

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Auto- ja kuljetustekniikka

Autosähkötekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**LIKKUVA MITTAUSLABORATORIO NUUSKIJAN KATUPÖLYJÄRJESTEL-
MÄN JATKOKEHITYS**

Työn tekijä: Zoran Bozic
Työn valvoja: Liisa Pirjola

Työ hyväksytty: __. __. 2007

Liisa Pirjola
Yliopettaja, dosentti



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadialle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita: Yliopettajaa, dosentti Liisa Pirjolaa, projekti -insinöörejä Pasi Perhoniemeä ja Peter Szaboa sekä omaa perhettäni. Heidän ansiostaan tämän työn tekeminen oli mahdollista.

Helsingissä 12.04.2007

Zoran Bozic

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Zoran Bozic	
Työn nimi: Liikkuva mittauslaboratorio Nuuskijan katupölyjärjestelmän jatkokehitys	
Päivämäärä: 12.04.2007	Sivumäärä: 41 + 5
Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetus- tekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Autosähkötekniikka
Työn valvoja ja ohjaaja: Yliopettaja, dosentti Liisa Pirjola	
<p>Työn tarkoituksena oli kehittää liikkuvan mittausjärjestelmän Nuuskijan katupölyjärjestelmää. Katupöly on yksi suurimpia ilmalaatuongelmia pohjoismaissa keväisin. Alkuperäinen järjestelmä oli rakennettu vuoden 2004 lopulla ja 2005 alussa TEKESin rahoittamassa VIPEN -projektissa. Nyt esitetty kehitystyö liittyy ympäristöministeriön rahoittaman KAPU -projektiin, ja liikenne- ja viestintäministeriön rahoittaman VIEME -projektiin.</p> <p>Hankittiin, asennettiin, ja testattiin virtausanturi Nuuskijan katupölyn keruuputkistoa varten. Hankittulla kuumalankaperiaatteella toimivan anturin toimintaa verrattiin massavirtausputken tuloksiin, ja ne todettiin yhtäpitäviksi.</p> <p>Pääkeruuputkiston virtausta säätelevän pumpun ottomoottori poistettiin ja tilalle rakennettiin sähkömoottori hihnapyörineen. Näin saatiin meluttomampi, päästöttömämpi, kevyempi systeemi, jota on helppo käynnistää ja sammuttaa..</p> <p>Validointimittauksella selvitettiin, miten hyvin pääkeruuputkiston kartiomainen suutin kerää renkaan nostattaman pölypilven. Mittaustulokset osoittivat, että suutin kerää suurimman osan pölypilvestä, ja todettiin, että sen suhteen ei ole muutostarvetta.</p> <p>Tämän projektin jälkeen mittauskampanjoita on helpompaa suorittaa, ja mittaustuloksista tulee entistä tarkempia.</p>	
Avainsanat: Nuuskija, katupölyjärjestelmän jatkokehitys	

ABSTRACT

Name: Zoran Bozic	
Title: Develop of road dust measurement system on mobile laboratory Sniffer -vehicle	
Date: April, 12.2007	Number of pages: 41
Department: Automotive engineering	Study Programme: Automotive electrical engineering
Instructor and supervisor: Liisa Pirjola, principal lecturer, docent	
<p>The purpose of this work was to develop measurement and collecting system for road dust on mobile laboratory Nuuskija (Sniffer). The road dust is major air quality problem in Scandinavia, especially in spring. The original system was built on end of year 2004 and in the beginning of year 2005.</p> <p>The flow sensor was supplied, assembled and tested for the road dust system on Nuuskija. Flow sensor is based on thermal anemometry and his data was compared to mass flow sensors data and both data's was similar.</p> <p>After road dust system's 2 -stroke engine replacement to electric engine we get system without noise, exhaust and less weight.</p> <p>Whit validation measurement we were able to find out, how well road dust system's conical inlet collects a road dust. According to data, conical inlet collects most of road dust from the tyre.</p> <p>After this project measuring is much more easier, and data is more reliable.</p>	
Keywords: Sniffer, Road dust system develop	

SISÄLLYS

ALKULAUSE	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	1
2 HIUKKASET JA NIIDEN MITTAUS	3
2.1. Hiukkaset	3
2.2 Nuuskija -ajoneuvo	5
2.2.1 Sähköjärjestelmä	6
2.2.2 Akusto	6
2.2.3 ELPI (Electrical Low Pressure Impactor)	7
2.2.4 TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)	8
2.2.5 GPS	9
2.2.6 CO, CO2 ja NOX - analysaattori	10
2.3 Putkisto	11
2.3.1 Katupölyn keräämiseen ja mittaamiseen tarkoitettu putkisto	11
2.3.2 Ylänäytteenoton lisäputki	13
2.4 Virtaukset	14
3 KATUPÖLYPUTKISTON JATKOKEHITYS	15
3.1 Pumpun moottorin vaihto	15
3.2 Virtausanturin hankinta, asennus ja testaus	19
3.2.1 Hankinta	19
3.2.2 TSI -anturin toimintaperiaate	22
3.2.3 Asennus	23
3.2.4 Testaus	26
3.3 Validointimittaus	29
4 TULOKSET	30
4.1 Virtaustulokset	30
4.2 Anturin testaustulokset	31
4.3 Validointitulokset	32
5 PROJEKTIN AIKANA ESIINTYNEET ONGELMAT	35
6 NUUSKIJAN PROJEKTIT	36
6.1 KAPU- projekti	36
6.2 VIEME- projekti	37
6.3 Lipika ja vipen- projektit	38
6.4 Mittaukset ulkomailla	38

7 YHTEENVETO	39
VIITELUETTELO	40
TUTKIMUSRAPORTTI	1

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on dokumentti liikkuvan mittauslaboratorion Nuuskijan (kuva 1) katupölyjärjestelmän jatkokehityksestä.

Nuuskijasta on tehty aiemmin monta insinööritöitä. Nuuskijan rakentamista käsitteli Juha Seppälän /1/ insinöörityö. Timo Lehtosen /2/ ja Aleksii Heimlanderin työ käsitteli jahtausmittauksia. Miko Ruokomäen /3/ työ käsitteli hiukkasia ja Harri Tenhusen /4/ työ käsitteli katupölyjärjestelmän rakentamista.



Kuva 1. Liikkuva mittauslaboratorio "Nuuskija" /8/

2 HIUKKASET JA NIIDEN MITTAUS

2.1. Hiukkaset

Hiukkaset ovat pieniä, ilmassa leijuvia partikkeleita. Ne voivat olla joko nestemäisiä tai kiinteitä ja niiden kemiallinen koostumus on hyvin monimutkainen. Niissä on mm. sulfaattia, natriumia, nitraattia, vettä ja ammoniumia. Niiden koko on välillä 1 nm – 100 µm ja se riippuu pitkälti siitä, ovatko ne luonnon tuottamia hiukkasia vai teollisuuden/ liikenteen aiheuttamia. Alle 2,5 µm:n hiukkasista käytetään nimitystä pienhiukkaset PM_{2,5} ja alle 10 µm hiukkasista käytetään nimitystä hengitettävät hiukkaset PM₁₀. Yleisesti hiukkasista käytetään nimitystä *aerosolihiukkaset* /5/.

Aerosolihiukkaset voidaan jakaa kahdella tavalla:

1. Syntymekanismin perusteella:

- *Primääriset hiukkaset* ovat jo hiukkasia ilmakehään tullessaan. Primäärisiin hiukkasiin kuuluvat mm. pölyt, liikenteen ja teollisuuden päästöjen hiukkaset ja muut palamistuotteet kuten noki. Luonnossa primäärisiä hiukkasia emittoituu tulivuorista, merestä jne.

- *Pöly* ei ole yksinomaan ihmisen tuottamaa, vaan se voi olla myös peräisin luonnosta, esimerkiksi kivistä tai muusta luonnon materiaalista syntyy pölyä. Eräs keinotekoinen ”pölytehdas” on rakennustyömaa. Sen takia työmaat tulisi suojata niin hyvin kuin mahdollista.

Pölyn koko vaihtelee hyvin paljon. Pölyhiukkanen saattaa olla välillä 100 nm - 10 µm.

- *Sekundääriset hiukkaset* syntyvät ilmakehässä kaasuihiukkasmuuntumalla, nukleaatiomekanismeja saattaa olla useampia.

2. Kokojakauman mukaan

- *Nukleaatiomoodiin* kuuluvat alle 0,1 μm kokoiset hiukkaset ja ne ovat esim. virukset .
- *Akkumulaatiomoodiin* kuuluvat hiukkaset välillä 0,1- 1 μm , esim. savu.
 - *Savu* on epätäydellisen palamisen tulos. Bensiinikäyttöisen (kuva 2) auton pakokaasuissa on monta vaarallista kemiallista ainetta, joiden hiukkaset pääsevät ilmaan, mm. *hiilivety (HC)*, *hiilidioksidi (CO₂)*, *hiilimonoksidi (CO)*, ja *typenoksidit (Nox)*.
- *Karkeamoodiin* kuuluvat hiukkaset välillä 2,5- 100 μm , mm. katupöly, pilvipisarat, bakteerit ja siitepöly. /3/
 - *Pilvet* ja *sumu* tarkoittavat hiukkasia, joiden koostumuksessa on paljon vettä.



Kuva 2. Autosta tulevat pakokaasut /11/

Aerosolien elinikä

Hiukkasten elinikä vaihtelee muutamasta päivästä troposfäärin rajakerroksessa pariin viikkoon /5/.

- *Hygroσκοoppiset (vettä imevät)* hiukkaset elävät 2 – 4 päivää ja kulkeutuvat 1000 – 2000 km
- *Heikosti hygroσκοoppiset* hiukkaset elävät 4 – 8 päivää ja kulkeutuvat 2000 – 4000 km.

2.2 Nuuskija -ajoneuvo

Nuuskija -projekti, auton hankinta ja rakentaminen on aloitettu vuonna 2002. Laaja selitys siitä, miten Nuuskijaa on rakenneltu on löydettävissä Juha Sepälän insinööriyöstä ”Liikenteen pakokaasupäästöjä tutkiva ajoneuvo” /1/. Tässä insinööriyössä esitellään lyhyesti faktat Nuuskijasta.

Perustavoite sopivan auton hankkimisessa oli sen tilavuus, koska tavaratilaan oli pakko mahtua kaikki mittalaitteet ja niiden lisäksi tarvittavat työkalut, varaosat ja vararenkaat, kun suoritetaan erityyppisiä mittauksia. Etsinnän tuloksena sopivin auto oli Volkswagen LT 35 –pakettiauto, joka katsastettiin kuorma-autoksi suuren sallitun massan takia. Autosta muutama fakta:

- moottori: 2,5 l turbodiesel
- pituus 5585 mm, leveys 1933 mm, korkeus 2570 mm (ilman pumpua)
- akseliväli 3550 mm
- oma massa 2020 kg, suurin sallittu massa 3550 kg

Nuuskijan seinät ja lattia on eristetty, jotta sisätila pysyisi kuivana ja lämpimänä. Kaikki laitteet on kiinnitetty hyllyihin, ettei matkan aikana niihin kohdistuisi värinää tms.

2.2.1 Sähköjärjestelmä

Kaikki nuuskijassa olevat mittalaitteet sekä kannettavat tietokoneet saavat virtaa vaihtovirtaverkosta eli 230 V:n järjestelmästä ja siihen autoon jälkeensä asennettu 24 V:n järjestelmä ei riittänyt alkuunkaan. Koska laskettiin, että laitteiden tehotarve on 1,5 kW, tarvittiin laite, joka siis antaa vähintään 1,5 kW:n tehon ja 230 voltin jännitteen.

Sopivin laite oli *phoenix multi* -invertteri, jonka ulostuloteho on 2,5 kW ja sisäänmeno /ulostulojännite 24/230 V. Lisääntynyt laitemäärä Nuuskijassa on vaatinut toisen invertterin hankkimisen [4]. Tehtiin kuitenkin siten, että vanha invertteri palautettiin myymälään ja ostettiin sen tilalle kaksi uutta ja ne kytkettiin rinnan. Nyt päästään 6 kW:n jatkuvaan tehoon. Niillä on hyvä hyötysuhde 94 %. Invertteri toimii myös laturina, kun auto ei ole käynnissä, ja se on kytketty ulkopuoliseen jännitelähteeseen.

2.2.2 Akusto

Invertteri ei voi ottaa virtaa auton omasta akusta (invertterin vaatima akkukapasiteetti on 200 - 700 Ah), vaan se tarvitsee oman akuston. Nuuskijatiimillä oli myös oma vaatimus, nimittäin pitää pystyä mittaamaan yhtäjaksoisesti 4 tuntia lataamatta. Erikoisakut, joilla on iso kapasiteetti, ovat kalliita eikä niitä ei voitu hankkia periaatteella ”katsotaan onko hyvä”, vaan sitä ennen piti selvittää akuilta otettava maksimiteho, akuilta otettava virta sekä tarvittava akkukapasiteetti. Akuilta otettava maksimiteho on laskettavissa kaavan (1) avulla:

$$P_{A \max} = \frac{P_{inv \max}}{\eta_{in}} = \frac{2500W}{0,94} = 2659,57W \approx 2660W \quad (1)$$

Sen jälkeen voidaan laskea akuilta otettava maksimivirta kaavan (2) avulla:

$$I_{A \max} = \frac{P_{A \max}}{U_{akku}} = \frac{2660W}{24V} = 110,8A \quad (2)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea tarvittava akkukapasiteetti kaavan (3) avulla:

$$C_{akku} = t * I_{A \max} = 4h * 110,8A = 443,2Ah \approx 445Ah \quad (3)$$

Akkukeskuksesta on hankittu 4 kappaletta 230 Ah:n akkuja, ja ne ovat kytketyt siten, että on ensin parit kytketyt sarjaan ja sen jälkeen rinnan. Sillä tavalla kytkettyinä akut antavat 24 V ja yhteensä 460 Ah. Tämän suuruisella akkukapasiteetilla voidaan mitata noin 5 tuntia akkuja lataamatta.

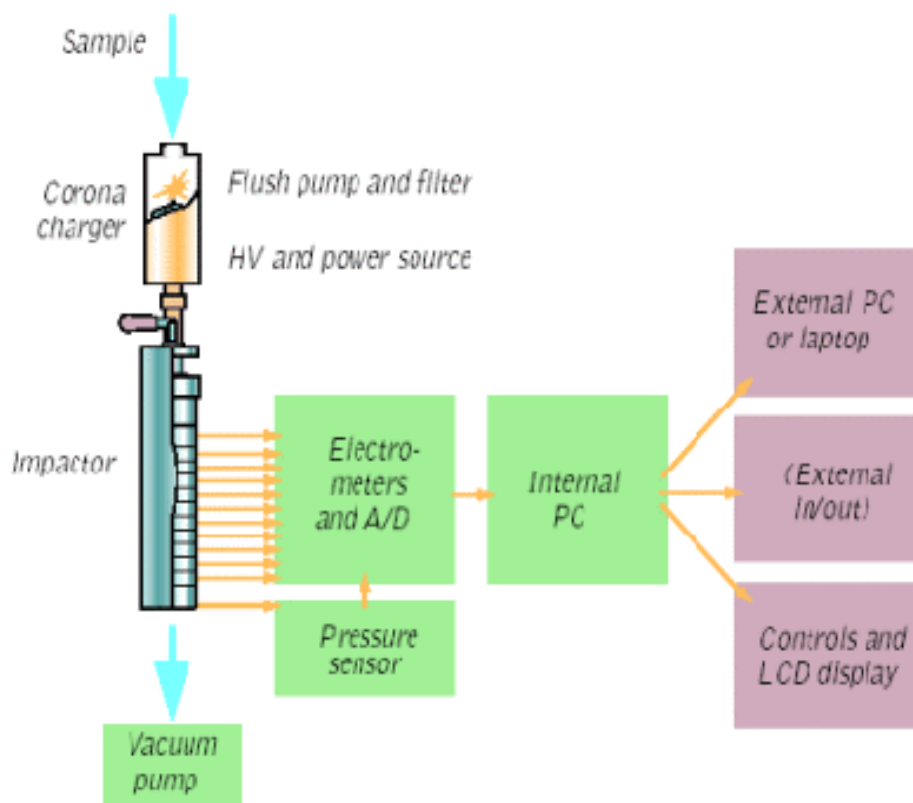
2.2.3 ELPI (*Electrical Low Pressure Impactor*)

Nuuskijan mittalaitteiston ”pioneereihin” kuuluva ELPI on *TEOMIN* kanssa ehkä tärkein mittalaite laboratoriossa. Niitä on 2 kappaletta autossa siten, että nk. ”A” ELPI mittaa katupölyn keräysputkiston läpi kulkevaa hiukkasten kokojakaumaa ja ”B” ELPI mittaa niiden hiukkasten kokojakaumaa, jotka kulkevat auton edessä olevien putkien läpi.

ELPI eli elektroninen alipaineimpaktori mittaa hiukkasten kokojakaumaa ja lukumäärää. Se pystyy mittaamaan 7 nm – 10 µm halkaisijaltaan olevat hiukkasten kokonaislukumääräpitoisuuden ja kokojakauman 1 s aikaresoluutiolla. ELPI:n toiminta selviää paremmin kuvasta 3.

Näytteet imetään ensin alipaineella varaajaan. Varaajan kärjessä sijaitseva pieni neula varaa hiukkaset (corona charger- ilmiö) positiivisesti, jonka jälkeen varatut hiukkaset johdetaan impaktoriin. Virtaus ohittaa keräilytasoja, ja jos hiukkasen massa on suuri, se ei pysty seuraamaan virtausta, vaan se törmää alustaan ja luovuttaa varauksen.

Elektrometrit mittaavat varauksen ja ohjelma laskee, kuinka monta sen tason suuruista hiukkasta on. Impaktorissa on 12 erisuuruista tasoa. ELPI:n data tallennetaan koneelle ELPI 4.0 - ohjelman avulla /3/.



Kuva 3. ELPI:n toimintaperiaate /9/

2.2.4 TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)

TEOMilla voidaan mitata ja seurata ympäristöilman hiukkasten pitoisuutta. Toiminta (kuva 4) perustuu mikrovaakaan, ja kartiomaisen putkielementin päässä olevaan suodattimeen. Näytteet imetään suodattimen läpi ja suodatinta punnitaan jatkuvasti ja suodattimen massaerosta lasketaan aineen massapitoisuutta lähes reaaliaikaisesti /4/. Mitattava suure on PM10. Data tallentuu koneelle 30 sekunnin juoksevana keskiarvona 10 sekunnin välein TEOM 4.1-ohjelman avulla.

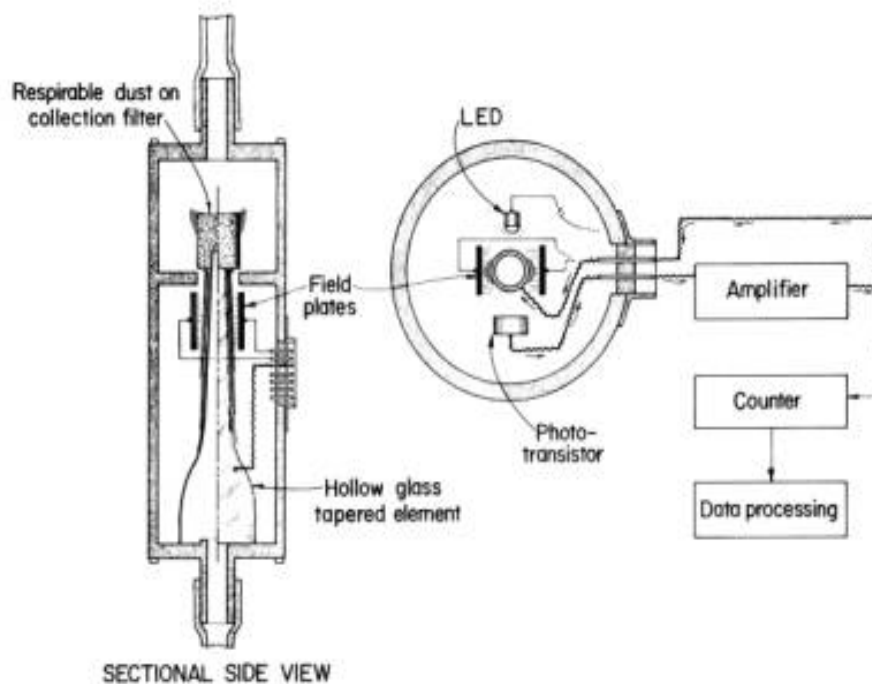


FIGURE 14-7. Typical Arrangement for TEOM[®] Dust Sensor.

Kuva 4. TEOMin toimintaperiaate /10/

2.2.5 GPS

Autoon oli hankittu myös GARMINin GPS – laite, joka on yhteydessä autossa olevaan kannettavaan tietokoneeseen. GPS:n avulla saadaan tarkka kellonaika, auton suunta ja nopeus sekä paikkakoordinaatit. Myös tietokoneiden ja mittalaitteiden kellot kalibroidaan GPS:n aikaan, jotta saataisiin reaaliaikaiset datat.

2.2.6 CO, CO₂ ja NO_x - analysaattori

HORIBA APNA-360CE NO_x - analysaattori mittaa NO - ja NO₂ - päästöjä.

Mittausalue on 0,5 - 4 ppm, ja resoluutioaika on 20 sekuntia.

ENVIROMENT CO12M CO –analysaattorin (kuva 5) mittausalue on 0,05 – 20 ppm ja resoluutioaika on 30 sekuntia.



Kuva 5. CO- mittari

CO₂ MULTI -GAS UNIT VA -3000 -analysaattori mittaa CO₂ -päästöjä. Mittausalue on 0 - 100 ppm.

Nuuskijan varusteisiin kuuluvat myös katolla olevat tuulianturi, kosteus- ja lämpömittari ja kaksi kannettavaa tietokonetta. Alkuvaiheessa niitä oli kolme, ja ELPIen ohjelmat olivat kahdella koneella ja muut (GPS, sää, tuuli, ym.) olivat erikseen kolmannessa koneessa.

Hankkeen nykyinen projekti -insinööri Peter Szabo on ohjelmoinut molemmat ELPIt ja TEOMin labview -ohjelmalle ja ne ovat nykyään toisessa koneessa ja muut ohjelmat toisessa.

2.3 Putkisto

Nuuskijan mittausputkisto on kokenut paljon muutoksia ensimmäisestä versiosta, eli siihen on rakennettu lisää näytteenottoputkistoja. Alun perin siihen on rakennettu kaksi putkistojärjestelmää: yläputki, joka sijaitsee auton katon rajassa ja auton puskuriin kiinnitetyt neljä pientä putkea. Yläputki on tarkoitettu mittaamiseen liikenteen seassa ja alanäytteenoton avulla voidaan suorittaa jahtausmittauksia. Alanäytteenotto on jaettu neljään putkeen, jotta näytteitä saataisiin laajalta alueelta.

2.3.1 Katupölyn keräämiseen ja mittaamiseen tarkoitettu putkisto

Katupölymittausta varten oli pakko rakentaa uusi putkisto. Putkijärjestelmä alkaa vasemman takapyörän takaa, eli näytteet imetään kartiomaisen suuttimen (kuva 6) läpi, se menee koko auton korkeuden läpi, ja se kiinnitetään letkun avulla katolla olevaan pumppuun. Putki on halkaisijaltaan 100 mm, jotta virtausmäärä olisi tarpeeksi suuri. Auton sisällä 100 mm:n putkesta haarautuu 25 mm:n putki ja se menee TEOMille ja ELPI A:lle.



Kuva 6. Näytteenottosuutin

Katupölyjärjestelmä (kuva 7) toimii siten, että katolla oleva pumppu imee noin 2100 l/min näytteitä vasemman pyörän takana sijaitsevan suuttimen avulla. Näytteet menevät putken läpi ylöspäin ja hiekka erotetaan syklonin avulla. Kuvassa sykklonia ei näy, mutta se sijaitsee auton oikeassa reunassa. Sykloni on tynnyri jossa on seinämät, ja kun painava hiekka osuu seinämään, sen nopeus putoaa ja hiekka jää syklonin pohjalle. Varsinaiset näytteet imeetään TEOMin ja ELPI:n omilla pumpuilla 25 mm:n putken läpi. TEOMin pumppu imee 3 l/min ja ELPI:n pumppu imee 10 l/min.

Katupölyputkisto vaatii säännöllisen puhdistuksen jokaisen mittauksen päätyttyä, koska moinen virtausmäärä (2100 l/min) helposti jää putkiston seinämiin, ja seuraavat mittaustulokset saattavat vääristyä.



Kuva 7. Katupölyjärjestelmä

2.3.2 Ylänyttöenoton lisäputki

Ylänyttöenoton lisäputkeksi nimitetty putki on rakennettu viimeisenä tässä ”putkistoprojektissa”. Putki sijaitsee ylänyttöenoton vieressä, ja sen halkaisija on 50 mm. Sillä on mittausmielessä kaksi tehtävää: ensinnäkin kyseisellä putkella voidaan suorittaa *leviämismittauksia*. Leviämismittauksen avulla voidaan tutkia esim. meluvallin vaikutusta. Ensin valitaan sellainen tie, jossa on runsaasti liikennettä ja meluvalli joka estää pölyn leviämisen. Tämän jälkeen auto seisoo paikallaan eri etäisyyksillä tiestä ja lisäputkella otetaan näytteitä.

Putkiston toinen tehtävä on mitata puhdistuskoneen päästöjä. Mittaus ei kuitenkaan onnistu ilman ns. ”norsun kärsä” putkea (kuva 8). Putken pituus on noin 2,5 m. Suuren pituuden vuoksi, putkea ei saa koota koululla ja ajaa liikenteen seassa, vaan se kootaan tien varrella ja ajetaan vain lyhyitä matkoja puhdistuskoneen perässä.



Kuva 8. ”Norsun kärsä” -putki

Kaasumaiset emissiot mitataan teflonputkella ja hiukkaspäästöt mitataan ruostumattomasta teräksestä tehdystä putkesta /1/. Kaikkien putkien liitokset on hiottu, ettei esiintyisi virtaushäviöitä.

2.4 Virtaukset

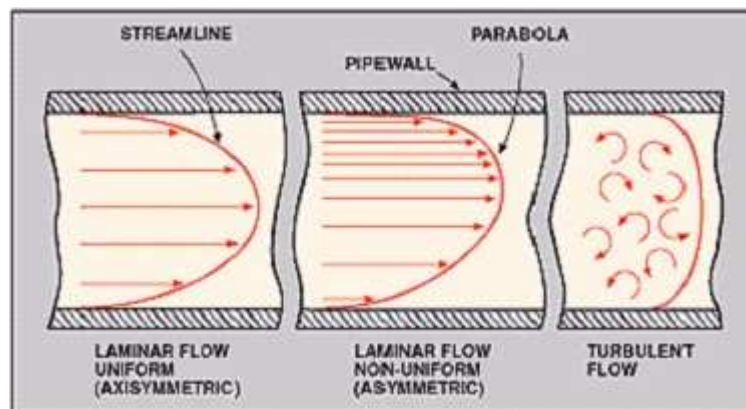
Virtaus on vektorisuure eli sillä on nopeus ja suunta /6/. Virtausnopeuden yksikkö on m/s. Tilavuusvirta kertoo, kuinka suuri hiukkasten tilavuus virtaa putkessa, ja sen yksikkö on m^3/h tai l/min. Massavirta ilmaisee tiettyä aikaa ohi virranneen massan määrän, ja sen yksikkö on kg/s /7/.

Laminaarinen ja turbulenttinen virtaus

Laminaarinen virtaus tarkoittaa, että hiukkaset etenevät kerroksittain ja virtaviivojen mukaisesti. Putkessa hiukkaset liikkuvat putken pituusakselin suuntaisesti. Mitä lähempänä toisistaan virtausviivat ovat, sitä suurempi virtaus kyseisessä pisteessä on /6, s. 355/.

Jos aine ei etene kerroksittain, vaan se sekoittuu ja sen nopeus koko ajan vaihtelee, virtausta sanotaan *turbulenttiseksi*.

Nopeusjakauma näiden kahden virtauksen välillä on erilainen ja varsin mielenkiintoinen, nimittäin laminaarisen virtauksen nopeusprofiili on jonkin verran terävämpi kuin turbulenttisen virtauksen nopeusprofiili (kuva 9).



Kuva 9. Virtaus /12/

Virtauksen tyypistä kertoo *Reynoldsin luku*, joka on dimensioton luku ja lasketaan kaavan (4) avulla:

$$N_R = \frac{\rho v D}{\eta} \quad (4)$$

jossa

ρ on virtaavan aineen tiheys

η on aineen viskositeetti

v on keskimääräinen nopeus ja

D on putken halkaisija

Jos N_R on pienempi kuin 2000, virtaus on laminaarista. Luvun ollessa välillä 2000 - 4000 voidaan sanoa, että on kyseessä nk. siirtymäalue eli esiintyy sekä laminaarista että turbulენტista virtausta. Luvun ollessa yli 4000 virtaus on puhtaasti turbulენტista /6, s. 378-379/.

3 KATUPÖLYPUTKISTON JATKOKEHITYS

3.1 Pumpun moottorin vaihto

Silloin kun katupölyjärjestelmä oli suunnittelun kohteena, pumpun voimallähdeksi oli suunniteltu ja myöhemmin toteutettu Honda-merkkinen voimallähde (kuva 10). Se oli 2-tahtiottomoottori muuttuvalla pyörintänopeudella. Moottorilla oli myös muutama huono puoli. Alussa starttia ei ollut, vaan se piti käynnistää narun avulla. Tämän jälkeen piti rakentaa kunnan starttijärjestelmä. Startin lisäksi oli myös muita ongelmia. Luonnollisesti ottomoottori tarvitsee ruokaa eli aina välillä piti lisätä polttoainetta. Myös moottorin kova käyntiääni, paino ja moottorin päästöt olivat ongelmana. Päästöjä ei ole koskaan mitattu, mutta luultavasti niilläkin oli pieni osuus mittaustuloksissa.



Kuva 10. Pumpun ottomoottori /13/

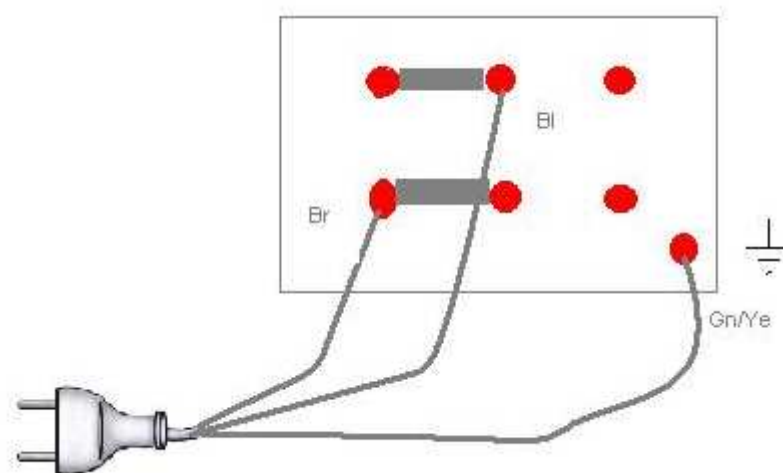
Jatkuvien ongelmien jälkeen piti ryhtyä toimenpiteisiin. Pohdittiin mikä voimanlähde olisi sopivin tähän tarkoitukseen ja päädyttiin siihen, että hankitaan oikosulkusähkömoottori (kuva 11).



Kuva 11. Pumpun sähkömoottori

Moottori, siihen sopivat hihnapyörät (ottomoottorin akseli oli halkaisijaltaan isompi kuin sähkömoottorin akselin halkaisija) ja tarvittavat sähköosat (kaapeli, katkaisija, sulake ym.) oli hankittu Vantaan varaosaliikkeestä. Sopiva moottori oli Invensys -tyyppinen oikosulkumoottori. Tehoa oli 2,2 kW ja pyörintänopeus oli 2870 1/min. Kotelointiluokka oli IP 55, mikä tarkoittaa, että moottori on suojattu vesiroiskeelta ja lialta. Kotelointiluokka oli tarkoitukseen riittävä, koska mittauksia ei koskaan tehty vesisateessa. Tarvikkeiden hankkimisen jälkeen aloitettiin varsinainen projekti, eli moottorin vaihdon suorittaminen.

Ensimmäisenä piti kytkeä johdot moottorin kyljessä olevaan kytkentärasiaan oikeinpäin, jotta moottorin pyörimissuunta olisi oikea. Kytkennät tehtiin kuvan 12 osoittamalla tavalla. Kaksi johtoa kytkettiin kahteen vaiheeseen ja kolmas johto on kytketty maahan.



Kuva 12. Sähkömoottorin kytkentäkaavio

Tämän jälkeen nostettiin pois katolta vanha systeemi eli pumppu ja ottomoottori. Moottorin purkamisen yhteydessä huomattiin, että olemassa olevat jalat/holkit eivät sovi sähkömoottorille, koska kyseinen moottori on pienempi, mikä tarkoittaa, että tarvittiin uudet jalat. Jalat tehtiin sopivanpaksuisesta putkesta ja suojamaalattiin. Toimenpiteen jälkeen uusi moottori on nykyään 100 mm:n korkeudella.

Kun uusi systeemi (kuva 13) oli kasattu ja vielä kerran testattu, että se pyörii oikeinpäin, suoritettiin johdotus Nuuskijassa. Johdot vedettiin siten, että ne eivät ole lähellä tiedonsiirtolaitteita, koska verkkovirta tuottaa paljon häiriötä. Katkaisija ja automaattinen sulake sijoitettiin helppoon paikkaan Nuuskijan sisätiloissa, jotta käynnistäminen olisi jatkossa helppoa.



Kuva 13. Uusi sähkömoottori ja pumppu

Kun uusi systeemi oli katolla ja kytketty invertteriin, suoritettiin moottorivaihtoprojektin kannalta tärkein testaus, nimittäin piti tarkistaa sammuvatko mittalaitteet, kun sähkömoottori kytketään päälle. Silloin huomattiin, että auton pitää olla käynnissä tai ulkoisessa latauksessa, kun sähkömoottori käynnistetään, muuten laitteet sammuvat koska sähkömoottorin ottama teho on liian suuri.

Työn jälkeen todettiin, että kaikki oli onnistunut hyvin ja suunnitelman mukaisesti, koska moottorin vaihdon myötä uudessa paketissa on

- 15 kg vähemmän painoa mistä seuraa, että nyt Nuuskija kuluttaa vähemmän
- sähkömoottorin vakiokierrosten ansiosta tasainen käynti
- hiljainen ääni
- helppo käynnistys ja sammutus
- päästöttömyys

3.2 Virtausanturin hankinta, asennus ja testaus

3.2.1 Hankinta

Siitä asti kun katupölyjärjestelmä on ollut rakennettu, kaikissa mittauksissa ja mittaustuloksissa on merkattu, että virtausmäärä pääputkessa on 2000 l/min. Sellaiseen tulokseen oli tultu VTT:n mittauksien ja matemaattisten tarkastelujen jälkeen, ja jotta lasku olisi oikea täytyi tietää hihnapyörien halkaisijat (siitä saadaan välityssuhde), pääputken halkaisija ja moottorin teho. Lopulta päädyttiin tulokseen 1800 l/min, koska piti ottaa huomioon pumpun ja moottorin häviöt.

Kuitenkin nämä kaikki tulokset ovat enemmän tai vähemmän arvattuja, koska ei ollut reaaliaikaista seurantaa. Sähkömoottorin vaihdon yhteydessä vaihdettiin myös hihnapyörät, joten välityssuhteet ja moottorin tehot olivat muuttuneet. Eräässä kokouksessa päätettiin, että enää ei arvailla virtausmäärää, vaan hankitaan ja rakennetaan virtausseurantajärjestelmä. Tämän insinööriyön aihe oli katupölyjärjestelmän jatkokehitys , ja sen tekijä otti vastuun anturin hankkimisesta, asennuksesta ja testauksesta.

Etsintä aloitettiin VTT:stä, koska heillä on kokemusta virtausseurantajärjestelmistä. VTT:n insinööri Hannu Vesala näytti erityyppisiä virtausmittareita. Niiden joukossa oli mm. Vortex – mittareita ja ultraäänimittareita. Kun otettiin huomioon Nuuskijan mittaolosuhteet eli se, että ilma mitä mitataan ei ole puhdasta, päädyttiin siihen, että jälkimmäinen ei tule kysymykseen sen herkkyyden takia ja Vortex- mittari voidaan ottaa harkintaan.

Seuraavaksi selvitettiin, löytyykö jälleenmyyjää Suomesta, paljonko se maksaa ja vastaako se projektin vaatimuksia. Selvisi, että tuotetta myydään Suomessa ja jälleenmyyjä on Kouvoautomation Kouvola. Samalla löytyi myös toinen firma, joka myy virtaus antureita. Kyseinen firma oli Konwell ab. Firmoista selvisi, että lähes kaikki heidän virtausmittarinsa sopisivat projektiin, koska ne perustuvat paine- ero mittaukseen, eli ei synny virtaushäviötä eikä ylimääräisiä pyörtelyitä putkessa. Hinta ja toimitusaika olivat suurin piirtein kohdallaan, mutta iso miinus oli se, että pääputken halkaisijaa jouduttisiin pienentämään rajusti, koska heidän mittarinsa mittaa oikein vain, jos putken halkaisija on samanlainen kuin mittarin halkaisija (kuvat 14 ja 15). Toinen miinus oli se, että anturi hitsataan paikalle, eli siitä tulisi kiinteä anturi ja tarvittiin sellainen mittari, joka voidaan siirtää paikasta toiseen.



Kuva 14. Vortex -mittari /14/



Kuva 15. V -cone mittari /15/

Selvitystyön (liite) tuloksena päätettiin, että ei hankita yhtään mittaria Konwell Ab:n valikoimasta, koska haluttiin pitää putket alkuperäisessä kunnossa, siis oli pakko etsiä uutta anturityyppiä.

Toisenlainen anturityyppi löytyi Helsingin yliopistosta saadun tiedon avulla firmasta Teknocalor, joka sijaitsee Vantaalla. Anturi vastasi projektin vaatimuksia melkein täydellisesti. Anturi on pieni, putken näköinen (kuva 16) ja katupölynputken halkaisijaa ei tarvinnut millään lailla pienentää, vaan anturi kiinnitetään katupölyputkistoon 90 asteen kulmassa.



Kuva 16. TSI- anturi /16/

Muutkin tuotteen tiedot olivat kohdallaan, mm. anturi sietää likaa, vasteaika on pieni, hinta ja toimitusaika kohdallaan. Ainoa ongelma oli se, että massamuisti, joka olisi kannattanut ostaa oli liian kallis, mutta päätettiin, että mitausarvot kerätään lab view -ohjelman kautta tietokoneen muistiin ja massamuistia ei osteta.

Anturi tilattiin ennen joulua , ja se saatiin tammikuun lopussa.

3.2.2 TSI -anturin toimintaperiaate

Anturin toimintaperiaate perustuu ilmiöön nimeltä *thermal anemometry*. Suomeksi kuvattuna toiminta perustuu termiseen virtausmittaukseen, eli se on samanlainen kuin autossa oleva ilmamassamittari.

Mittarin keraaminen mittauspää lämmitetään jännitteellä ja lämpötila pidetään vakiona. Näytteenottoilma jäädyttää mittauspäästä ja samalla jännite puutoaa. Lämpötilan muutos kuvaa suoraan tilavuusvirran suuruutta.

Koska anturin toiminta perustuu kuumalankaperiaatteeseen, se pystyy mittaamaan sekä laminaarista että turbulენტtista virtausta.

Anturin tekniset tiedot /16/ :

- kaapelin pituus: 5.0 m
- nopeusasteikot: 0,125- 50 m/s
- syöttöjännite: 11- 30 VDC
- lähtöviesti: Jännite tai virta
- anturin pituus: 22,5 cm
- anturin halkaisija: 6,4 mm
- anturin toiminta- alue: 0- 60 astetta Celsius
- reaktioaika: 0,2 s
- tarkkuus: +/- 0,5 %

3.2.3 Asennus

Asennus tapahtui yhteistyössä projekti -insinööri Peter Szabon kanssa. Ennen kuin varsinainen työ alkoi, tutustuttiin huolellisesti käyttöohjeeseen. Siitä selvisi, että anturi toimii aika suurella jännitesyöttöväälillä 11- 30 VDC. Alue sopi tarkoitukseen hyvin, koska autossa on sekä 12 V:n että 24 V:n järjestelmä. Asennuksen helpottamiseksi valittiin 12 V:n järjestelmä, silloin nimittäin syöttö saadaan tupakan sytyttimestä. Pienempi alue tarkoitti sitä, että piti mitata laskeeko jännite liian alas, kun Nuuskija käynnistetään. Mittaus tehtiin ”alueella” virta päällä – auto käyntiin ja huomattiin, että virta päällä – asennossa jännite oli 11,7 V ja kun auto käynnistettiin, jännite putosi 10,8 V:iin. Jännitteenputous on kuitenkin hetkellistä, ja vähän ajan päästä jännite palaa normaaliin lukemiin. Saman tien testattiin aiheuttaako alhainen jännite ongelmia anturille, ja koska se ei aiheuttanut mitään muutoksia tai ongelmia, päätettiin että pienempi jännitealue pysyy.

Asennukseen tarvittavat johdot (output johto oli koaksiaalikaapeli) oli Nuuskijassa valmiina varaosamuodossa, eli niitä ei tarvinnut hankkia erikseen. Anturin sisällä ei ollut sulaketta, mutta oli pakko rakentaa sellainen, koska anturi on arvokas eikä haluttu ottaa mitään riskejä. Sopivin sulake oli 0,5 A:n lasisulake, jota käytetään TEOMissa. Samalla piti keksiä sulakkeen pidin ja ratkaisu oli johtojen liitin. Sulake sopi siihen hyvin ja lopputulokseen oltiin tyytyväisiä (kuva 17).



Kuva 17. Jännitteensyöttöpistoke ja jälkeenpäin rakennettu sulake. Käytetty 0,5 A:n sulaketta ja AMP -liitinta

Kun sisäänmeno- ja ulostulojohto oli kiinnitetty lähettimeen, siirryttiin hitsaushommiin eli suorittamaan anturin kiinnitystä katupölyputkistoon.

Seuraava ongelma oli, miten saadaan anturi pysymään katupölyputkistossa. Ratkaisuna päätettiin käyttää läpivientiholkkia, joita löytyy kaupasta valmiina, mutta kyseinen holkki ei kestä hitsaamista ja tämän takia päätettiin rakentaa se itse. Rakennettu holkki oli ruostumattomasta teräksestä tehty putki, isähalkaisijaltaan 7 mm. Putki hitsattiin tig -hitsausmenetelmällä katupölyputkistoihin (kuvat 18 ja 19) 90 asteen kulmassa ja anturin ja holkin väli tiivistettiin silikonilla.



Kuva 18. Anturin holkki 100 mm:n putkessa



Kuva 19. Anturin holkki 50 mm:n putkessa

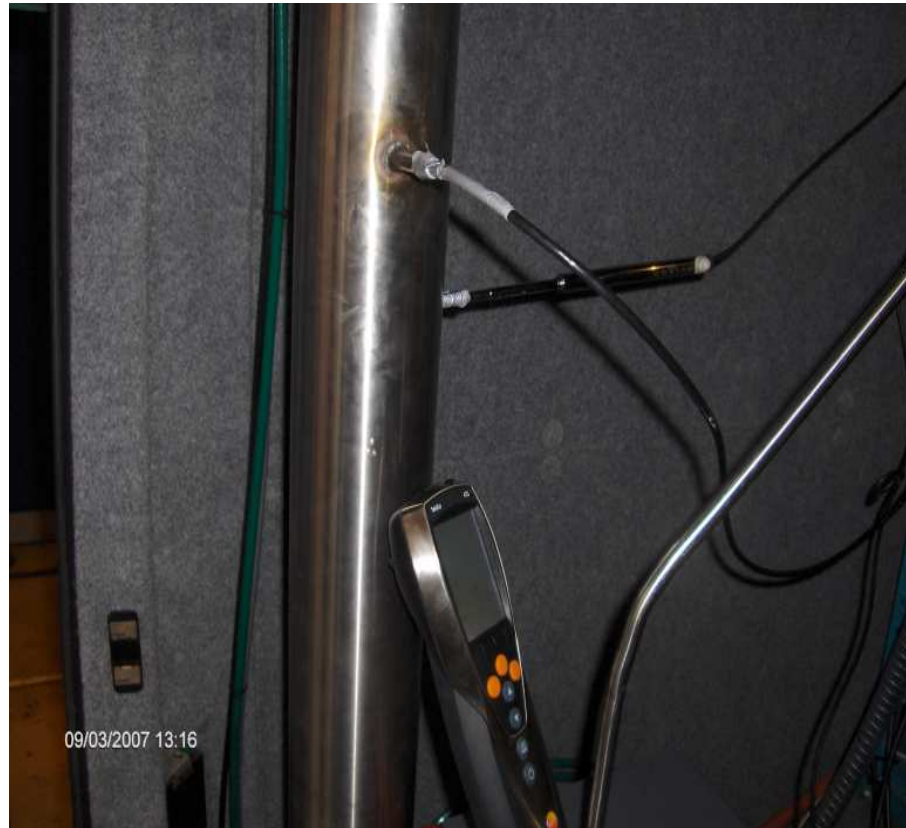
Lopputulokset eivät ole varmasti samanlaisia kuin kaupasta ostettu, mutta oltiin tyytyväisempiä tähän, koska se oli itse tehty ja se oli varmasti kestävämpi.

3.2.4 Testaus

Kun kaikki oli suurin piirtein asennettu ja kytketty, lopputulosta testattiin. Ensin resistanssimittarilla testattiin, että kaikki yhteydet kaapeleiden välillä toimivat. Sen puolen ollessa kunnossa, testattiin syöttö uudestaan ja se oli kunnossa. Lähettimen sisällä, kannen alla, on pieni sisäinen näyttö ja se takasi, että saman tien voidaan testata, muuttuvatko arvot kun puhalletaan anturin läpi. Arvot muuttuivat ja se puoli oli kunnossa. Nyt piti kytkeä anturi tietokoneeseen ja katsoa, tuleeko mitään ohjelman näytölle. Yllättäen ruudulle tuli sellainen vikailmoitus, että ongelma on yhteydessä tietokoneeseen. Anturin ulostulona toimii koaksiaalikaapeli ja BNC-liitin, joka on kytketty National Instrumentin connector blockiin, ja se puolestaan on kytketty tietokoneeseen mittakortin avulla. Johdot päätettiin vielä kerran testata, ennen kun ohjelmalle tehdään mitään. Anturi saatiin helposti kytkettyä oskilloskooppikanavaan, ja kun uudestaan puhallettiin anturin läpi, arvot muuttuivat oskilloskoopissa ja sillä tavalla varmistettiin, että johdoissa ei ole mitään vikaa, vaan vika on yhteydessä tietokoneeseen. Portin vaihdon jälkeen saatiin ohjelma toimimaan ja kaikki oli kunnossa.

Vaikka laite oli testattu ja toimi hyvin, varsinainen testaus tehtiin kahdessa osassa, tien päällä ja VTT:lla. Vain siten voitiin saada tarkka tilavuusvirta ja VTT:lla voitiin verrata ja varmistaa saadut tulokset.

Testaukseen käytettiin kahta eri mittauslaitetta. Ensimmäinen anturi oli nimeltään *Testo*. Sen toimintaperiaate on samanlainen kuin TSI -anturissa, eli se perustuu kuumalankasysteemiin. Testausta varten piti porata ylimääräiset reiät katupölyputkistoon, jotta saataisiin samanaikaisesti Teston ja TSI-anturin lukemat (kuva 20).



Kuva 20. Testo -anturi

Toinen anturi oli VTT:lta saatu *Sensyflow* -putkianturi, jonka toiminta perustuu massavirtausmittaamiseen. Mittari asennetaan ennen katupölyputkistoa (kuva 21), jotta virtaus menisi ensin mittarin läpi. Vain siten saadaan luotettavat lukemat.

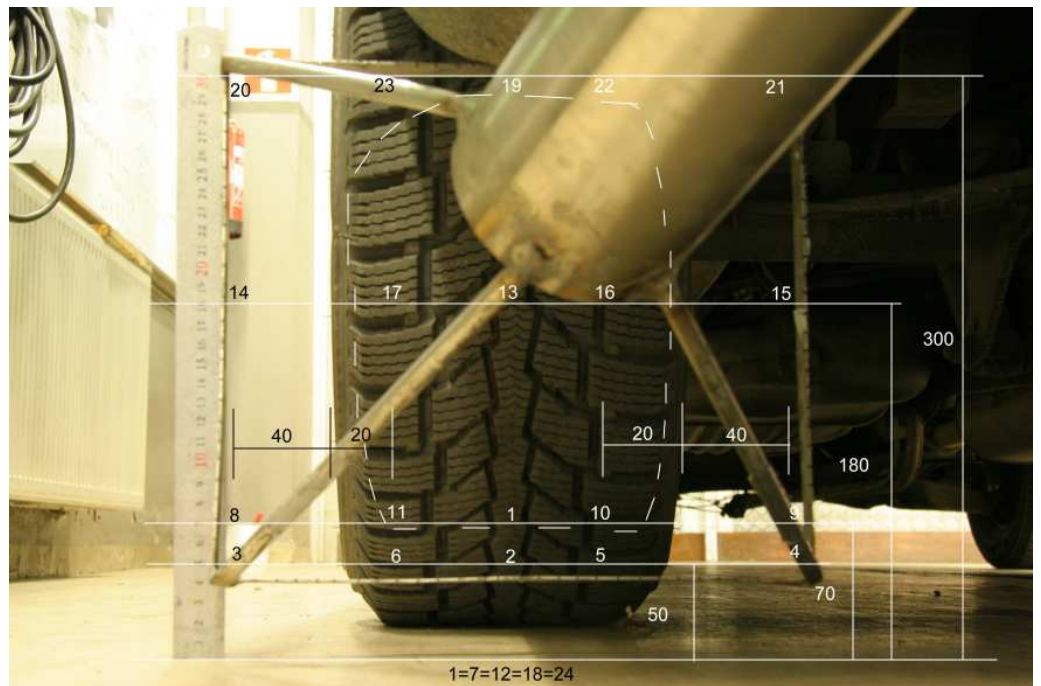


Kuva 21. Sensyflow- anturi

3.3 Validointimittaus

Itse validointi vapaasti käännettynä tarkoittaa paikkansa pitämisen varmistamista.

Validointimittauksella tässä työssä tarkoitetaan renkaan nostattaman pölyn kerääntymisalueen määrittämistä keräämällä pölyä vasemman takarenkaan taakse rakennettu telineeseen (kuva 22). Mittauksen avulla nähdään miten hyvin Nuuskijan kartiomainen suutin kerää renkaan nostattaman pölypilven. Telineeseen on kiinnitetty pysty- ja vaakasuunnassa säädettävä ELPI:n ja TEOMin näytteenottolinjan mittapää.



Mittaus tehtiin suoralla, tasaisella tiellä, 80 km/h nopeudella. Kuvassa näkyvät numerot 1 - 24 kuvaavat telineen mittauspisteitä, ja jokainen piste käydään läpi, eli ajetaan valittu tien pätkä edestakaisin jokaisen pisteen kohdalla. Valittu tienpätkä oli 5,5 km pitkä eli matkan pituus per piste on 11 km. Piste 1 kuvaa referenssiä eli vertailupistettä. Vertailupisteitä ovat myös pisteet 7, 12, 18 ja 24. Mittauksen aikana käytössä oli Nuuskijan oma kitkarengas, mikä tarkoittaa, että käytössä oli pakettiauton kitkarengas. Katkoviivalla kuvaan piirretty ”ympyrä” kuvaa nykyistä pölynkeräyssuutinta.

4 TULOKSET

4.1 Virtaustulokset

Kuten on aikaisemmin esitetty, virtausta, tai sitä onko virtaus laminaarista vai turbulenttista, voidaan laskea Reynoldsin luvun (kaava 4) avulla:

100 mm:n putki

$$N_R = \frac{\rho v D}{\eta} = \frac{1,204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,1 \text{m}}{1,807 * 10^{-5} \text{Pa} * \text{s}} = 33668$$

Tästä voidaan nähdä, että virtaus isossa putkessa on hyvin turbulenttista.

50 mm:n putki

$$N_R = \frac{1,204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,05 \text{m}}{1,807 * 10^{-5}} = 8333,65$$

Myös pienemmässä putkessa virtaus on turbulenttista, mutta ei esiinny niin voimakkaasti.

Molemmissa kaavoissa ρ on ilman tiheys 20°C, v on mitattu virtausnopeus, D on putken halkaisija ja η on ilman viskositeetti.

4.2 Anturin testaustulokset

Testauksen alussa huomattiin heti, että Teston ja TSI -anturin mittaustulokset poikkeavat rajusti. Koko ajan oli 1000 l/min eroa isossa putkessa ja 100 l/min eroa pienessä putkessa kuten taulukosta 1 voidaan nähdä. Osoittautui, että Testo -anturia ei ollut kalibroitu, joten sen antama tulos on epäluotettava. Onneksi saatiin VTT:lta mittari, joka on varmasti luotettava, koska se on kalibroitu.

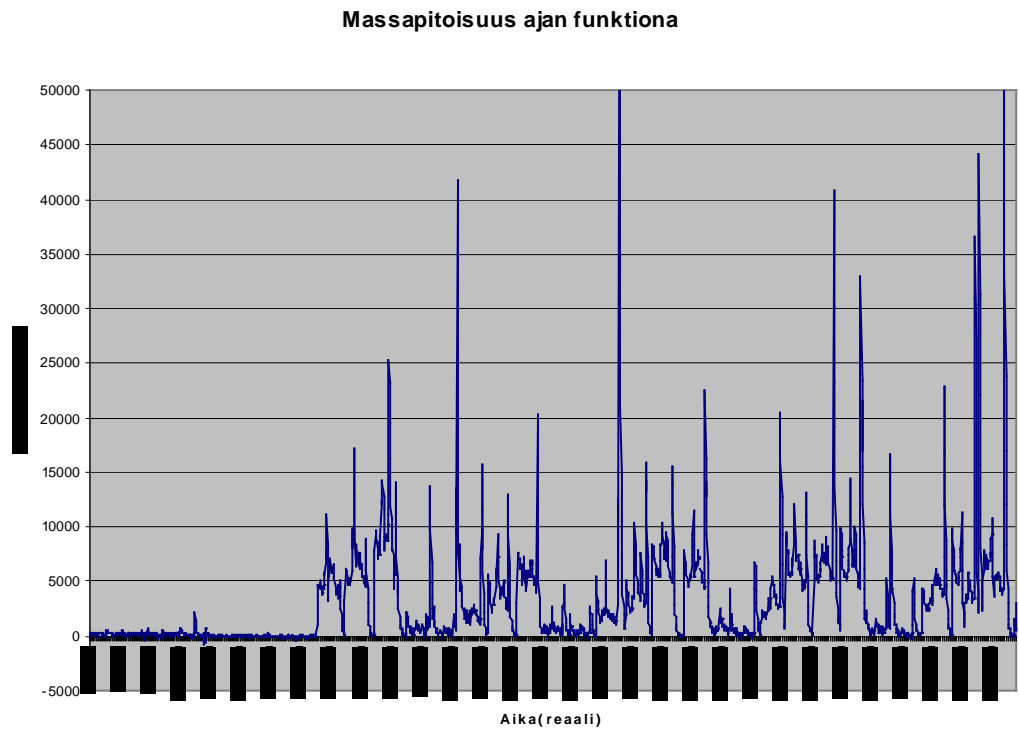
Virtausputki näytti melkein samanlaiset tulokset kuin TSI -anturi, ja siitä päätettiin, että TSI -anturi on kunnossa.

Taulukko 1. Antureiden vertailu

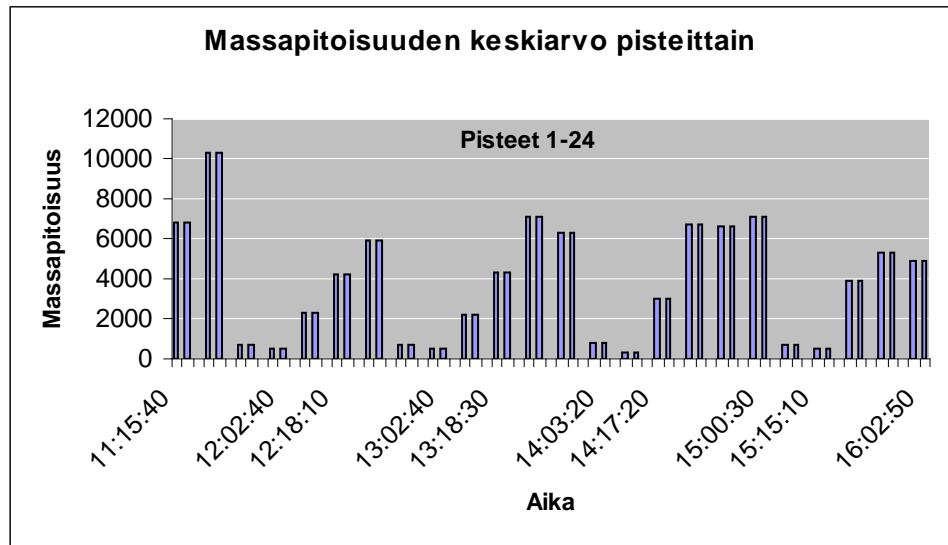
	TSI- anturi	Testo	Virtausputki
100 mm:n putki	2140,2 l/min	3310 l/min	2040 l/min
50 mm:n putki	310,5 l/min	441,6 l/min	312,6 l/min

4.3 Validointitulokset

Telineen 24:n pisteen mittaustulokset voidaan esittää kuvien 23 ja 24 avulla, joista 23 on katupölyn massapitoisuus ajan funktiona, ja 24 kunkin mittauspisteen massapitoisuuden keskiarvo. Kuvasta 24 on helpompaa seurata jokaisen pisteen massapitoisuutta, koska yksi pylväs kuvaa yhtä mittauspistettä.



Kuva 23. Massapitoisuus ajan funktiona



Kuva 24. Massapitoisuuden keskiarvo ajan funktiona

Kuvasta 24 voidaan huomata, että pisteen 2 pitoisuus on suurin eli suurin pitoisuus ei osu suuttimeen, koska suuttimen alareunaa kuvaa piste 1 (referenssipiste), ja piste 2 on alareunan alapuolella.

Asialle ei kuitenkaan voida tehdä mitään, koska korjaustapauksessa suuttimen alareuna ottaa maahan ja mittaaminen ei onnistu.

Referenssipisteiden pitoisuudet ovat mittauksen aikana vaihdelleet, ja syynä siihen on esim. katupölyn pitoisuuksien väheneminen, ajonopeuden vaihtelu, ajolinjan vaihtelu jne. Sen takia tehdään ns. referenssikorjaus (kuva 25), jossa referenssipisteet korjataan samalle tasolle. Samalla muutkin pisteet korjautuvat.

Korjaus tapahtuu siten, että aina korjataan kaksi referenssipistettä kerrallaan, tässä tapauksessa korjataan referenssipisteet 1 ja 7, 7 ja 12, 12 ja 18, 18 ja 24. Kaikki referenssipisteet nostettiin 1 pisteen tasolle tekemällä ensin suoran yhtälö (5). Tässä korjaus pisteiden 1 ja 7 välillä:

$$y - y_7 = \frac{y_1 - y_7}{t_1 - t_7} (x - t_7)$$

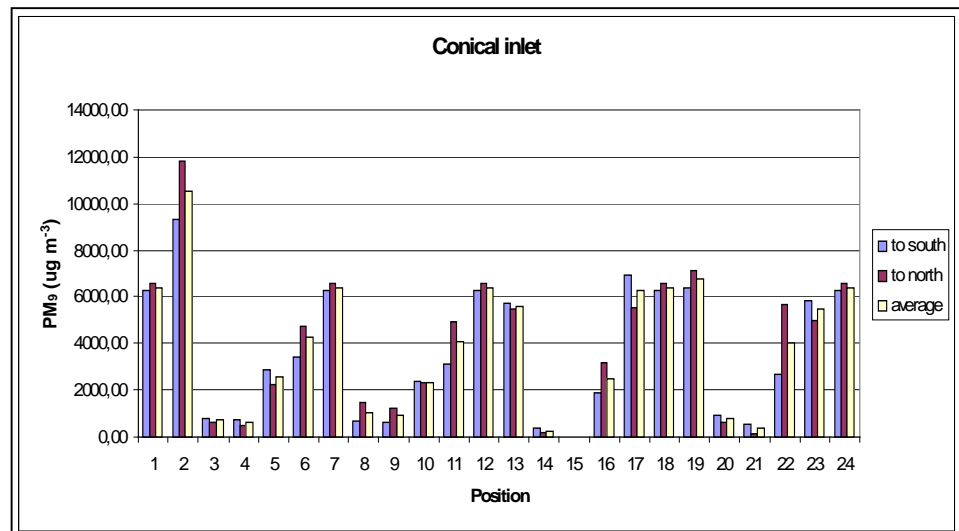
$$\Rightarrow y = \frac{y_1 - y_7}{t_1 - t_7} (x - t_7) + y_7 \quad (5)$$

Uudet referenssiarvot saadaan sijoittamalla x:n paikalle kunkin pisteen ajat.

Lopussa pisteet saadaan korjattu oikealle tasolle kaavan 6 avulla:

Esim.

$$y_{2uusi} = \frac{y_1}{\text{pisteen 2 uusi referenssiarvo}} * y_2 \quad (6)$$



Kuva 25. Referenssipisteiden korjaus

5 PROJEKTIN AIKANA ESIINTYNEET ONGELMAT

Tässä osiossa kartoitetaan kaikki ongelmat, jotka ovat esiintyneet projektin aikana.

Ongelmia esiintyi sopivan anturin etsimisessä. Monet anturit olivat teollisuuden liittyviä ja hintavia.

Toinen iso ongelma oli löytää sopiva ajankohta mittaamiseen ja laitteiden testaamiseen. Varsinkin talven aikana ongelma oli suuri, koska onnistunut mittaus vaatii kuivia ja lumettomia teitä, ja niitä päiviä oli hyvin vähän.

Muut sinänsä pienet ongelmat olivat osien puuttuminen, laitteiden heikko toimivuus, yms. mutta niistä selvitettiin kekseliäisyydellä ja improvisoimalla.

Tulevaisuudessa virtausanturin arvot saattavat muuttua. Se on merkki siitä, että anturi on likainen ja sen pitää puhdistaa elektroniikkasprayllä.

6 NUUSKIJAN PROJEKTIT

6.1 KAPU- projekti

KAPU eli katupölyprojekti on käynnistetty 26.08.2005, koska on todettu että katupöly on kesäisin suuri ongelma pääkaupungin seudulla ja varsinkin Helsingissä. Projektin kestoksi päätettiin kaksi vuotta eli vuoden 2007 loppuun. Projektissa ovat mukana mm. Helsingin ympäristökeskus (koordinaattori), Nordic Envicon Oy, Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia, YTV ja HKR .

Projektissa tutkitaan, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat katupölyn määrään ja koostumukseen. Nykyisen käytännön lisäksi selvitetään, voidaanko uusilla menetelmillä ja laitteilla vähentää pölyn määrää. Yleisenä tavoitteena on vähentää kevätkauden korkeita PM₁₀-pitoisuuksia Suomen kaupungeissa /17/.

Tutkimukset tehdään YTV:n kiinteillä mittausasemilla ja liikkuvalla mittauslaboratoriolla Nuuskijalla. Nuuskijalla mittaukset tehdään Helsingissä, Espoossa, Vantaalla, Keravalla, Riihimäellä, Tampereella ja tämän vuoden alusta Turussa.

Tutkimukset tehdään

- ennen talvikauden pölyn kertymisen alkua
- talvikauden pölyn kertymisen aikana
- keväällä ennen katujen puhdistamista
- keväällä puhdistuksen aikana
- keväällä katujen puhdistamisen jälkeen.

Ennen kuin KAPU -projekti päättyy tämän vuoden lopussa, suunnitelmissa on kenttämittausten tekeminen helmikuussa - toukokuussa 2007, ja tutkimustulosten käsittely ja loppuraportin kirjoittaminen syksyllä 2007 /17/.

6.2 VIEME- projekti

VIEMEn eli vierintämeluprojektin tavoitteena on tutkia tienpäällysteiden ja renkaiden aiheuttamaa pölyä sekä melua ja niiden leviämistä.

Projektissa mitataan eri rengastyypin vaikutusta melun ja pölyn muodostukseen valituissa kohteissa sekä koeradalla. Tämä projekti on käynnistetty vuonna 2005, ja siinä ovat mukana mm. Nordic Envicon Oy (koordinaattori), Stadia, TKK, Akukon ja Ilmatieteen laitos.

Nuuskijalla mitataan pölyn muodostumista eri renkailla samoissa kohteissa, joissa melu mitataan. Melun mittaamisen suorittaa TKK melunmittausperäkärryn NOTRAn avulla.

Tutkimukset suoritetaan seuraavissa paikoissa: Helsinki, Espoo, Klaukkala ja Röykkä. Tienpätkät on valittu siten, että jokaisella paikkakunnalla otetaan mittauskäyttöön yksi pätkä, jossa on hiljainen tienpäällyste ja yksi pätkä, jossa on referenssi tienpäällyste /18/.

Tutkimuksen aikana käytetään seuraavia Nokian renkaita:

- kesärenkas: Nokian Z 235/60 ZR 16 104 WX kantavuus 900 kg
- kitkarenkas: Nokian Hakkapeliitta RSI 235/60 R 16 104 RXL M+S kantavuus 900 kg
- nastarenkas: Nokian Hakkapeliitta 4 235/60 R16 100 T M+S kantavuus 800 kg

On syytä huomata, että nämä renkaat ovat henkilöauton renkaita ja niiden kuluminen on erilaista kuin pakettiauton renkaissa.

VIEME- projekti on suunnitelmassa jatkua ainakin vuoden 2007 loppuun /18/.

6.3 Lipika ja vipen- projektit

LIPIKA -projekti (Liikenteen pienhiukkaspäästöt kaupunki-ilmassa) oli ensimmäinen Nuuskijan projekti ja se kuului Tekesin teknologiaohjelmaan FINE Pienhiukkaset – teknologia, ympäristö ja terveys, jota myös Liikenne- ja viestintäministeriö rahoitti. Projekti kesti kolme vuotta 1.9.2002 - 30.6.2005 /8/. Projektiin kuuluivat Tampereen teknillinen yliopisto (koordinaattori), Helsingin yliopisto, Stadia, Työterveyslaitos, Ilmatieteen laitos, VTT ja YTV

VIPEN (Vehicle Induced Particulate Emissions from Non- Exhaust Sources) -projektin tavoitteena oli laajentaa Nuuskijan mittausjärjestelmää kattamaan myös katupölypäästöt, jotka eivät ole pakokaasuperäisiä päästöjä /4/. Projektiin kuuluivat Nordic Envicon Oy, IL, YTV ja Stadia. Kampanja kesti vuoden välillä 1.12.2004 - 30.11.2005.

6.4 Mittaukset ulkomailla

Mittauksia on tehty viime vuonna myös Saksassa ja niitä tulee olemaan jatkossakin, mutta mitään tarkkaa päivämäärää ei ole lyöty lukkoon. Nuuskija - palaverissa oli puhetta, että kevään ja kesän 2007 aikana tullaan tekemään ainakin kaksi mittausmatkaa ulkomaille Saksaan ja Ruotsiin.

7 YHTEENVETO

Nuuskijaan rakennettiin katupölyn mittaus- ja keräysjärjestelmä vuoden 2004 lopulla ja 2005 alussa. Järjestelmän avulla pystytään mittaamaan PM_{10} -hiukkaspitoisuuksia.

Järjestelmää haluttiin kehittää, jotta mittaukset olisivat monipuolisia, järjestelmän käytettävyys helpompaa, ja mittaustulokset luotettavampia. Katupölyjärjestelmää kehitettiin vuoden 2006 lopulla ja keväällä 2007.

Katupölyputkistoon ei tehty mitään muutoksia, mutta rakennettiin ”norsun kärsä” -putki, jotta voitaisiin tehdä stationaarisia mittauksia ja leviämismittauksia tuulilasin yläpuolella olevalla näytteenkeruu putkella.

Katupölyn keräysputken pumpun ottomoottori poistettiin ja tilalle rakennettiin sähkömoottori hihnapyörineen pienemmän painon, päästöttömyyden, meluttomuuden ja helpon käynnistyvyyden takia.

Virtausanturin ansiosta saatiin reaaliaikainen tilavuusvirran seuranta. Anturin pienen koon takia se voidaan helposti siirtää mittaustaikasta toiseen.

Projektissa suoritettiin myös validointimittaus, jotta nähtäisiin onko katupölyn keräysputken näytteenottosuutin rakennettu oikein.

Validointituloksista nähtiin, että Nuuskijan suutin kerää suurimman osan renkaan nostattamasta pölypilvestä ja sen suhteen muutoksia ei tarvita.

Jatkossakin Nuuskija –projektissa töitä riittää uusille opiskelijoille. Mittauskampanjoiden ohella Nuuskijaa kehitellään koko ajan, ja sen mittalaitteita huolletaan ja pidetään toimintakunnossa.

VIITELUETTELO

- /1/ Seppälä, Juha, *Liikenteen pakokaasupäästöjä tutkiva ajoneuvo*. Insinööriyö. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka. Helsinki. 2003.
- /2/ Lehtonen, Timo, *Jahtausmittaukset Nuuskija- ajoneuvolla*. Insinööriyö. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka. Helsinki. 2003.
- /3/ Ruokomäki, Miko, *Ajoneuvopäästöjen pienhiukkaset*. Insinööriyö. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka. Helsinki. 2003.
- /4/ Tenhunen, Harri, *Katupölyn mittaaminen ja keräysjärjestelmä*. Insinööriyö. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka. Helsinki. 2006.
- /5/ Pirjola, Liisa, *Liikenteen pakokaasupäästöt ja niiden vähentäminen*. Luentomateriaali. Autoalan Koulutuskeskus Oy. SATL 16/2006. Helsinki. 8-9.11.2006.
- /6/ Suvanto, Kari, *Tekniikan Fysiikka*. Oppikirja. Edita. Helsinki. 2003.
- /7/ Hälikkä ym. *Paine ja virtaus*. Suomen Sääteknillinen Seura. Helsinki. 1981.
- /8/ Stadia, *Nuuskija*. Verkkodokumentti, viitattu 24.01.2007.
<http://nuuskija.stadia.fi>
- /9/ Dekati, *ELPI*. Verkkodokumentti, viitattu 23.01.2007.
<http://www.dekati.com/kuvat/ELPI-kaavio.gif>

- /10/ Chalmers, *TEOM*. Verkkodokumentti, viitattu 23.01.2007.
<http://fy.chalmers.se/~molnar/lectures/Measurement%20Methods%20II-filer/image014.jpg>
- /11/ UTA, *Pakokaasut*. Verkkodokumentti, viitattu 17.01.2007.
<http://www.uta.fi/campus/001/kuvat/pakokaasu2.jpg>
- /12/ X1f, *Virtaukset*. Verkkodokumentti, viitattu 30.01.2007.
http://www.x1r.fi/testit/inssi/virtaus_putkessa.jpg
- /13/ Koicarp, *Honda 2- stroke engine*. Verkkodokumentti, viitattu 29.01.2007.
http://www.koicarp.net/pumps/generators/koshin_honda_engine2.jpg
- /14/ Konwell, *Vortex virtausmittari*. Verkkodokumentti, viitattu 29.01.2007.
http://www.konwell.fi/tuotteet/index.php?group=00000078&mag_nr=2
- /15/ Kouvo Automation, *V- cone mittari*. Verkkodokumentti, viitattu 29.01.2007. <http://www.kouvo.fi/vcone.htm>
- /16/ Teknocalor, *TSI- anturi*. Verkkodokumentti, viitattu 30.01.2007. <http://www.teknocalor.fi/aloitus.htm>
- /17/ Pirjola, Liisa, *KAPU- projektin väliraportti*. Helsinki. 2007.
- /18/ Pirjola, Liisa, *VIEME- projektin väliraportti*. Helsinki. 2007.

TUTKIMUSRAPORTTI**07.11.06**

Zoran Bozic

VIRTAUSMITTARIT - ERI TYYPIT JA NIIDEN PLUSSAT JA MIINUKSET

Tarkoituksena on koota kaikki mahdolliset mittarit ja saada selville kumpi niistä on hinta/laatusuhteeltaan paras ts. soveltuu parhaiten Nuuskijan käyttöön.

Markkinoilla on muutama mittari, joka sopisi meille, ja osalle niistä löytyy jälleenmyyjät Suomesta.

1. Virtausmittari joka perustuu kuumalanka/filmi -ratkaisuun

Mittarista ei ole mitään esitteitä, eikä mitään suoraa tietoa, mutta sen toiminta on pitkälti samanlainen kun autossa olevan ilmamassamittarin. Kyseinen mittari mittaa putken läpi kulkevaa ilmamassaa kuumafilmin/langan avulla. Kuumafilmi lämmitetään johonkin tiettyyn lämpötilaan ja pidetään koko ajan vakiona. Ilma jäähdyyttää filmiä ja lämpötilaero on suoraan mitattavissa jännitteen muodossa. Pikku ohjelmapätkän avulla jännitteestä saisi suoraan virtausnopeuden.

Tälle mittarille ei ainakaan internetissä löydy jälleenmyyjää Suomesta.

Hinnasta ei ole mitään tietoa, mutta suuri miinus on se, että mittari mittaa nimenomaan puhdasta ilmaa eli se ei sovellu meidän käyttöömme, koska se likaantuisi helposti.

2. V- cone virtausmittari

Mittarin toimintaperiaate on sellainen, että ilma kuristetaan mittausputken keskellä olevan kartiomuotoisen anturin läpi. Siitä syntyy paine-ero ja siitä virta. Paine-ero lähettimeen ja tietokoneen avulla saatu virta-arvo muutetaan virtausnopeudeksi.

Mittarissa on suuri mitta-alue, jopa 1:30 ja hyvä tarkkuus +/- 5%. Koska anturi on yleensä halkaisijaltaan puolet pienempi kuin putki, on pakko pienentää myös putken halkaisijaa siten että ”uusi halkaisija” on 0-3xD ennen ja 0-1xD jälkeen anturin.

Sovelluskohteita ovat höyryt, kaasut, ja pienillä järjestelyillä myös pakokaasut.

Suomessa V- conen jälleenmyyjä on Kouvoautomation Kuusankoskelta.

Anturin (kuva 1) hinta on kyseisen firman päällikön mukaan 1700 euroa, ja paine-ero lähetin maksaa noin 500 euroa. Lähettimen joutuu ostamaan toisesta paikasta! Toimitusaika on 5 - 6 viikkoa.



Kuva 1. V-cone

3.Vortex- mittarit

Mittarin ulkonäkö on samanlainen kuin V- conen, mutta toimintaperiaate on erilainen. Tässä mittaus perustuu pyörtelyyn eli anturin sisällä on ”esteet” ja kun ilma osuu niihin syntyy pyörtely, ja siitä tietokone laskee virtausnopeuden.

Tässä mittarissa tarvitaan isommat putkiosuudet, 10xD ennen ja 5xD jälkeen anturin.

Pakettiin kuuluu tietokone, joka suoraan kertoo virtausnopeuden, mutta huono puoli on se, että dataa ei pysty tallentamaan.

Vortex- mittareita myy Konwell ab (Helsinki ja Kouvola). Niiden toimitusaika on noin 4 viikkoa, ja hinta on noin 2000 euroa/tarjous koululle. (kuva 2.)



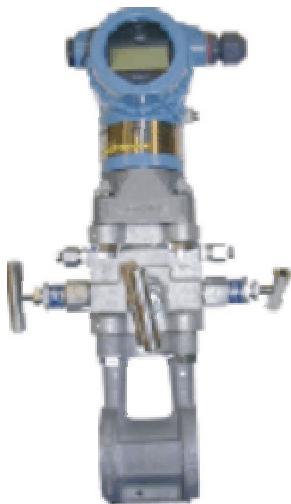
Kuva 2. Vortex- mittari

4.Oriflow- mittari

Kuten melkein kaikki mittarit, tämäkin mittari perustuu paine- ero mittaukseen. Kuitenkin hyvä puoli tässä mittarissa on se, että mitoituksen ansiosta kyseinen mittari käy suoraan putkien väliin, eli ei tarvita suoria osuuksia.

Tarkkuus on tyydyttävä +/- 8% ja dataa pystytään tallentamaan RS-232:n ansiosta.

Tämäkin mittari on Konwellin myymä ja sen hinta on 2500 euroa. Toimitusaika on noin 4 viikkoa. (kuva 3.)



Kuva 3. Oriflow

5. Ultraäänimittarit

Hyvä anturi siinä mielessä, että tätä ei tarvitse asentaa kiinteästi vaan sitä voidaan siirtää paikasta toiseen. Kuitenkin kyseinen mittari soveltuu pelkästään nesteelle eli meille on hyödytön.

6. TSI ilmannopeusanturi

Hyvä ja erittäin tarkka mittari (sopii meidän olosuhteisiimme). Tarkkuus mitausalueesta on +/- 5 % ja vasteaika on 2 ms. Lähtöviestin saa jännitteenä tai virtana. Siihen saa liitettyä Mitec- dataloggerin, jossa on ATCOM - tiedonsiirtoohjelma, lisävarusteena winlog -ohjelma. Anturin halkaisija on 6,4 mm ja sen pituus on 75/150/225/300 mm. Anturi asennetaan kohteeseen läpivientiholkin avulla.

Hinta on noin 1100 euroa anturi + noin 500 euroa loggeri. Toimittaja on Teknocalor Oy Helsingistä. (kuva 4.)



Kuva 4. TSI anturi

7.Mitec AT- 40g -universaaliloggeri

8- kanavainen loggeri, joka toimii sekä mittarina että tallentavana loggerina. Mittaustieto tallentuu muistiin, ja sitä voidaan myöhemmin purkaa. Tallennusväli voidaan valita 1 s...24 h välillä. Toimi joko verkkovirralla tai 9 V:n paristolla, eli siitä voidaan tehdä kannettava mittalaite. (kuva 5.)

Paketin mukana tulee ATCOM- tiedonsiirto- ohjelma ja pc-kaapeli.



Kuva 5. Mitec -dataloggeri

