

Janne Lento

MOPON NOPEUDENMITTAUS
DYNAMOMETRI
Suunnitelma

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma


Maaliskuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 3.3.2015	
Tekijä(t) Janne Lento	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka	
Nimeke Mopon nopeudenmittausdynamometri, suunnitelma.		
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella mopon nopeudenmittaamiseen soveltuva dynamometri, jolla mopon huippunopeus voidaan mitata turvallisesti sekä ilman kuljettajasta tai säästä johtuvia muuttujia. Tavoitteena oli pitää lopputuote kompaktina, kohtuullisen kevyenä ja kustannustasoltaan järkevänä. Opinnäytetyön aineisto pohjautuu Suomen tieliikennelakiin ja direktiiviin sekä teknilliseen tietokirjaan. Aineisto oli helposti löydettävissä ja helppo tulkintaista. Kaikkea tarpeellista tietoa niistä ei löytynyt vaan piti tyytyä perinteiseen mittaamiseen sopivasta kohteesta. Opinnäytetyön pohjalta olisi tarkoitus myöhemmin rakentaa toimiva nopeudenmittausdynamometri. Suunnitelma toiminee hyvänä pohjana käytännön ratkaisun toteutuksessa.		
Asiasanat (avainsanat) mopot, nopeus, mittauslaitteet, suunnittelu		
Sivumäärä 11+13	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnroot	Opinnäytetyön toimeksiantaja	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 3.3.2015
Author(s) Janne Lento	Degree programme and option Automotive and Transport Engineering	
Name of the bachelor's thesis Speed measurement dynamometer for moped, design.		
Abstract <p>The goal of the thesis was to design speed measurement dynamometer for moped, which can measure mopeds top speed safely and without variables caused by driver or weather condition. The final product was meant to be compact, light and low cost level.</p> <p>The material of thesis is based on Finland's road traffic law and directive and technical data book. Material was easy to find and light reading. Not everything was found on them, so I needed to do traditional measurements from suitable object to get base information.</p> <p>It is meant later to build speed measurement dynamometer based on this design. This design will do as a great base for that practical solution.</p>		
Subject headings, (keywords) moped, velocity, gauge, planning		
Pages 11+13	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Kari Ehrnroot	Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LAKI JA MÄÄRÄYKSET	2
3	TEORIA JA KAAVAT	2
	3.1 Mopoon vaikuttavat voimat	3
	3.2 Dynamometrin laskennalliset mitat	6
4	MITTAUSDYNAMOMETRI.....	6
	4.1 Dynamometrin komponentit	7
	4.2 Mittauksen kuormitus	7
	4.3 Nopeuden mittaus	9
5	POHDINTA	9
	LÄHTEET	11

LIITE/LIITTEET

- Liite 1 Mopojen otsapinta-alat
- Liite 2 Mopon vastusvoimat
- Liite 3 Toiminnallinen rakennesuunnitelma
- Liite 4 Dynorullan piirustus
- Liite 5 Mittausdynamometrin piirustus
- Liite 6 Sähkökytkentä kaavio
- Liite 7 Hihnapyörän mitoitus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on moponnopeusdynamometrin suunnitteleminen, koska katsastusinsinöörin työssäni työtehtäviini kuuluu mopojen valvontakatsastuksien suorittaminen. Mopojen yleisimpiin valvontakatsastuksen määräyssihiin kuuluu rakenteellisen nopeuden ylittyminen, jolloin katsastuksen yhteydessä tulee mitata mopon huippunopeus. Huippunopeuden mittaaminen voi olla jopa vaarallista, kun otetaan huomioon katsastajan ajotaito kaksipyöräisellä, mopon rakenteellinen kunto ja mopon omistajan tekemät muutokset. Rakenteellisen kunnan tarkastaminen kuuluu myös valvontakatsastukseen, mutta jonkun asian huomaamatta jääminen on mahdollista ja tällöin loukkaantumisriski huippunopeusmittauksessa kasvaa. Laitteeseen liittyviä työturvallisuus riskejä ja ratkaisuita en käsitellyt opinnäytetyössäni.

Tarkoitukseni oli suunnitella ja rakentaa moponhuippunopeuden mittaamiseen soveltuva laite, mutta liian lyhyen aikataulun takia jouduin supistamaan aiheen pelkkään suunnitteluun ja toteutuksen jättämisen oman harrastaneisuuden ja sulanmaan ajalle, jolloin laitteen kalibrointikin olisi mahdollista.

2 LAKI JA MÄÄRÄYKSET

Suomen ajoneuvolaissa määritellään mopon enimmäisnopeudeksi 45km/h /1 s.502/, jollei kyseessä ole pienitehoinen mopo, jotka jätän harvinaisuutensa takia pois käsitte-lystä. Direktiivissä 95/1/EY /2/ määrätään, että enimmäisnopeuden mittaamisen teke-vän henkilön tulee olla 175 senttimetriä pitkä ± 2 senttimetriä ja painaa 75 kilogrammaa ± 2 kilogrammaa. Samassa direktiivissä määrätään myös, että mitattu huippunopeus saa poiketa valmistajan ilmoittamasta ± 5 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sallitaksi enim-mäisnopeudeksi mittauksessa 47,25 km/h.

3 TEORIA JA KAAVAT

Vaikka mopoille ei nykylainsäädännössä eikä direktiiveissä määritellä maksimitehoa, perustuu mittausdynamometri tehon ja rullan pyörimisnopeuden mittaamiseen ja niiden suhteeseen. Koska ilmanvastuksen ja vierimisvastuksen voittaminen tietyllä nopeudella tarvitsee tietyn määrän tehoa, joka voidaan laskennallisesti määrittää, voidaan täten te-honmittausta käyttää nopeuden määrittämiseen. Jos laskemme mopon 45 kilometrin tuntinopeuteen tarvittavan tehon määrän olevan esimerkiksi 700 wattia. Tämän jälkeen asetamme mittausvastukseksi 700 wattia ja koeajamme mopon rullilla. Jos dynamomet-rin rullan mitattu pyörimisnopeus vastaa tällöin 45 kilometrin tuntinopeutta, on mopo vakio. Jos mitattu pyörimisnopeus taas on yli 50 kilometriä tunnissa, on mopon raken-teellinen nopeus varmasti liian suuri. Mittausdynamometrin rullille pitää kehittää vas-tusvoimaa, jotta mittaus olisi koeajoa vastaava. Suunnitelmassa tarvitsee laskea sekä mopoon vaikuttavia voimia sekä mittausdynamometriin vaikuttavia voimia sekä mitoi-tuksia. Tarvittavat kaavat löytyivät Boschin teknillisestä autokäsikirjasta /3/.

Nykymopojen moottorien tehot alkavat olla vakiona kolmen kilowatin kieppeillä ilmoi-tettujen teknistentietojen perusteella, joten niiden nopeutta on rajoitettava muulla ta-valla kuin ajovastuksilla. Hyvin yleinen rajoitusmuoto on sytytysyksiköllä kierrosten rajoittaminen. Myöskin välityssuhteella rajoitus on käytössä kaikissa mopoissa, skoot-tereissa variaattoriin asennettavalla sokalla, joka rajoittaa variaattorin liikematkaa ja muissa mopoissa rattaitten koolla. Välityssuhteen muuttaminen on mopoissa kielletty, mikä johtaa myös siihen, ettei mopojen rengaskokoa saa muuttaa. Sähkömopoissa olet-

taisin olevan ohjelmistollinen rajoitin. Lisäksi käytännössä tehokkaana rajoittimena toimivat kapasiteetiltaan pienet akut joiden luvattu toimintasäde on tällä hetkellä 60-80 kilometriä, joka virittäessä lyhenee dramaattisesti. Esimerkiksi nopeuden kasvattaminen 45 kilometristä tunnissa 50 kilometriin tunnissa lisää tehon tarvetta noin 200 wattia joka on 30 prosenttia kokonaistehosta(liite 2).

3.1 Mopoon vaikuttavat voimat

Kokonaisjovastus saadaan kaavan 1 mukaisesti

$$F = F_r + F_i + F_n \quad (1)$$

jossa F on kokonaisvoima, F_r on vierintävastus, F_i ilmanvastus ja F_n on nousuvastus. Nousuvastuksen voi jättää tästä yhtälöstä pois, koska direktiivin mukaan koeajo on suoritettava tasaisella maalla /2/. Vierintävastus on kaavan 2 mukaisesti

$$F_r = f * m * g \quad (2)$$

jossa f on vierintävastuskerroin, käytin arvoa Boschin autoteknisestä käsikirjasta, m on ajoneuvon massa ja g putoamiskiihtyvyys. Ajoneuvon massa sisältää 75 kilogramman painoisen kuski, jotta vastuslaskutuloksesta tulee direktiivin mukainen /2/. Esimerkiksi Honda Monkeyn vierintävastus lasketaan näillä lähtötiedoilla:

Vierintävastuskerroin= $f=0,011$ (Boschin autoteknisestä käsikirjasta sivulta 325, taulukko 2)

Ajoneuvon massa= $m=moponmassa + kuljettajanmassa=55kg+75kg$ (Monkeyn rekisterotteesta sekä direktiivistä 95/1/EY)

Maanvetovoiman kiihtyvyys= $g=9,81 \frac{m}{s^2}$

Jolloin vierintävastusvoimaksi tulee

$$F_r = 0,011 * 130kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_r \approx 14,03N$$

Ilmanvastus saadaan laskettua kaavan 3 mukaisesti

$$F_i = \frac{1}{2} * \rho * c_w * A * v^2 \quad (3)$$

jossa ρ on ilman tiheys, c_w on ilmanvastuskerroin, A ajoneuvon otsapinta-ala ja v ajoneuvon nopeus. Käytin ilmanvastuskertoimena Boschin autoteknillisen taskukirjan ilmoittamien arvojen keskiarvoa. Otsapinta-alaan kuuluu mopon oma otsapinta-ala sekä kuljettajan otsapinta-ala. Honda Monkeyn ilmanvastus 45 kilometrin tuntinopeudessa lasketaan näillä lähtötiedoilla:

Ilmantiheys = $\rho = 1,293 \frac{kg}{m^3}$ (Boschin autoteknillisestä käsikirjasta sivulta 134)

Ilmanvastuskerroin = $c_w = 0,65$ (Boschin autoteknillisestä käsikirjasta sivulta 326, taulukko 4, moottoripyörien ilmanvastuskertoimien keskiarvo)

Otsapinta-ala = $A = 0,52 m^2$ (Laskettu mittauksista, liite 1)

Nopeus = $v = 45 km/h = 12,5 m/s$

Jolloin ilmanvastusvoimaksi tulee

$$F_i = \frac{1}{2} * 1,293 \frac{kg}{m^3} * 0,65 * 0,52 m^2 * (12,50 \frac{m}{s})^2$$

$$F_i \approx 34,38 N$$

Mittasin kahdesta eri moposta otsapinta-alan, Soliferin moposkooteri (Kuva 1) sekä Honda Monkey (Kuva 2), ja totesin että minkä mopon otsapinta-alassa saadaan vähemmäksi, lisääntyy kuljettajan pinta-alana.



Kuva 1. Soliferi skootteri



Kuva 2. Honda Monkey

Suoritin laskut otsapinta-alojen keskiarvolla (Liite 1.). Kuljettajan otsapinta-alaa las-
kiessani käytin mitat otin 176 senttimetriä ja 73 kilogrammaa painavasta henkilöstä.
Tiettyyn nopeuteen vaadittava teho saadaan kaavan 4 mukaisesti

$$P = F * v \quad (4)$$

Jossa F on kokonaisjovastusvoima ja v nopeus. Honda Monkeyn vaatima teho 45 ki-
lometrin tuntinopeuteen lasketaan lähtöarvoilla

Kokonaisvastusvoima=F=48,41N (Vierintävastusvoiman ja ilmanvastusvoiman
summa, laskettu sivuilla 4 ja 5)

Nopeus=v=45km/h=12,5m/s

Jolloin tehoksi saadaan

$$P = 48,41N * 12,50 \frac{m}{s}$$

$$P \approx 605W$$

Otsapinta-alan keskiarvolla laskiessa tehon hajonta on noin $\pm 5\%$, riippuen mopon mas-
sasta. Lopullinen rasiusteho tulee tarkistaa kalibroitaessa, jolloin laskennassa pois jä-
tetyt vastusvoimat (mm. laturin hyötysuhde, dynorullan vierintävastus ja hihnavälityk-
sen hyötysuhde) saadaan otettua huomioon.

3.2 Dynamometrin laskennalliset mitat

Dynamometrin rullan pyörimisnopeus saadaan laskettua kaavasta 5

$$n = \frac{v}{p} \quad (5)$$

jossa v on mopon nopeus ja p on dynamometrirullan kehä. Dynamometrin rullan hihnapyörää mitoittaessa tarvittiin useamman kerran välityssuhteen laskukaavaa 6

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (6)$$

jossa d_1 on käytävän pyörän halkaisija ja d_2 on käytettävän pyörän halkaisija, n_1 on käytävä kierrosnopeus ja n_2 on käytettävän kierrosnopeus.

4 MITTAUSDYNAMOMETRI

Perussuunnitteluperiaate dynamometrin suunnittelussa oli tehdä kohtuullisen kompakti ja riittävän kevyt kokonaisuus, jotta sen siirtäminen ulos ja takaisin sisälle olisi käytännöllistä. Lisäksi pyrin pitämään toimintaperiaatteen mahdollisimman yksinkertaisena (Liite 3). Dynamometrin siirtely on tarpeellista, koska sisällä mittauksen suorittaminen tuottaisi liikaa ylimääräistä melua. Nykyisessä työpaikassani ulkona ei ole sopivaa sijoitus paikkaa. Toisekseen ulkosijoituksessa dynamometri olisi alttiina ilkeille ja mahdolliselle varkaudelle. Dynamometrin kalibrointi suoritetaan mittaamalla koeajolla vakio mopon nopeus gps-navigaattorilla ja sen jälkeen suorittamalla nopeusmittaus laskennallisesti mitoitetulla vastuksella dynamometrissä jonka mittaustulosta verrataan koeajoon. Kalibrointi olisi hyvä suorittaa pieni sekä suuri renkaisella mopolla jotta saadaan selville vaikuttaako renkaan koko ja sijainti rullien korkeussuunnassa dynamometrin mittaustuloksiin.

4.1 Dynamometrin komponentit

Rullien valintaa tehdessäni päädyin käyttämään 76 millimetrin ulkohalkaisijalla olevaa putkea, jonka päihin hitsataan metallilätkät akseliin kiinnittämistä varten. Tällaisella rakenteella rulliin tulee hieman massaa, jolloin laturin kytkeytyessä päälle massanhitausmomentti tasaa yhtäkkistä kuormitusta. Samalla rullista kuitenkin tulee kevyemmät kuin umpirautaa käyttäessä, jolloin rullien massa olisi ollut lähemmäs 30 kilogrammaa ja näiden pyörimään saaminen olisi ollut jo kohtuullisen raskasta mitattavalle mopolle. 76 millimetriä tuntui olevan hyvä halkaisija, jottei rullien kierrosnopeus kasva kohtuuttomaksi. Putken pinta tulee karhentaa, koska kiiltävän metalliputken kitka ei riitä luisutamattomaan mittaukseen (Liite 4). Rullien akseleitten keskinäiseksi etäisyydeksi määritin 355 millimetriä, koska tällöin 8”renkaat eivät putoa rullien väliin mutta 18” renkaillekin jää ”monttua” ettei rengas hyppää rullilta kesken mittauksen. Rullien leveydeksi määritin 300 millimetriä, koska levein mopon rengas mitä on yleisesti myynnissä on 180 millimetriä leveä. Kalibrointivaiheessa tulee tarkastaa miten rullien vierintä vastus vaikuttaa erikokoisiin renkaisiin.

Akseliksi valitsin 25-millimetrisen, koska sen uskoisi kestävän syntyvät rasiotukset ja sitä on helposti saatavilla. Akseleiden laakerointiin käytetään laakeripukkeja helpon saatavuuden ja helppohuoltoisuuden vuoksi, ja rikkoutumisen sattuessa ne on helppo vaihtaa. Perusrunko valmistetaan U-palkista, koska siihen ei tarvitse kuin porata reiät kiinnitettävälle komponenteille. Laturin kiinnikkeen ja kiristysmekanismin tarkempi suunnittelu ja sijoituspuoli kannattaa tehdä vasta, kun on täysi varmuus, mitä laturia lopullisessa tuotteessa tullaan käyttämään (Liite 5). Tein excel-taulukon jolla voi mittoittaa sopivan kokoisen hihnapyörän dynorullalle kun laturin toiminta-alue tunnetaan, esimerkki laturilla tämän hihnapyörän halkaisijaksi tuli 115 millimetriä (liite 7).

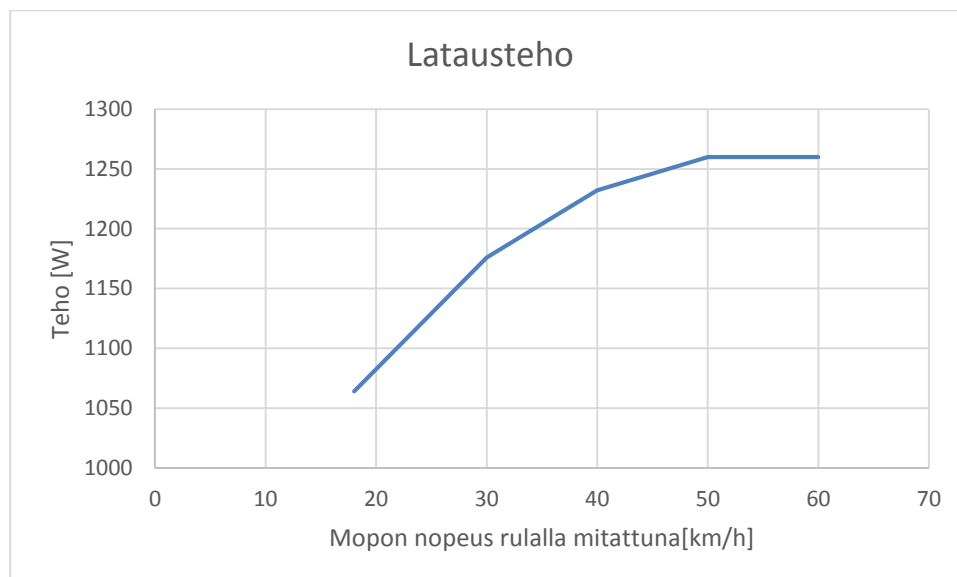
4.2 Mittauksen kuormitus

Jotta nopeusmittaus pitäisi paikkansa, on dynamometrin rullia jarrutettava. Jarruttamiseen aion käyttää auton vaihtovirtageneraattoria, jota kuormitetaan sähkövastuksella. Tässä prototyyppi luonnoksessa käytin laturin laskennallisena mallina Boschin 90 ampeerin diesel Volkswagen Ventoon tarkoitettua laturia, koska olen aikaisemmin koulun aikana tehnyt mittauksia diesel Vennon laturista, vaikkakin koeautossa oli 45 ampee-

rinen laturi. Oletan saman moottorin kanssa käytettävän laturin olevan suunniteltu toimimaan täydellä teholla samoilla kierrosalueilla kuin pienemmän latausvirran omaava laturi. 45-ampeerista laturia ei voi käyttää edes prototyypissä, koska sen maksimiteho on vain 630 wattia, joka ei riitä dynamometrin kuormittamiseen, kun taas 90-ampeerisen laturin teho on 1260 wattia, jossa on ylimääräistä reserviä noin 30 prosenttia.

Laturin kuormittamiseen käytetään ajovalopolttimoita, koska ne ovat halpoja verrattuna tehovastuksiin, ja niiden saatavuus ja tehon kesto ovat hyvät. H3-mallinen 12 voltininen 100 wattinen polttimon mitattu virran kulutus on 116 wattia, mutta tarkempi polttimoiden käyttömäärä ja polttimoiden tyyppi tulee mitoittaa kalibrointi vaiheessa. Polttimoiden asennuksessa tulee huomioida niiden tuottama lämpö ja eritoten niistä tuleva valoaste, ettei 800 watin valoteho häiritse muiden työtekoa tai häiritse mittauksen suorittamista.

Laturi on kytkettyä heti rullien liikkeelle lähtiessä, mutta koska laturi tuottaa tarvittaessa yli yhden kilowatin tehon 20 kilometrin tunti (kaavio 1.) vauhdissa on mahdollista että vastusten kytkemiseen saatetaan tarvita jonkinsortista pehmokytkentää. Herätejännitteen lähteenä käytetään mopon akkua pienikokoisuutensa ja keveytensä takia.



Kaavio 1. Laturin tuottama teho moponnopeuden funktiona.

Laturin ja polttimoiden jännitteen ja virran vakautta ei voi varmistaa samaksi joka mittauksessa. Tämän takia mittausedynamometriin kannattaa asentaa myös virta ja jännitemittarit, jotta saadaan jokaisesta mittauksesta tarkka tuotettu teho määrä laskettua. Kytkenät liitteessä 6.

Lopullisessa tuotteessa kannattanee käyttää 24 voltista laturia, vaikkakin se on kalliimpi. Tällöin saadaan enemmän teho reserviä, jolloin laite on pitkäikäisempi pienemmän kuormituksen takia ja jännitehäviöitä saadaan pudotettua pienemmän virran takia.

4.3 Nopeuden mittaus

Dynorullan pyörimisnopeuden mittaukseen käytetään hall-anturia sekä auton ABS-kehää. Sopivin ABS-kehä löytyy B5 korisesta A4 Audista, jonka sisähalkaisija on 77 millimetriä, mutta pienellä sovituksella sen saa kiinnitettyä dynorullan laitaan. Kyseenomaisen ABS-kehän valintaa puolsi myös se, että se on sivusta luettava, jolloin hallanturille ei tarvitse tehdä erillistä kiinnikettä, vaan sen voi kiinnittää suoraan rungon sivuun. Hall-anturin mittaama nopeus ilmoitetaan digitaalinäytöllä. Hall-anturin ja nopeusnäytön ohjainlaite määritellään toteutuksen yhteydessä.

Mittauslaitteiston ohjelmiston yksinkertaistamiseksi se ei mittaa muuta kuin nopeutta. Tehon kompensointiin luodaan Excel-taulukon, johon syötetään mopon massa ja käytetty vastustehon määrä. Näillä tiedoilla taulukko kertoo, paljoako mopon pitäisi kulkea kyseenomaisella teholla ja mikä on ehdoton ylänopeus, jonka mopo saa kulkea tuolla teholla.

5 POHDINTA

Työssäni jouduin käyttämään erilaisia kaavoja ja miettimään niiden soveltamista ja yhteen sovittamista. Laskennallisella ja teoreettiselta osaltaan suunnitelmani tuntuisi olevan vakaalla pohjalla, mutta mahdollisen toteutuksen kanssa on varmasti vielä töitä.

Kuormitustoteutuksessa olisi voinut harkita käytettävän matalampia kierroksia, jolloin olisi voinut käyttää hyödyksi matalampaa tehoa ja nopeuden mukaan muuttuvaa vastusta. Siihen toteutukseen tosin olisi tarvinnut helposti muutettavan välityssuhteen eri kuormitusteho vaatimusten takia.

Kokonaisuudessaan työ oli aivoja kuormittava, kun pitkäjaksoisesti suunniteltuna asia pyöri kokoajan jossain mielen sopukoissa. Lopputulokselle olisi myös voinut olla parempi miettiä ja suunnitella lyhemmissä ja tiheämmissä pätkissä, eikä kerran kahteen viikkoon puoltapäivää kerrallaan.

LÄHTEET

1. Tieliikennelait 2014. Helsinki: Talentum media Oy. 2014.
2. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 95/1/EY. Verkkodokumentti <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:31995L0001&from=EN>. Julkaistu 2.2.1995. Luettu 11.1.2015
3. Automotive Handbook. Plochingen: Robert Bosch GmbH, 2011

LIITE 1.**Mopojen otsapinta-alat**

Mopojen otsapinta-alat

Solifer skootteri

Ohjaustangon korkeus	0,45 m
Ohjaustangon leveys	0,15 m
Rungon yläosan leveys	0,41 m
Rungon alaosan leveys	0,47 m
Rungon korkeus	0,81 m
Renkaan leveys	0,12 m
Renkaan korkeus	0,24 m

Otsapinta-ala 0,45 m²

Kuljettaja

Kypärän korkeus	0,26 m
Kypärän leveys	0,24 m
Hartia leveys	0,42 m
Kyynänpää leveys	0,53 m
Edellisten välinen korkeus	0,32 m
Keskivartalon leveys	0,32 m
Keskivartalon korkeus	0,33 m
Polven leveys	0,12 m
Jalan leveys	0,11 m
Säären korkeus	0,55 m

Soliferissa vaikuttava otsapinta-ala

0,21 m²

Kokonais otsapinta-alat 0,60 m²

Monkey

Bensatankin korkeus	0,18 m
Bensatankin leveys	0,22 m
Ajovalon halkaisija	0,19 m
Rungon korkeus	0,14 m
Rungon leveys	0,30 m
Renkaan korkeus	0,23 m
Renkaan leveys	0,11 m

Otsapinta-ala 0,14 m²

Monkeyssa vaikuttava otsapinta-ala

0,45 m²

0,52 m²

Mopon vastusvoimat

Mopon vastusvoimat

Vierinrävastuskerroin=	0,011		
Putoamiskiihtyvyyys=	9,81	m/s ²	
Mopon massa=	Taulukko 1		
Kuljettajan massa=	75	kg	
Ilmantiheys=	1,293	kg/m ³	
Ilmanvastuskerroin=	0,65		
Otsapinta-ala=	0,52	0,60	0,56 m ²
Nopeus=	Taulukko 2		

Taulukko 1

[kg]

50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125

Taulukko 2

[km/h] [m/s]

30	8,33
35	9,72
40	11,11
45	12,50
50	13,89
55	15,28
60	16,67

Mopon vastusvoimat

Massan vaikutus vierintä vastukseen

m [kg]	F_k [N]
125	13,49
130	14,03
135	14,57
140	15,11
145	15,65
150	16,19
155	16,73
160	17,27
165	17,81
170	18,34
175	18,88
180	19,42
185	19,96
190	20,50
195	21,04
200	21,58

Nopeuden vaikutus ilmanvastukseen

v [m/s]	$F_{I\text{ monkey}}$ [N]	$F_{I\text{ Solifer}}$ [N]	$F_{I\text{ keskiarvo}}$ [N]
8,33	15,17	17,51	16,34
9,72	20,65	23,83	22,24
11,11	26,98	31,13	29,05
12,50	34,14	39,40	36,77
13,89	42,15	48,64	45,39
15,28	51,00	58,85	54,93
16,67	60,70	70,04	65,37

Nopeuteen vaadittu teho

50kg

v [m/s]	$P_{\text{ monkey}}$ [W]	$P_{\text{ Solifer}}$ [W]	$P_{\text{ keskiarvo}}$ [W]
8,33	238,86	258,32	248,59
9,72	331,95	362,84	347,40
11,11	449,62	495,74	472,68
12,50	595,40	661,06	628,23
13,89	772,79	862,86	817,83
15,28	985,31	1105,19	1045,25
16,67	1236,47	1392,10	1314,28

MoPON vastusvoimat

75kg

v [m/s]	P _{monkey} [W]	P _{Solifer} [W]	P _{keskiarvo} [W]
8,33	261,34	280,80	271,07
9,72	358,18	389,07	373,62
11,11	479,60	525,71	502,66
12,50	629,12	694,78	661,95
13,89	810,26	900,33	855,29
15,28	1026,52	1146,41	1086,46
16,67	1281,43	1437,07	1359,25

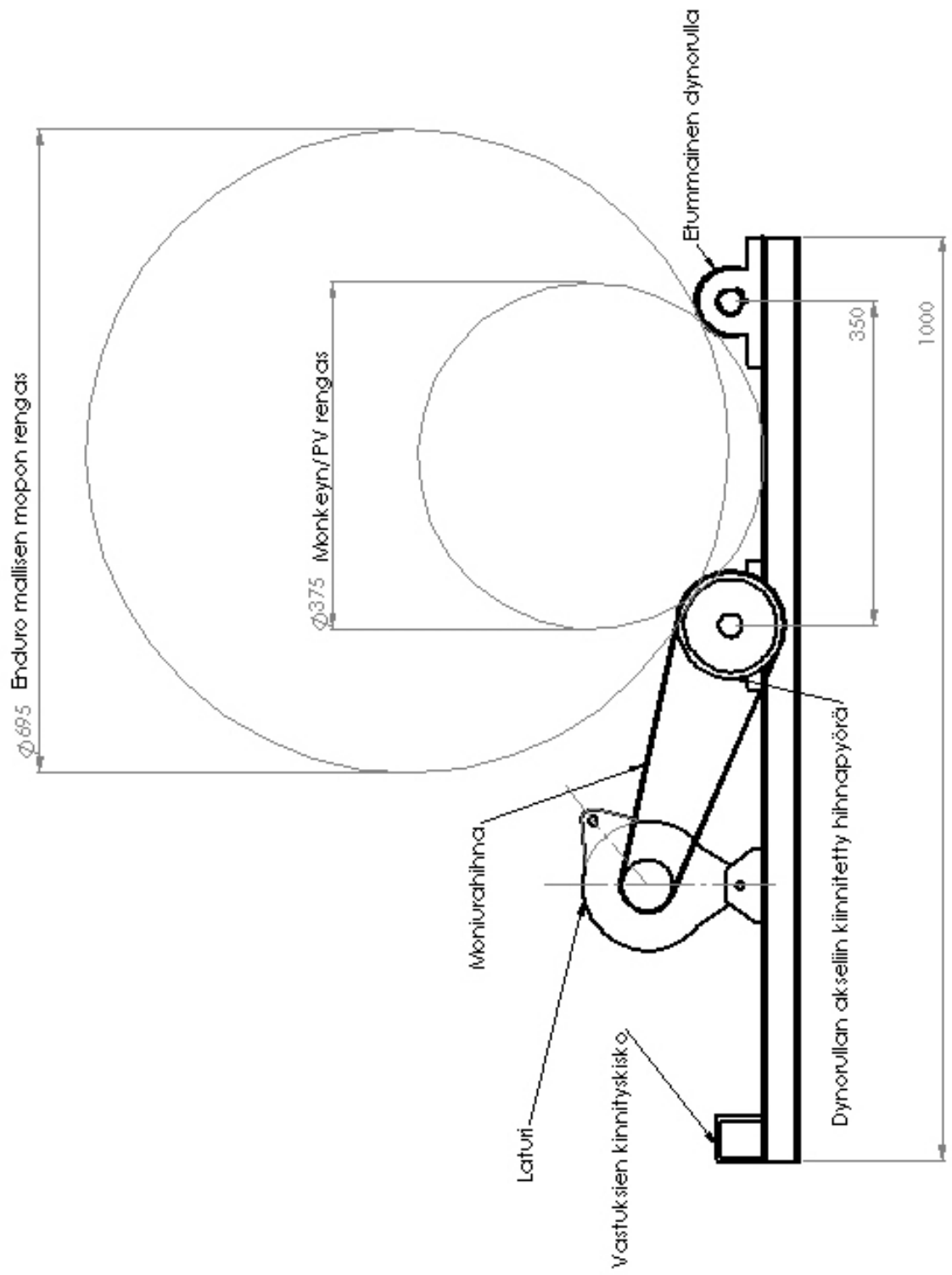
100kg

v [m/s]	P _{monkey} [W]	P _{Solifer} [W]	P _{keskiarvo} [W]
8,33	283,83	303,28	293,55
9,72	384,41	415,30	399,85
11,11	509,57	555,69	532,63
12,50	662,84	728,50	695,67
13,89	847,73	937,80	892,76
15,28	1067,74	1187,62	1127,68
16,67	1326,39	1482,03	1404,21

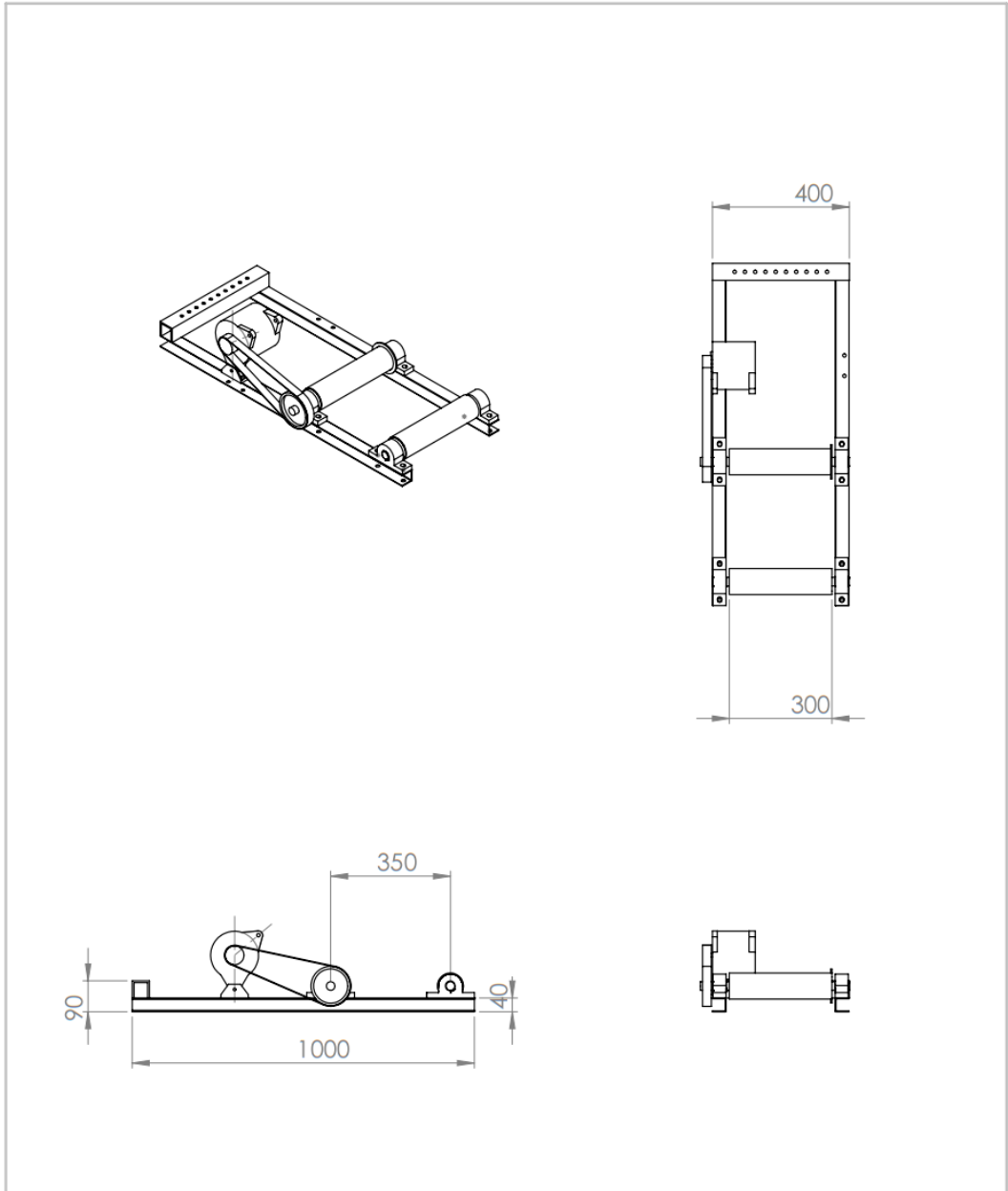
125kg

v [m/s]	P _{monkey} [W]	P _{Solifer} [W]	P _{keskiarvo} [W]
8,33	306,31	325,76	316,03
9,72	410,63	441,53	426,08
11,11	539,55	585,66	562,61
12,50	696,57	762,23	729,40
13,89	885,20	975,27	930,23
15,28	1108,96	1228,84	1168,90
16,67	1371,35	1526,99	1449,17

Toiminnallinen rakennesuunnitelma



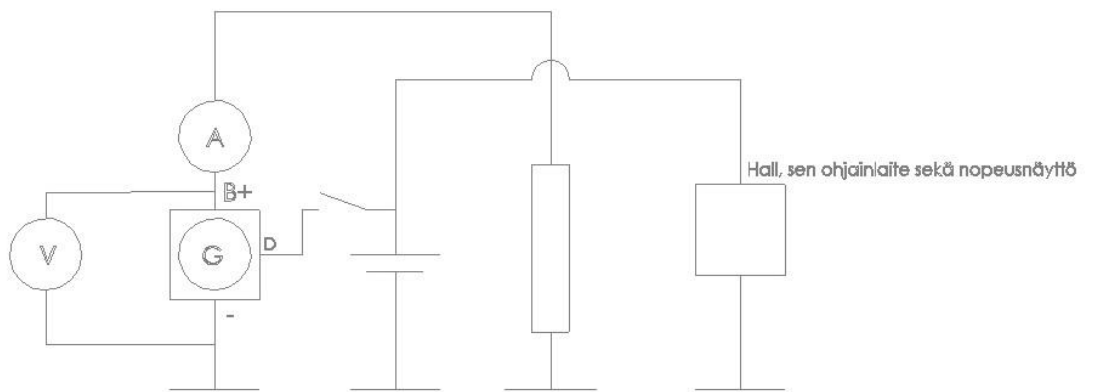
Mittausdynamometrin piirustus



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						DWG NO. Kokonaiskuva A4			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.					SCALE: 1:15		SHEET 1 OF 1	
						WEIGHT:			

LIITE 6.

Sähkökytkentäkaavio



LIITE 7.**Hihnapyöränmitoitus**

Laturin hihnapyörä=d2=	55,00 mm		
Kampiakselin hihnapyörä=d1=	160,00 mm		
Välityssuhde=i1=d2/d1=	0,34		
Täysi latausteho=n1	2000,00 1/min	3000,00 1/min	
laturin pyörimisnopeus=n2=	5818,18 1/min	8727,27 1/min	

Dynorullan halkaisija=d3=	76,10 mm	0,08 m	
Dynorullan kehä=p1=	0,24 m		

Mopon nopeus=v1=	km/h	m/s	
	40,00	11,11	
	45,00	12,50	
	50,00	13,89	

Dynorullan pyörimisnopeus=n3=v1/p1=	1/s	km/h	1/min
	46,48	40,00	2788,52
	52,28	45,00	3137,09
	58,09	50,00	3485,65

Dynon välityssuhde=i2=n3/n2=	0,48		
Dynorullan hihnapyörä=d4=d2/i2=	114,76 mm		