytystilanteessa kuin jarruttaessakin. Suurinta kiihtyvyyttä hyväksikäyttäen laskemme kullekin keskiarvokuvaajalle vallitsevan kitkakertoimen μ_s kaavalla 1. Kaavassa 1 a on mitattu kiihtyvyys ja g on maan vetovoima. Etuvetoisen ja takavetoisen RC -auton kitkakertoimia hyväksikäyttäen laskemme myös painon siirtymän kiihdytys ja jarrutustilanteessa. Moottorin teho W lasketaan jokaiselle keskiarvokuvaajalle alla olevan kaavan 2 avulla. Kaavassa 2 a on mitattu kiihtyvyys, m on RC -auton massa ja t on kiihdytykseen käytetty aika. Lopuksi verrataan saatuja arvoja oikeisiin autoihin ja niiden suorituskyykyyn. RC -auton dynaaminen painonsiirtymä takakselille WT voidaan laskea kaavalla 3 kun tiedetään kiihtyvyys a_v , painopisteen korkeus h_{cg} , akseliväli WB sekä RC -auton kokonaismassa newtoneina V_t .

$$\mu_s = \frac{a}{g} \quad (1)$$

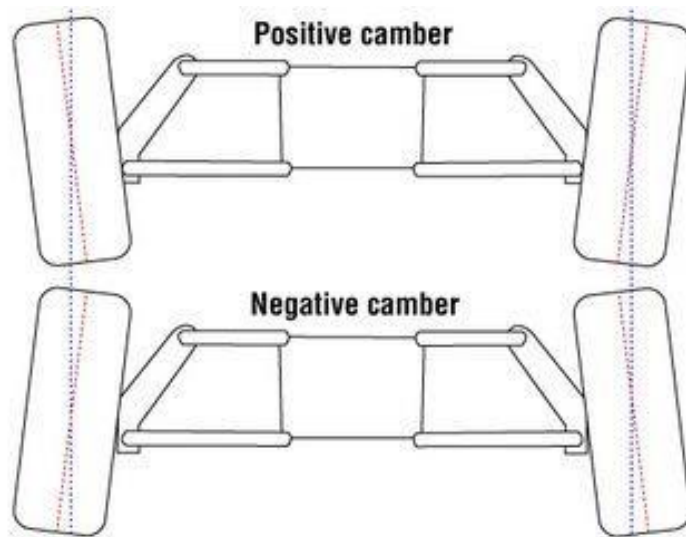
$$W = a^2 m t^2 \quad (2)$$

$$WT = \frac{a_v}{g} \cdot \frac{h_{cg}}{WB} \cdot V_t \quad (3)$$

7.2.2 Keskeiskiihtyvyys

Keskeiskiihtyvyyssmittauksessa tarkastellaan kuinka suuri keskeiskiihtyvyys RC -autolla voidaan saavuttaa ja kuinka auton alustan säädöillä siihen voidaan vaikuttaa. Keskeiskiihtyvyyssmittaukset suoritetaan ympyränmuotoisella asfalttipintaisella radalla. Keskeiskiihtyvyyden määrää voidaan lisätä joko ympyräradan halkaisijaa pienentämällä tai RC -auton nopeutta lisäämällä. Näistä parempi vaihtoehto olisi ympyräradan halkaisijan pienentäminen ja RC -auton nopeuden pitäminen vakiona, koska auton muoto ja ilmanohjaimet painaisivat autoa tiukemmin tiehen nopeuden noustessa. Tämä vääristäisi mittaustuloksia hieman. Nopeuden säilyessä vakiona ajoalustan ja renkaan välinen kitka säilyisi suhteessa keskeiskiihtyvyyteen samana. Ennen mittauksia RC -auto on oltava nelivetoinen ja renkaiden täytyy olla asfaltille soveltuvat ja sileäpintaiset. RC -auton pyörien kulmat on myös mitattava ja säädettävä tarvittaessa perusarvoihin.

Ensimmäinen mittaus suoritetaan nelivetoisella RC -autolla ja aloitetaan suurella ympyräradan halkaisijalla. Ympyrän halkaisijaa pienennetään nopeuden pysyessä vakiona niin kauan että ajoalustan ja renkaanvälinen kitka loppuu ja rengas alkaa liukua asfaltilla. Mittaus toistetaan kolme kertaa että saadaan vertailukelpoinen mittaustulos. Seuraavaksi säädetään RC -auton camber -kulmat eli pyörän pystykallistuma, ensin camber -kulma säädetään kaksi astetta positiiviseksi (Kuva 11) eli renkaan pystyakseli on yläreunasta kaksi astetta kallellaan ulospäin. Camber -kulman säädön jälkeen mitataan jälleen kolmeen kertaan keskeiskiihtyvyyttä ympyräradalla. Camber -kulma säädetään vielä kaksi astetta negatiiviseksi (Kuva 11) ja suoritetaan mittaukset. Näiden mittauksien jälkeen muutetaan auton jousitusta hieman jäykemmäksi jäykemmillä jousilla ja suoritetaan kaikki mittaukset uudelleen. Toisessa mittauksessa RC -auto muutetaan etuvetoiseksi ja suoritetaan mittaus samaan tapaan kuin edellä kolmeen kertaan. Kolmas mittaus suoritetaan kuten edellä kun RC -auto on takavetoinen.



Kuva 11 Positiivinen ja negatiivinen camber -kulma (www.1001renkaat.com)

Kun kaikki mittaukset on suoritettu, puretaan mittauksissa kertynyt data tietokoneelle ja aletaan analysoida ja järjestämään sitä. Mittaustuloksista pyritään selvittämään keskimääräinen kitkakerroin kullekin camber -kulmalle ja jousen jäykkyydelle. Lisäksi selvitetään saaduista mittaustuloksista, kuinka RC -auton alustan säädöt ja vetotavan muutos vaikuttaa siihen että sivuttaispito säilytetään mahdollisimman suurilla keskeiskiihtyvyyksillä. Selvityksestä tulee ilmetä myös se, että kuinka RC -auton sivuttaispitoa voisi parantaa entisestään. Keskeiskiihtyvyys a_r voidaan laskea kaavalla 4, jossa n on kierrostaajuus eli kierrosnopeus 1/s ja r ympyrän säteen pituus. RC -auton renkaisiin vaikuttava kitkakerroin μ_s voidaan laskea kaavalla 5.

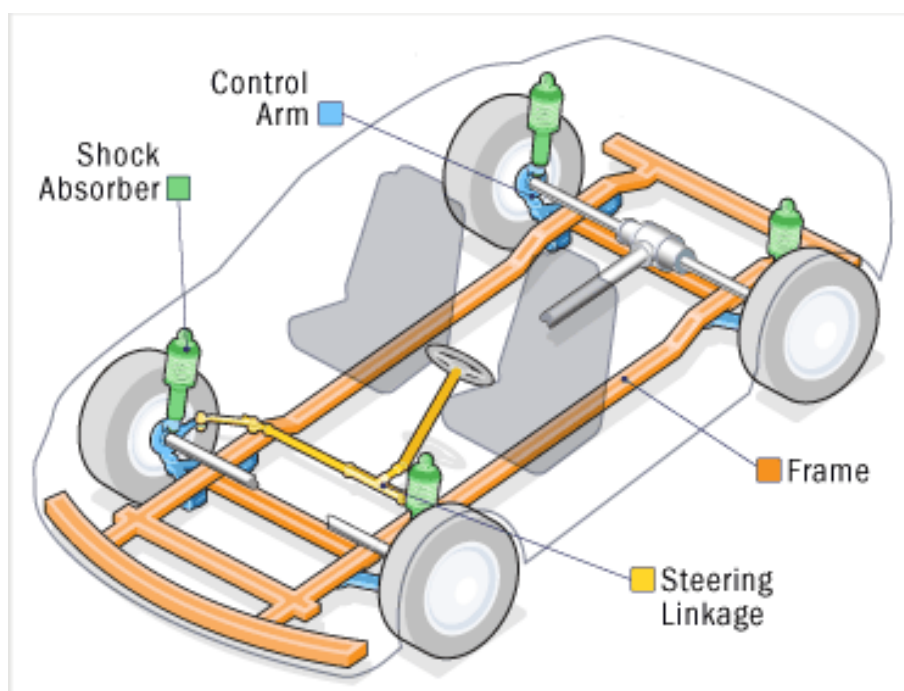
$$a_r = (2\pi n)^2 \cdot r \quad (4)$$

$$\mu_s = \frac{a_r}{g} \quad (5)$$

7.3 Jousituksen mitta

Kun puhutaan auton suorituskyvystä, tulee tavallisesti mieleen moottorin teho sekä vääntö. Moottorin tuottama suurikin teho on hyödytöntä jos sitä ei saada muutettua autoa eteenpäin liikuttavaksi voimaksi vaan se hukataan renkaan sutimiseen huonon pidon takia. Jousituksen tehtävä autossa on pitää auton pyörä tiukasti tien pinnassa myös epätasaisella alustalla ajettaessa. Tästä syystä auton jousituksella on suuri merkitys moottorin tuottaman väännön välittämisessä tiehen autoa eteenpäin liikuttavaksi voimaksi. Ohjattavuuden ja matkustusmukavuuden kannalta on tärkeää, että auton pyörät pysyvät kosketuksessa tien pintaan. Jos auton pyörien kosketus tien pintaan menetetään, menetetään myös ohjattavuus sekä kiihdytys- ja jarrutuskitka.

Auton jousitus on osa auton alustaa. Auton alustaan kuuluvat auton runko tai kori riippuen rakenteesta, jousitus, pyörien tuenta, ohjausjärjestelmä sekä pyörät (Kuva 12). Auton jousitus koostuu yleensä jousesta ja iskunvaimentimesta. Jousen tehtävänä on kantaa auton paino sekä auton kuorma. Jousi painaa auton pyörää tien pintaan ja varmistaa että pyörä koskettaa tietä myös epätasaisella alustalla. Iskunvaimentimen tehtävä on vaimentaa jousen värähtelyä ja näin vakauttaa auton kulkua. Jos autossa ei olisi iskunvaimentimia, auto jäisi pomppimaan jousien varassa epätasaisuuden jälkeen.



Kuva 12 Auton alusta (auto.howstuffworks.com)

7.3.1 Täryradan mittaus

Täryradalla on tarkoitus tutkia RC -auton jousituksen ja iskunvaimennuksen toimintaa. Täyrata on rakennettu vanerin päälle puusta että mittaukset ovat toistettavissa eikä ajoalusta muutu useammankaan mittauksen jälkeen. Se on rakennettu siten että vanerilevyyn on ruuvattu puulistoja tasaisin välein toisistaan. Listat muodostavat kohoumia vanerilevyn pintaan, joiden yli RC -autolla ajetaan. Täyrata on kaksiosainen, toisessa osassa puulistat ovat koko auton leveyden mittaisia ja toisessa osassa oikean puolen renkaat kulkevat listojen yli eri aikaan vasemman puolen renkaiden kanssa.

Täryradalla mitataan millä taajuudella RC -auton kori värähtelee ajettaessa epätasaisella alustalla ja kuinka hyvin RC -auton alusta absorboi tienpinnan epätasaisuuksia. Mittaukset suoritetaan RC -auton runkoon sijoitetun kiihtyvyysanturin avulla sekä jousitukseen kiihinnitetyllä liikematka-anturilla. RC -autolla ajetaan molemmat täryradat yli vakionopeudella erikseen ja tämä toistetaan kolme kertaa. Täyrata ajetaan neljällä eri nopeudella. Mittaus toistetaan myös jäykemmällä iskunvaimentimilla, että huomataan kuinka jäykemmät iskunvaimentimet vaikuttavat RC -auton käyttäytymiseen epätasaisella.

Molemmat täryradan mittaukset suoritetaan nelivetoisella RC -autolla ettei auton nopeus pääse alenemaan puutteellisen vetopidon takia mittauksen aikana. Ennen mittauksia lasketaan jousille jousivakiot k kaavalla 6, jossa F on voima jolla jousa pusristetaan kasaan ja y on matka metreinä jonka jousi puristuu kasaan. RC -auton korin värähtely voidaan havainnoida kiihtyvyysanturin käyrästä. RC -auton korin värähtelytaajuus saadaan hertzeinä kun kiihtyvyysanturin käyrästä lasketaan kuinka monta kertaa sekunnissa kiihtyvyys muuttaa suuntaa.

$$k = \frac{F}{y} \quad (6)$$

7.3.2 Hyppyri

Hyppyrissä on tarkoitus mitata jousituksen kykyä imeä energiaa vapaapudotuksen jälkeen maahan tullessa. Tässä kokeessa mitataan myös kuinka suuri kiihtyvyys saavutetaan jos jousitus pääsee pohjaamaan eli kun jousi puristuu kasaan ja joustovara loppuu.

Hyppyri koostuu ajorampista, jonka kulmaa voidaan säätää sopivaksi kullekin nopeudelle. Ajorampin on oltava tarpeeksi pitkä että jousituksen värähtely on loppunut ennen kuin ajoramppi loppuu ja RC -auto on ilmassa. Jousituksen värähtely vääristäisi RC -auton lentorataa ja näin ollen voimaa jolla RC -auto tulee maan pintaan. Mittauksessa käytetään kaksia eri jäykkyydellä olevia jousia ja verrataan niiden eroja toisiinsa. Mittaukset suoritetaan molemmilla jousilla samalla nopeudella ja samalla ajorampin kulmalla suhteessa maan pintaan. Mittaustulokset ovat näin verrattavissa keskenään. Mittaukset suoritetaan kolmeen kertaan, että saadaan luotettava mittaustulos.

Mittaukset suoritetaan kiihtyvyyssanturia molemmilla akseleilla apunakäyttäen. Voima F , joka kohdistuu RC -auton alustaan ja runkoon akseleiden kautta kun jousitus pohjaa voidaan laskea kaavalla 7. Kaavassa m on akselille kohdistuva massa newtoneina ja a on autosta mitattu kiihtyvyys. Lopuksi lasketaan RC -auton akselille kohdistuva kuorma kilogrammoina m_p kaavalla 8, jossa g on maan putoamiskiihtyvyys.

$$F = ma \quad (7)$$

$$m_p = \frac{F}{g} \quad (8)$$

8 POHDINTA

Opinnäytetyöni tavoitteena oli hankkia ja vertailla erilaisia kauko-ohjattavia autoja, joita Tampereen ammattikorkeakoulu voisi käyttää hyväksi erilaisissa oppimistapahtumissa. Tarkoituksena oli simuloida oikean auton käyttäytymistä erilaisissa tilanteissa sekä mitata sekä laskea autoon kohdistuvia fysikaalisia voimia.

Tässä työssä tutustuin Tampereen ammattikorkeakoulun hankkimaan RC -autoon ,sekä sen käyttöön ja rakenteeseen. Käyttöön ja rakenteeseen tutustuminen auttoi RC -autolla suoritettavien mittausten suunnittelussa. Lisäksi suunnittelin mitä mittauksia Tampereen ammattikorkeakoulun hankkimilla RC -autoilla voisi suorittaa sekä kuinka mittaukset toteutettaisiin. Mittaustulosten keräämiseen tein taulukot EXEL -ohjelmalla. Opinnäytetyötä olisi voinut laajentaa suunnittelemini mittausten suorittamisella RC -autoilla ja mittalaitteistolla.

Tämä opinnäytetyö onnistui mielestäni kohtuullisesti. Etsin laajasti tietoa RC -autoista internetistä, suoraan maahantuojoilta sekä käyttäjiltä. Aihe oli minulle ennestään tuntematon eikä minulla ollut aikaisempaa kokemusta RC -autoista ja niiden ominaisuuksista. Tämän työn aikana sain paljon tietoa RC -autojen tekniikasta sekä mahdollisuuksista mitata autoon ajon aikana kohdistuvia voimia. Opinnäytetyössäni käsittelin myös hankintaan liittyviä sääntöjä ja asetuksia.

LÄHTEET

Hankinnat. Tarjouspyynnön lähettäminen. 2012. Julkisten hankintojen neuvontayksikkö. Luettu 2.7.2014.

<http://www.hankinnat.fi/fi/hankintaprosessi/tarjouspyynnnon-laatiminen/tarjouspyynnnon-lahettaminen>

Hankinnat. Tarjousten käsittely. 2012. Julkisten hankintojen neuvontayksikkö. Luettu 2.7.2014. <http://www.hankinnat.fi/fi/hankintaprosessi/tarjousten-kasittely>

1001 Renkaat. Neuvot. Akseligeometria, ohjauskuilmien säätö ja suuntaus. Luettu 27.9.2014. <http://www.1001renkaat.com/neuvoja-renkaat/renkaiden-ohjauskuilmat-geometria-suuntaus>

How Stuff Works. Auto. How Car Suspensions Work. Luettu 7.10.2014. <http://auto.howstuffworks.com/car-suspension1.htm>

Tekniikan kaavasto. 2010. 7. painos. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka

Koysho Syncro KT-201 instruction manual. Luettu 9.10.2015.

http://www.kyosho.com/jpn/support/instructionmanual/digital_pres/pdf/82119_Syncro_KT201_IM.pdf

Wikiwand. Aurauskulma. Luettu 20.10.2015.

<http://www.wikiwand.com/fi/Aurauskulma>

Tampereen Ammattikorkeakoulu. Opintomateriaaali. Auton alustatekniikka. Tauno Kulojärvi. Luettu 20.10.2015

LIITTEET

8.1 Liite 1. Mittauspöytäkirjat

PITKITTÄISKIIHTYVYYSMITTAUS

		SORA	ASFALTTI
NELIVETO	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
ETUVETO	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
TAKAVETO	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		

SÄTEITTÄISKIIHTYVYYS

JOUSEN JÄYKKYYS				
HALK.		CAMBER +2°	CAMBER 0°	CAMBER -2°
NELIVETO	Mittaus 1			
	Mittaus 2			
	Mittaus 3			
ETUVETO	Mittaus 1			
	Mittaus 2			
	Mittaus 3			
TAKAVETO	Mittaus 1			
	Mittaus 2			
	Mittaus 3			

TÄRYRATAMITTAUKSET

	Rata 1.	Pehmeä alusta	Kova alusta
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		

	Rata 2.	Pehmeä alusta	Kova alusta
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
NOPEUS	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		

		Rampin kulma 1	Rampin kulma 2
Nopeus 1	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		
Nopeus 2	Mittaus 1		
	Mittaus 2		
	Mittaus 3		