

Joonas Hämäläinen

Erillisen kulutusmittarin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

20.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Joonas Hämäläinen Erillisen kulutusmittarin suunnittelu
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 20.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja(t)	Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli toteuttaa prototyyppi muusta elektroniikasta riippumattomasta mittalaitteesta, jolla mitataan polttoaineen kulutusta yhdellä bensinikäyttöisellä kaasutinmoottorilla varustetussa veneessä.</p> <p>Työhön kuului anturimallin määrittäminen, kehitysalustan ohjelmiston toteuttaminen ja tutustuminen yleisimpään standardiin merielektroniikassa.</p> <p>Työssä onnistuttiin toteuttamaan prototyyppi mittauslaitteesta ja määrittelemään näin lähtökohdat tulevaa tuotteistamista varten.</p>	
Avainsanat	Mittalaite, virtausanturi, Arduino

Author(s) Title	Joonas Hämäläinen Design of a Self-Sufficient Gasoline Consumption Gauge
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 20 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor(s)	Heikki Paavilainen, Principal Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to develop a prototype of a self-sufficient consumption gauge for measuring the gasoline consumption of a boat with one gasoline powered engine equipped with a carburetor.</p> <p>The thesis contains defining the flow sensor for measuring the gasoline flow in the gasoline lines and generating a program for the microcontroller board. In addition, familiarizing with the most commonly used standard of marine electronics was conducted.</p> <p>As a result of this thesis, a working prototype of the gauge for measuring gasoline consumption was produced. The gauge is ready for the practical testing, observing possible flaws and detecting solutions for the future development.</p>	
Keywords	Gasoline consumption gauge, flow sensor, self-sufficient, marine electronics

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Virtauksen mittaaminen	5
2.1	Periaatteet	5
2.2	Anturit ja tekniikat	6
2.2.1	Paine-eromittaus	7
2.2.2	Muuttuva-aukkomittaus	8
2.2.3	Tilavuusmittaus	9
2.2.4	Pyöriväsiipinen mittaus	10
2.2.5	Pyörrevanamittaus	11
2.2.6	Sähkömagneettinen mittaus	12
2.2.7	Ultraäänimittaus	13
2.2.8	Coriolis-mittaus	14
2.2.9	Terminen mittaus	15
3	NMEA- standardit	16
4	Kehitysalusta	17
4.1	Arduino	17
4.2	Arduino Uno	18
4.3	Arduino IDE	18
5	Mittauslaitteiston suunnittelu	19
5.1	Testialusta	20
5.1.1	Testivene	20
5.1.2	Polttoainejärjestelmä	21
5.2	Anturi ja sen kalibrointi	22
5.2.1	Anturi	22
5.2.2	Kalibrointi	23
5.3	Elektroniikka	24
6	Ohjelmointi	25
6.1	Setup	27

	2
6.2 Loop	28
6.3 Laskutoimitus	29
7 Testaus	30
8 Jatkotoimenpide-ehdotukset	30
9 Yhteenveto	32
Liitteet	

Liite 1. Bio-Tech 150391 Data Sheet

Liite 2. Virtausmittalaitteen kytkentäkaavio

Lyhenteet

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, on puolijohde-muistia jonka päälle voidaan uudelleen kirjoittaa tavu kerrallaan.
PSI	Pounds Per Square Inch, Paunaa (naulaa) neliötuumaa kohti. Vanha angloamerikkalaisissa maissa käytetty paineen yksikkö. Käytössä muun muassa Yhdysvalloissa. 1 PSI on 6,894 76 kPa eli 0,0 6894 76 bar.
RAM	Random Access Memory, on tietokoneohjelmien käyttämä keskusmuisti.
SRAM	Static Random Access Memory, on staattinen puolijohdetekniikalla toteutettu RAM muistityyppi.

1 Johdanto

Tässä työssä pyrittiin suunnittelemaan ja toteuttamaan prototyyppi jälkiasennettavasta mittalaitteesta veneen polttoaineen kulutuksen seurantaan veneessä. Laitteen tulisi olla riippumaton muusta veneeseen asennetusta elektroniikasta. Mittalaite vastaanottaisi anturilta tietoa, muuttaisi sen hetkelliseksi kulutukseksi ja esittäisi sen näytöllä helposti luettavissa olevassa muodossa.

Mittalaite suunniteltiin ja pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman edullisista, jo olemassa olevista komponenteista. Mittalaitteen tuli toimia itsenäisenä yksikkönä eikä se täten olisi sidottu muihin merielektroniikkalaitteisiin, mikä antaisi etulyöntiaseman markkinoilla oleviin kilpailijoihin.

Pääkohderyhmänä ovat huviveneilijät ja pienet vapaa-ajan kalastukseen tarkoitetut veneet. Mittalaitteesta tulisi käydä ilmi ainakin hetkellinen kulutus muodossa l/h. Toimivan prototyypin ja sen toteuttamisen aikana kerätyn tiedon pohjalta tarkoituksena oli pystyä tuotteistamaan markkinoille edullinen, kilpailukykyinen ja yksinkertainen tuote polttoaineen kulutuksen mittaamiseen.

2 Virtauksen mittaaminen

2.1 Periaatteet

Virtausmittareilla mitataan putkistoissa, letkuissa tai avokanavissa siirtyvän aineen määrää tilavuutena tai painona aikayksikköä kohti. Mittausmenetelmiä on lukuisia, joten mittalaitteen anturin ja menetelmän valitsemisessa pyritään valitsemaan kuhunkin mittauskohteeseen parhaiten soveltuva menetelmä. Laitetta valittaessa tulee ottaa huomioon tarvittava mittaustarkkuus, määrittelemällä sallittu mittaepätarkkuus saavutetaan taloudellinen hyöty. Paikalliset olosuhteet ja mitattava fluidi vaikuttavat myös mittausten valitsemiseen.

Tilavuusvirtaa mitattaessa mitataan putkessa kulkevan aineen tilavuusmäärää. Kun tunnetaan virtaavan aineen nopeus ja putken poikkipinta-ala, saadaan tulostettua tilavuusvirta. Massavirtausta mitattaessa tilavuusvirta kerrotaan aineen tiheydellä.

Virtausmittareiden toiminnon ymmärtämiseksi on ymmärrettävä virtaavan aineen käyttäytyminen putkistossa/letkussa.

Virtauksen ollessa laminaarista, kaikki virtaavan aineen nopeusvektorit ovat yhdensuuntaisia. Virtauksessa esiintyessä myös toisen suuntaisia nopeusvektoreita virtaus on turbulanttista. Virtaavan aineen nopeuden kasvaessa virtauksesta tulee nopeasti turbulanttista.

Virtauksessa aineen virtausprofiili on otettava huomioon mittaustapaa valittaessa. Virtauksen nopeutta mitataan joko pistemäisesti yhdestä kohtaa putken poikkipinta-alaa tai käyttäen keskiarvoista nopeutta putken/letkun poikkipinta-alaa pitkin. Epäsymmetrisyyttä virtausnopeudessa aiheuttavat muun muassa järjestelmässä olevat mutkat, venttiilit ja pumput. Luonnollisin tapa oikaista virtausprofiili on rauhoittaa virtaus riittävän pitkällä suorilla osuuksilla järjestelmässä. Virtausnopeuden epäsymmetrisyys aiheuttaa virhettä mitattaessa virtausta pistemäisesti yhdestä kohdasta.

Virtauksessa esiintyvä sykkivyyks tulee myös ottaa huomioon anturin valinnassa. Anturi ei välttämättä ehdi havaita virtaavan nesteiden nopeuden muutoksia riittävän nopeasti. Tämä saadaan otettua huomioon ohjelmoinnissa käyttäen lyhyen ajan keskiarvoa tilavuusvirralle.

Varsinkin kaasuja mitattaessa on tehtävä kompensointia paineen ja lämpötilojen suhteen. Myös nesteitä mitattaessa on lämpötilan vaihtelun vaikutus hyvä ottaa huomioon.

2.2 Anturit ja tekniikat

Virtausta saadaan seurattua antureiden avulla, ja tekniikoita virtaavan fluidin mittaamiseen on olemassa lukuisia. Osa mittareista on yksinkertaisia, useaan sovellukseen käyviä, osa taas yhdistelee tekniikoita, ja ne on usein suunniteltu spesifiin tarkoitukseen.

Virtausmittarit voidaan ryhmitellä usealla eri tavalla. Tätä työtä varten ne ryhmiteltiin mittaustekniikan perusteella taulukon mukaisesti. Tavoite oli helpottaa mittaustekniikan ja anturityypin valintaa työtä varten. Taulukossa on yhdeksän eri mittaustekniikkaan perustuvaa ryhmää, ja näistä ryhmistä on esimerkiksi valittu kyseistä tekniikkaa parhaiten selventävä mittari.

Taulukko 1. Virtausmittareiden ryhmittely

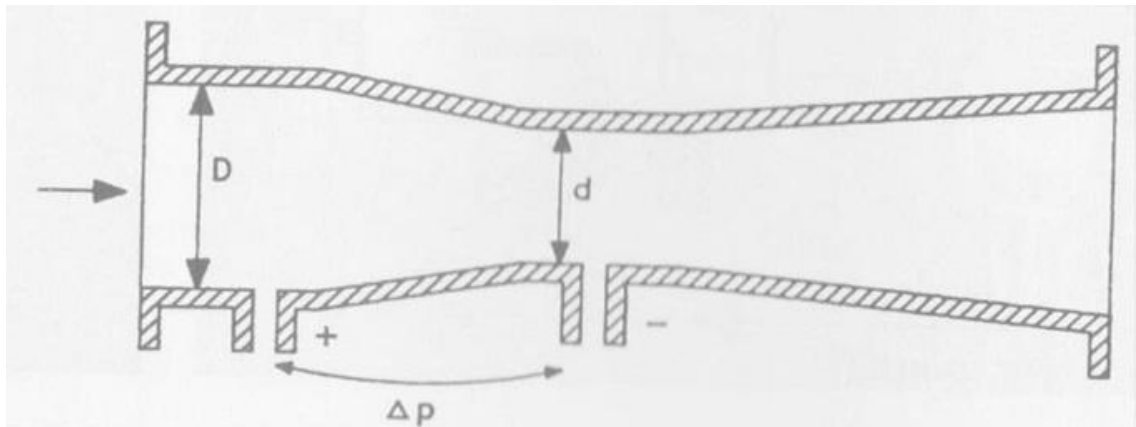
	Ryhmä	Mittarit	Fluidi
1	Paine-eromittaus	Venturiputki	Kaasut ja nesteet
2	Muuttuva-aukkomittaus	Rotametri	Kaasut ja nesteet
3	Tilavuusmittaus	Soikioratas	Nesteet
4	Pyöriväsiipinen mittaus	Roottorit	Alhaisen viskositeetin fluidit
5	Pyörrevanamittaus	Vortex	Kaasut ja nesteet
6	Sähkömagneettinen mittaus	Sähkömagneettinen mittari	Korkean viskositeetin fluidit
7	Ultraäänimittaus	Doppler, eroaikaan perustuva	Kaasut ja nesteet
8	Coriolis-mittaus	Coriolis	Kaasut ja nesteet
9	Terminen mittaus	Kuumalanka	Kaasut ja nesteet

2.2.1 Paine-eromittaus

Virtauksen paine-eromittaus perustuu siihen, että mitataan virtausputkeen sijoitetun kuristimen aiheuttamaa painehäviötä. Kuristimen kohdalla virtausnopeus kasvaa. Lyhyen matkan päässä kuristimesta virtaus tasaantuu ja täyttää koko putken. Paine-ero mitataan välittömästi ennen kuristinta ja sen jälkeen. Yleisesti paine-eron mittaus suoritetaan paine-erolähtetimen avulla. Paine-ero kasvaa virtauksen nopeuden neliöön verrannollisesti, joten mittaus linearisoidaan virtausmäärän saamiseksi.

Paine-eromittauksen heikkoutena pidetään yleisesti mitatun suureen (paine-eron) perustumista neliöjuureen. Virtauksen pienentyessä kymmenesosaan, paine-ero pienenee sadasosaan. Tästä syystä virtausmittauksen tarkkuus huononee virtauksen pienentyessä.

Venturiputkessa putki kapenee tasaisesti keskikohtaa kohden ja lyhyen lieriömäisen keskialueen jälkeen poistupuolen putki levenee vastaamaan alkuperäistä halkaisijaa. Virtausta myötäilevän rakenteen ansiosta siinä syntyvä painehäviö on pieni. (Kuva 1.)



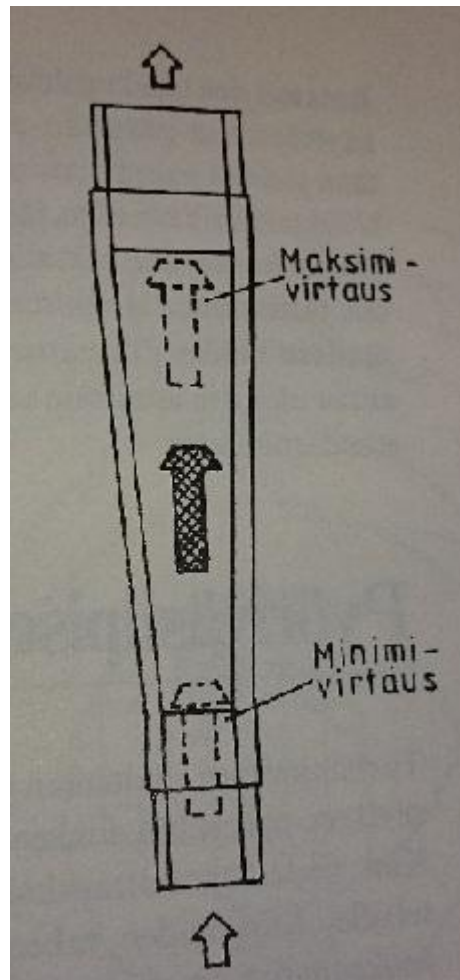
Kuva 1. Venturiputken toimintaa selventävä havainnekuva

Paine-eroa mitataan ennen putken kavennusta suoralta putkiosuudelta ja kavennuksen kohdalta. Kavennuksen kohdalla virtausnopeus kasvaa, jolloin paine pienenee, eli tulopuolen paine on suurempi. Paineenottokohdat merkitään niin, että tulopuolen liityntä on plus-liityntä ja venturin keskikohtan liityntä on miinus-liityntä. Mitatun paine-eron perusteella saadaan selville virtausnopeus, jonka mukaan määräytyy virtausmäärä. (Räsänen 1994)

2.2.2 Muuttuva-aukkomittaus

Muuttuva-aukkoiset mittarit perustuvat virtaavan fluidin aiheuttamaan paineeseen joka muuttuu suhteessa kasvavaan pinta-alaan.

Rotametrin toiminta perustuu siihen, että virtaus tai osa virtauksesta ohjataan kulkemaan kartiomaisen putken läpi. Putkessa on uimuri, joka sulkee kartioputken alapään, kun virtausta ei ole. Rotametrin asennuksessa on hyvin tärkeää oikea, pystysuuntainen asennus, jotta mittari toimii halutulla tavalla. Virtaus nostaa uimuria sellaiselle korkeudelle, että nesteen ja virtauksen aiheuttama voima on ylöspäin ja tasapainossa uimurin painon kanssa. (Kuva 2.) (Pihkala. 2004)



Kuva 2. Rotametrin toimintaa selventävä havainnekuva.

Yleensä rotametrit ovat tehty läpinäkyvästä aineesta, jolloin virtauksen määrää luetaan uimurin asennosta suhteessa putkeen kiinnitettyyn asteikkoon. Putken ollessa läpinäkyvä, uimurin asentoa voidaan myös tunnustella magneettisesti tai pneumaattisesti.

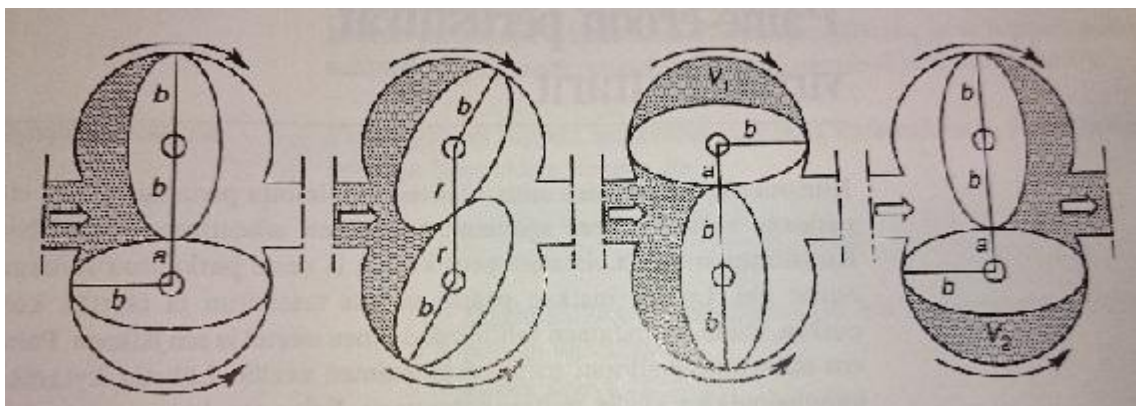
2.2.3 Tilavuusmittaus

Tilavuuslaskureiden toiminta perustuu siihen, että ne päästävät lävitse hyvin tarkasti saman suuruisen määrän mitattavaa ainetta jokaisella kierroksellaan. Mittakammio on usein jaettu useaan osaan, joten yhden kierroksen aikana siirtyy kyseinen määrä osatilavuuksia mittarin läpi.

Tilavuuslaskurit ovat tarkkoja mutta kalliita mittauslaitteita. Niitä käytetäänkin yleensä vaativimmissa tehtävissä kuten tarkkuusmittareina, annostelumittareina ja myyntimittareina.

Heikkouksina tilavuuslaskureissa pidetään niiden kallista hintaa, arkuutta epäpuhtauksille, rajallista kokoa eri sovelluksissa ja tästä aiheutunutta painehäviötä.

Soikioratasmittarissa on tulo- ja menoaukolla varustettu mittauskammio, jossa on useita osatilavuuksia. Mitattava aine saa soikiorattaat kiertymään, jolloin mitattava aine siirtyy tietyn suuruisina tilavuuksina tuloaukosta lähtöaukkoon. Rattaat muodostavat kammioitten väliseinät, joten ohivirtausta ei pääse tapahtumaan. Soikioratasmittari soveltuu lähes kaikkien nesteiden mittaamiseen.



Kuva 3. Soikioratasanturin toimintaa selventävä havainnekuva.

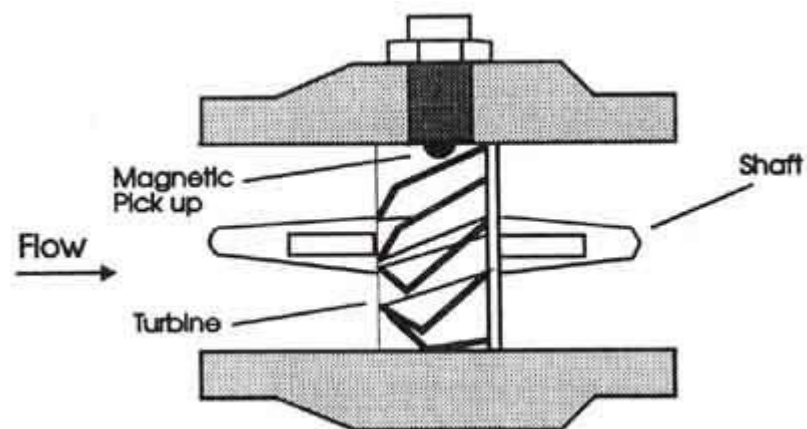
2.2.4 Pyöriväsiipinen mittaus

Pyöriväsiipiset mittarit sijoitetaan putkistoon siten, että virtaava fluidi virtaa niiden läpi ja saa turbiinin tai propellin pyörimään. Jokainen kierros antaa elektronisen pulssin mitta-laitteelle. Pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen virtaamaan putken poikkipinta-alan ollessa tiedossa.

Oikein asennettuna pyöriväsiipiset virtausmittarit antavat tarkkoja mittaustuloksia.

Heikkouksina voidaan pitää anturin huonoa sopivuutta voitelemattomille nesteille ja arkuutta epäpuhtauksista aiheutuville mekaanisille vaurioille. Myös virtauksen profiili vaikuttaa mittatuloksiin.

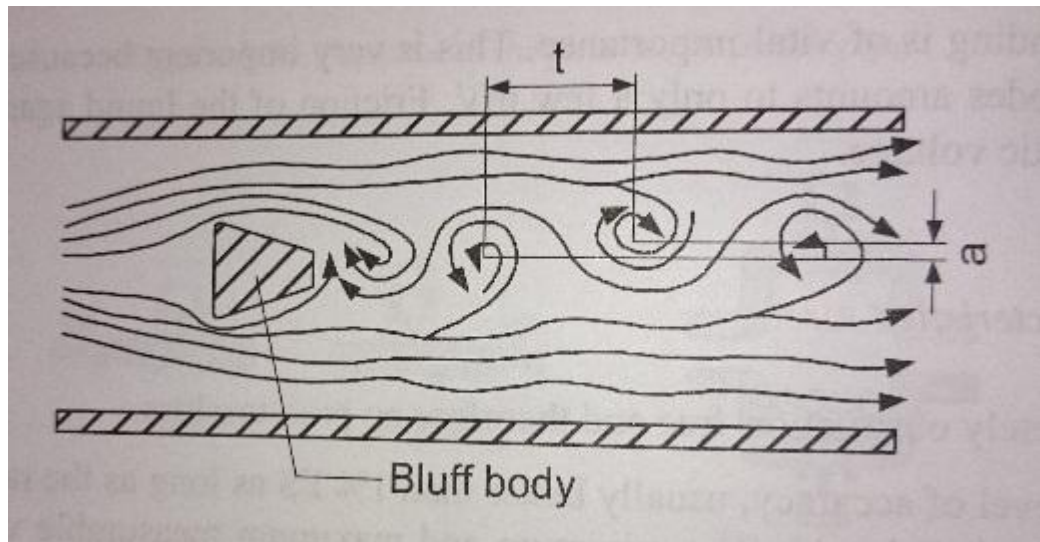
Turbiinimittarissa nesteen virtaus pyörittää turbiinia akselin ympäri. Kun turbiinin laipat kulkevat rungossa sijaitsevan magneettikentän läpi syntyy vaihtovirtaa, jonka taajuus on verrannollinen nesteen virtaukselle. Taajuudesta saadaan tietää läpi virranneen nesteen määrä. (Kuva 4.)



Kuva 4. Turbiinanturin toimintaa selventävä havainnekuva.

2.2.5 Pyörrevanamittaus

Pyörrevanamittaus, Vortex, perustuu Karman ilmiöön. Virtaukseen asetetun esteen jälkeen virtaus muodostaa pyörteen, joka on nopeuteen verrannollisella taajuudella. (Kuva 5.)



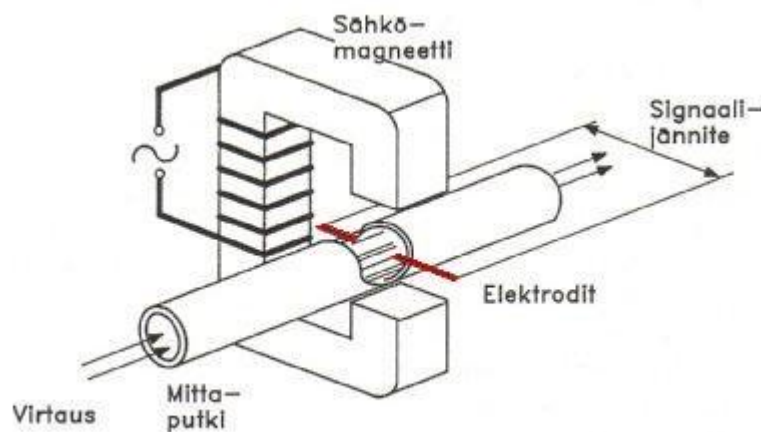
Kuva 5. Pyörrevanamittausta selventävä havainnekuva.

Mittaamalla taajuutta saadaan selville aineen virtausnopeus. Taajuuden mittaus tapahtuu esimerkiksi ultraäänellä. Vortex-menetelmä soveltuu nesteille, höyryille ja kaasuille. Vortex-menetelmä on usein korvannut paine-eromenetelmän matalapaineisien höyrymäärien mittauksessa. Menetelmä ei anna tarkkaa arvoa mitattaessa korkean viskositeetin omaavia nesteitä tai lietteitä.

2.2.6 Sähkömagneettinen mittaus

Induktiivisesta anturista käytetään myös nimitystä magneettiputki. Se perustuu Faradayn induktiolakiin, johtimen liikkuessa magneetikentässä siihen indusoituu jännite. Jännitteen suuruus on verrannollinen sähkökentän voimakkuuteen, johtimen pituuteen ja liikkeen nopeuteen. Liikkuvana johtimena toimii johtava neste ja pituutena putken halkaisija.

Käytännössä anturi koostuu eristeestä tehdystä putkesta ja sen ulkopuolelle sijoitetuista magnetointikäämeistä. Käämien suhteen 90 asteen kulmassa nesteestä mitataan johtimeen indusoitunut jännite elektrodeilla. Tämä jännite johdetaan vahvistimelle, joka muodostaa virtausnopeutta vastaavan signaalin. (Kuva 6.)



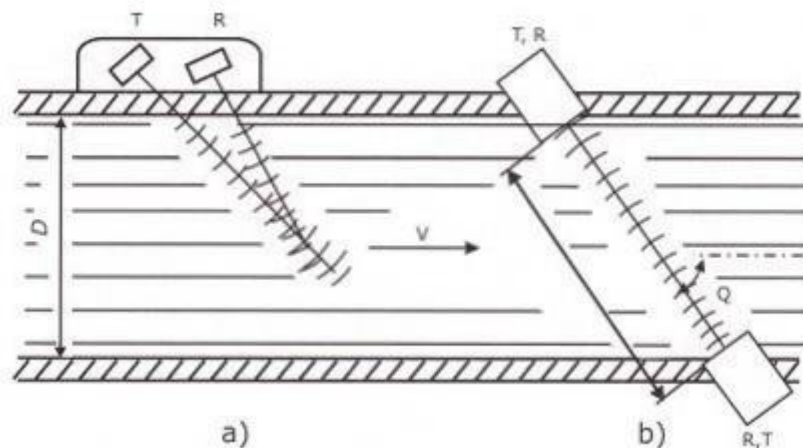
Kuva 6. Induktiivisen anturin toimintaa selventävä havainnekuva

Induktiivista mittausta käytetään kun mitattavat aineet ovat syövyttäviä tai esimerkiksi mitattaessa lietettä. Induktiivinen anturi on kallis tarjoten kuitenkin anturin, joka on pitkäikäinen ja pystyy mittaamaan virtausta molempiin suuntiin. Mitattavan nesteen tulee olla sähköä johtava.

2.2.7 Ultraäänimittaus

Ensimmäisiä ultraääneen perustuvia virtausmittaussovelluksia oli Doppler-ilmiöön perustuva mittaus. Menetelmä vaatii, että aineessa on kiintopartikkeleita tai ilmakuplia, joista lähetetty ääniaalto heijastuu takaisin. Lähetetyn ja vastaanotetun ääneen taajuusero kuvaa virtausnopeutta. Menetelmä ei ole kovin tarkka johtuen ääniaallon heijastumisen mahdollistavan partikkelin sijainnista putkessa, nopeuden ollessa keskellä putkea suurempi kuin lähellä reunoja

Eroaikaan perustuva ultraääni menetelmä on Doppler-ilmiöön perustuvaa tapaa tarkempi. Eroaika-menetelmiä on olemassa kahta eri versiota: vaihe-eroon ja aikaeroon perustuvat. (Kuva 7.)



Kuva 7. Ultraäänimittauksen toimintaperiaatteiden havainnekuva, a) vaihe-ero b) aikaero.

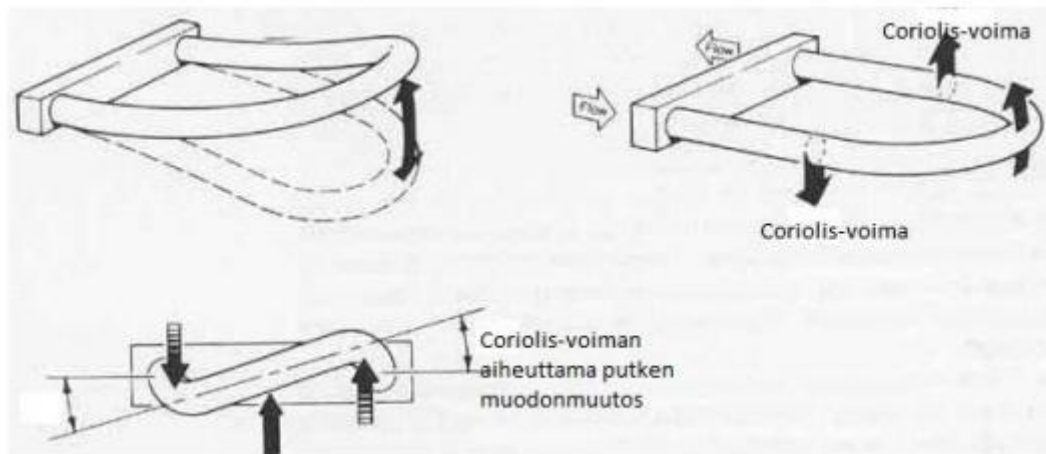
Virtausprofiilista johtuva virhe ei ole niin merkittävä, koska vaihe-erossa lähetetty ääni on sädekimppu eikä yksittäinen säde.

Mittauksessa käytettävä äänitaajuus on valittava mitattavan aineen mukaan. Ilmaa sisältävillä nesteillä korkeat taajuudet vaimenevat helpommin.

Asennuksen suhteen tulee olla tarkka. Antureiden keskilinjojen on oltava kohtisuorassa toisiaan vastaan, virheellisistä sijoituksesta aiheutuu helposti suurta mittausepätarkuutta. Ohuissa putkissa täytyy mittaus toteuttaa virtauksen suuntaisesti.

2.2.8 Coriolis-mittaus

Coriolis-ilmiöön perustuvassa virtausmittarissa mitattava aine ohjataan kiteen avulla värähtelemään saatetun U-muotoisen mittaputken läpi. Virtaava aine muuttaa putkihaarojen värähtelyn amplitudia ja virtausnopeus määritetään putkihaarojen värähtelyamplitudien perusteella. (Kuva 8.)



Kuva 8. Coriolis-mittausta selventävä havainnekuva

Kun putkessa ei ole virtausta, niin putkihaarat värähtelevät yhtäläisesti. Kun mitattava aine kulkee mittausputken läpi, se aiheuttaa Newtonin toisen lain mukaisen voimavaiikutuksen yhtälöstä

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

jossa F on voima, m on massa ja a on kiihtyvyys.

Putken läpi virtaava massa vastustaa tulopuolella putken värähtelyä ja lähtöpuolella vahvistaa värähtelyä, putken liikkeestä tulee päästä päin tarkasteltuna kiemurtelevan näköinen.

Putken liikkeet mitataan induktiivisilla tai optisilla antureilla U-putken tulo- ja lähtöpuolelta. Anturit antavat sähköisen viestin joka, on verrannollinen putken taipumalle. Antureilta saadut viestit ohjataan elektroniikkayksikölle, joka muuttaa ne standardiviestiksi. Näin poistetaan lämpötilasta, paineesta, viskositeetista ja johtokyvystä aiheutuvat virheet. Käyttämällä kahta putkea saadaan kompensoitua prosessista aiheutuva värähtely. Anturin antama viesti on ainoastaan putkessa virtaavan massaan verrannollinen.

Periaate soveltuu nesteille ja myös raskaille kaasuille. Nesteessä voi olla kiintoaineita eivätkä ne häiritse mittauksia. Pyörteily tai virtausprofiilimuutokset eivät vaikuta mittaukseen.

2.2.9 Termisen mittaus

Termiset massavirtausmittarit perustuvat lämpötilan mittaamiseen nesteissä ja kaasuissa. Fluidi johdetaan kuumennusvastuksen läpi, joka lämmittää sitä. Vastusta ennen ja sen jälkeen sijoitetuilla lämpötila-antureilla saadaan tietoon lämpötilaero, joka pienenee fluidin virtausnopeuden kasvaessa.

Erilaiset termiset massavirtausmittarit pystyvät mittaamaan hyvinkin laajaa aluetta aina muutamasta g / h hyvinkin suuriin virtausmääriin saakka. Eri valmistajilla on laitteita, joista voi valita tarvittavaan mittausalueeseen kykenevän laitteen. Mittaus tapahtuu joko mittaamalla koko virtausmäärää tai ohjaamalla osa aineen virtausmäärästä mittauksen kautta.

Termisillä mittareilla on mahdollisuus päästä suuriin tarkkuuksiin mitattaessa fluideja.

3 NMEA- standardit

Tässä työssä käsitellään merielektronikassa käytössä olevaa standardia NMEA-2000 vain pintapuolisesti. NMEA-standardit (National Marine Electronics Association) ovat yleisimmin käytössä olevia merielektronikkaa koskevia standardeja. Ensimmäinen NMEA-standardi oli NMEA-0183, sen korvasi vuonna 2003 NMEA-2000. Standardit laajenevat kehityksen ja merielektronikan tarpeiden mukaan. Merielektronikka käyttää myös muualla käytössä olevia standardeja, kuitenkin vuonna 2003 tullut NMEA-2000 on käytössä pelkästään merielektronikassa. (NMEA 2000)

NMEA-2000 on yleisimmin käytössä oleva standardi, ja sen tiedonsiirto perustuu CAN-väylän SAE J1939 -kommunikointiprotokollaan, jossa jokainen laite on kytketty yhteen kaksisuuntaiseen kanavaan. Keskusyksikköä ei ole, vaan jokainen laite vastaanottaa ja lähettää dataa toisille / toisilta laitteilta. Protokolla mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron laitteistojen välillä. Tiedonsiirron lisäksi standardi määrittää myös kaapelien- ja liittimien mallit. NMEA-2000 mahdollistaa eri valmistajien laitteiden kytkemisen ja tietojen jakamisen yhteensopivien laitteiden välillä yhden kanavan yli. Kaikki NMEA-2000 yhteensopivat tuotteet sertifioidaan National Marine Electronics Associationin toimesta. (NMEA 2000)

NMEA-2000 -laitteen valmistaja tarvitsee viestin, tunnisteiden, jolla lähetetty tieto kohdistetaan halutulle laitteelle. Viestillä mahdollistetaan eri valmistajien laitteiden yhteensopivuus samassa CAN-väylässä. Lähettävä laite määrittää viestin tunnisteessa vastaanottajan ja lähettää viestin kanavalle, vastaanottaja tunnistaa viesteistä sille tarkoitetun viestin tunnisteiden avulla ja käsittelee lähetetyn viestin sisältämän tiedon. Tätä viestikirjastoa hallinnoi National Marine Electronics Association. Tunnisteiden voi ostaa National Marine Electronics Associationilta, kunhan on ensin itse saanut NMEA:n myöntämän lisenssin valmistaa NMEA-2000 -standardin mukaisia merielektronikkatuotteita tai komponentteja. Lisenssin saadakseen tulee ymmärtää ja täyttää määrätyt vaatimukset koskien merielektronikan valmistusta. (NMEA 2000)

Yksityishenkilön ei ole mahdollista saada lisenssiä, ja yritykselle hinta koostuu seuraavista osista: jäsenyys halvimmillaan 825 dollaria vuosi, NMEA:n tarjoama sertifiointiohjelma 2 000 dollaria, täysi oikeus NMEA-2000 -standardille 1 995 dollaria, valmistajanumero yritykselle 1 200 dollaria, tuotenumero 450 dollaria jokaisesta tuotteesta ja tuotteelle sertifikaatti 850 dollaria jokaisesta sertifikaatista. (NMEA 2000)

4 Kehitysalusta

Sulautettua järjestelmää ohjaamaan tarvitaan jokin kehitysalusta. Kehitysalustan voi rakentaa itse mikroprosessorin ympärille tai sitten käyttää valmiita, jo olemassa olevia, kehitysalustoja. Kehitysalustoja on markkinoilla paljon, lähes jokaisella mikrokontrolleri-valmistajalla on oma kehitysalusta. Kehitysalustoissa olevat erot ovat lähinnä niiden käyttötarkoituksesta johtuvia. Valittaessa uutta kehitysalustaa kannattaa huomioida myös niiden yleinen suosio, suosittuihin kehitysalustoihin löytyy usein niiden ympärille rakentuneista yhteisöistä valmiita kytkentöjä ja ongelmiin valmiita ratkaisuja.

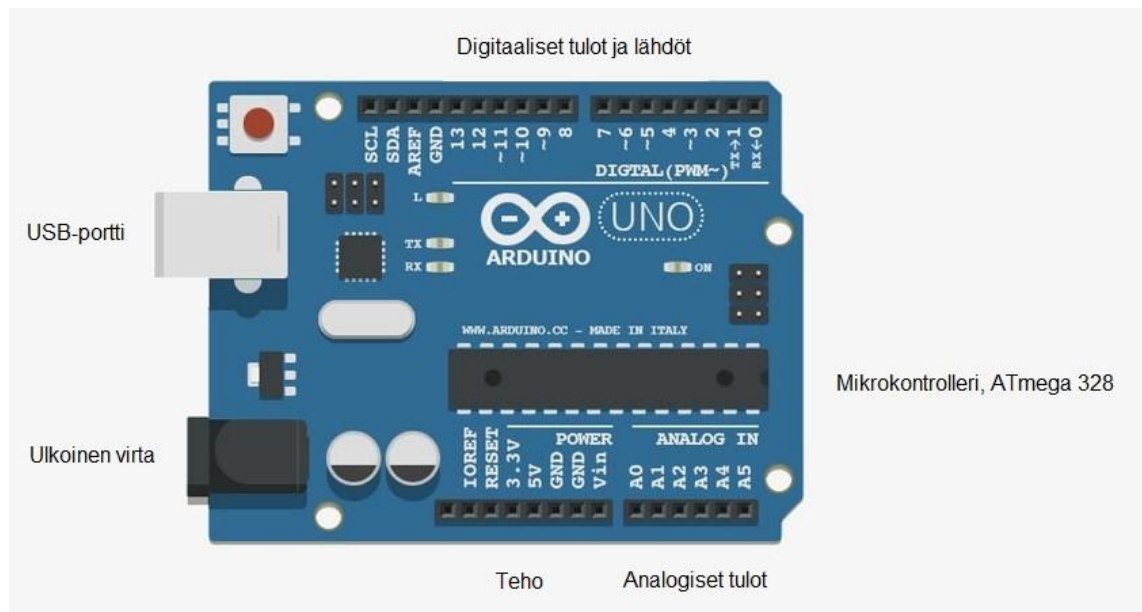
4.1 Arduino

Arduino on fyysisen tietojenkäsittelyn avoin alusta. Arduino koostuu kahdesta osasta, piirilevystä, liitännöistä sisään (input) ja ulos (output), sekä sitä ohjaavasta Arduino IDE kehitysympäristöstä jonka ohjelmointi perustuu Processing-ohjelmointikielen.(Banzi 2011)

Kehitysalustan ohjelmointi tapahtuu kytkemällä alusta tietokoneeseen USB-välityksellä. Arduino IDE -ohjelmalla tehty luonnos siirretään kehitysalustan mikroprosessorille ja latauksen valmistuttua kehitysalusta käynnistää itsensä uudestaan ja alkaa toimimaan luonnoksen mukaisesti. (Banzi 2011)

4.2 Arduino Uno

Arduino UNO on kehitysalustana yksinkertainen ja yleisesti käytetty. Mikrokontrollerina toimii ATMEL Atmega 328, toimintajännite on 5 V ja ulkoista virransyöttöä käytettäessä suositeltu sisääntulojännite välillä 7-12 V. Arduino Unossa on yhteensä 14 digitaalista sisään (input) -ja ulostuloa (output). Lisäksi on kuusi analogista sisääntuloa. Alustasta löytyy 32 kilotavua Flash-muistia, 2 kilotavua SRAM-muistia ja 1 kilotavu EEPROM-muistia. Unon prosessointinopeus on 16 MHz, eli Arduino Uno pystyy toteuttamaan 16 miljoonaa eri toimintoa joka sekunti. (Kuva 9.)



Kuva 9. Arduino UNO, kehitysalustan havainnekuva

4.3 Arduino IDE

Processing programming IDE on kehitysympäristönä helppokäyttöinen, se on tehty palvelemaan niin aloittelevia kuin ammattilaisiakin. Piirilevyjä myydään valmiiksi kootuina tai ne voidaan koota myös itse halutuista komponenteista. Avoimeen lähdekoodiin perustuva integroitu kehitysympäristö on ilmainen ja yhteensopiva Windows-, Linux- ja Mac-ympäristöjen kanssa. (Banzi 2011)

Arduino IDE:ssä on toiminto nimeltä Serial Monitor, jolla voidaan seurata kehitysalustan lähettämää tietoa. Se aukeaa omana ikkunanaan tietokoneen näytölle, ja ohjelman koodissa voidaan määrittää siinä näytettävät tiedot.

5 Mittauslaitteiston suunnittelu

Mittalaitteen suunnittelu aloitettiin määrittämällä tarvittavat komponentit ja antamalla niille rajoituksia alkuhetken tietojen pohjalta. Anturin asennuksen tuli onnistua ahtaisiin tiloihin sekä olla irrotettavissa nopeasti ja vaivattomasti ongelmatilanteissa. Anturin heilumisen ja tärinän ei tulisi vaikuttaa mittaustuloksiin. Anturin rungon tuli olla materiaalia, joka kestää polttoaineen sekä pieniä määriä makeaa ja suolaista vettä. Ominaisuuksien osalta mittausmenetelmän valinta kohdistui pyöriväsiipiseen menetelmään ja anturin malliksi karsiutui turbiinanturi. Hinta ja saatavuus osoittautuivat ongelmallisemmaksi kuin alussa kuviteltiin. Epäilyttävät toimittajat ja tuntemattomat valmistajat päätettiin unohtaa valittaessa sopivaa anturia virtausmittalaitteeseen. Valittu Bio-Techin turbiini-mallinen anturi löydettiin saksalaiselta valmistajalta ja tilaus pystyttiin tekemään saksalaisen jälleenmyyjän verkkokaupasta. Usealta kotimaiselta valmistajalta ja jälleenmyyjältä ei löytynyt edullisia antureita valikoimasta, vaan anturit oli suunniteltu prosessiteollisuuteen ja täten hinnat olivat liian korkeat mittalaitetta varten. Monella jälleenmyyjällä oli myös tapana tehdä kauppaa vain yrityksiensä kanssa.

Mielenkiintoa anturia valittaessa herättivät myös uudet innovaatiot, joilla virtauksen mittaaminen olisi mahdollista. Lukuisien yhteydenottoyritysten tuloksena oli nolla vastausta, joten innovaatiot päätettiin jättää myöhempään tarkasteluun.

Pohdittaessa eri ratkaisuja toteuttaa haluttu mittalaitte, päädyttiin pian siihen tulokseen, että standardin NMEA-2000 mukaista laitetta ei ole taloudellisesti mahdollista lähteä toteuttamaan. Alkuperäinen idea toteuttaa itsenäisesti toimiva kulutusmittari, joka olisi mahdollista asentaa riippumatta muusta elektroniikasta veneessä, ei myöskään tukenut ajatusta rakentaa NMEA-2000 -yhteensopivaa mittaria.

5.1 Testialusta

Mittauslaitteella haluttiin mitata polttoaineen virtausta testiveneen polttoainejärjestelmässä moottorin käydessä eri kierrosnopeuksilla. Polttoaineen virtausnopeus haluttiin esittää muodossa l / h ja tuoda tieto visuaalisesti helposti seurattavaksi ajon aikana. Tätä varten mittauslaitteelle valittiin testialustaksi testivene.

5.1.1 Testivene

Mittauslaitteen toimivuuden tarkastelua varten testiveneeksi valittiin moottorivene, johon mittalaite asennetaan. Veneen moottorina toimii yksi kappale Mercruiser 3.0 LX mallisia, bensiinikäyttöisiä moottoreita. Mercruiser 3.0 LX moottorissa polttoaine johdetaan tankista letkua pitkin moottorin sivussa olevalle pumpulle, joka paineistaa polttoaineen putkeen, ja sitä kautta polttoaine kulkee kaasuttimelle. Pumppu paineistaa polttoaineen 4 - 6,5 PSI:n (0,28 – 0,45 bar) paineeseen. Mittalaitteessa käytetty anturi tullaan asentamaan tankin ja pumpun välillä kulkevaan letkuun sopivan suojaiseen paikkaan, kuitenkin niin, että tarvittaessa pääsy anturille säilyy helppona jos ongelmia ilmenee.

Käyttökokemusten perusteella testiveneen keskikulutukseksi on laskettu marssivauhdilla noin 22 l / h. Tarkkaa hetkellistä kulutusta ei ole tiedossa, mutta kuitenkin tiedetään sen vaihtelevan välillä 1 - 80 l / h.

5.1.2 Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmä kaasuttimella varustetuissa bensiinimoottoreissa koostuu pääpiirteittäin seuraavista osista:

- Säilöstä, johon bensiini varastoidaan.
- Polttoainelinjasta.
- Polttoainesuodattimesta.
- Polttoainepumpusta.
- Kaasuttimesta.

Mittauslaitteen prototyypin suunnittelussa ei otettu huomioon muita käytössä olevia polttoainejärjestelmiä. Diesel-käyttöisten ja polttoaineen ruiskutuksella varustettujen moottoreiden polttoainejärjestelmä eroaa testiveneen polttoainejärjestelmästä tarvitsemalla paluuletkun polttoainesäiliöön. Polttoaine paineistetaan polttoainejärjestelmään ja suuttimet päästävät moottorin tarvitseman määrän polttoainetta ja ylimääräinen polttoaine johdetaan takaisin säiliöön. Jotta mittalaitte näyttäisi todellista kulutusta, tarvittaisiin toinen anturi mittaamaan paluuletkussa kulkevaa virtausta. Meno- ja paluuletkun erotuksesta saataisiin todellinen polttoaineen virtaus, joka voitaisiin muuttaa esitettävään muotoon. Kahdella moottorilla varustettujen veneiden kanssa tarvittaisiin molemmille polttoainejärjestelmille oma anturi, ja niiden summasta saataisiin yhteisvirtaus. Kahdella ruiskutusjärjestelmällä tai kahdella dieselkäyttöisellä moottorilla varustettuihin veneisiin antureiden määrä olisi jo yhteensä neljä kappaletta johtuen turvallisuudella perustelluista kahdesta erillisestä polttoainejärjestelmästä. Toisen järjestelmän pettäessä olisi matkaa mahdollista jatkaa kuitenkin yhden moottorin varassa lähimpään turvalliseen satamaan. Mittalaitteen suunnittelun rajausta koskemaan vain yhdellä bensiinikäyttöisellä kaasutinmoottorilla varustettuja veneitä voidaan perustella myös siten, että polttoaineen ruiskutus toteutetaan ohjaamalla suuttimien aukioloaikaa, sen taas määrittää ohjausyksikkö, joka ohjaa suuttimia antureilta saamansa tiedon pohjalta. Ohjausyksikkö siis tietää käytettävän polttoaineen tarkan määrän jokaista suuttimen aukioloaikaa kohden. Suutin on auki jokaisella kierroksella, jonka moottori tekee työtä. Tätä kautta on helppo johtaa tieto veneen muille elektronisille laitteille ja esittää se jo olemassa olevalla näytöllä.

5.2 Anturi ja sen kalibrointi

5.2.1 Anturi

Anturina käytetään Bio-Techin valmistamaa turbiinianturia malliltaan FCH-m-POM-LC. Anturi mittaa virtausta välillä 3-180 l / h. Anturin antama signaali on kanttiaalto ja valmistajan antamien tietojen mukaan 1 l vettä kulkiessa anturin läpi lämpötilassa 20 °C astetta anturi antaa noin 2 500 impulssia. Bio-Techin anturin tarkkuus on +/- 2 %, kun mitattavan fluidin viskositeetti on välillä 0,5 – 10 mPas (milliPascal-sekuntia). Anturin mittaustarkkuus säilyy kun, anturia käytetään järjestelmässä, jossa paine on välillä -0,7 - 4 bar. Anturin rikkoutuminen tapahtuu viimeistään paineen saavuttaessa 10 bar. Välillä 4 - 10 bar mittaustarkkuus ei ole luotettava.

Anturilla ei ole sen asennusta tai asennon muutosta kesken mittauksen koskevia rajoituksia, se ei myöskään ole herkkä tärinälle.

Bio-Tech FCH-m-POM-LC -turbiinianturin runko on valmistettu polyasetaali-muovista (POM), se kestää hyvin polttoaineita ja liuottimia. Rungon sisällä olevat roottori, akseli ja laakerointi on valmistettu polyvinyylideenifluoridista (PVDF). PVDF on yleisesti käytetty muovi käyttökohteissa, joissa tarvitaan suurta kulutuskestävyyttä.

Anturia voidaan käyttää 5 – 24 V tasajännitteellä ja ulostulovirta on 25 mA. Anturilta tulevan pulssin taajuus virtauksen ollessa 180 l / h on 131 Hz.

5.2.2 Kalibrointi

Kalibrointi oli tarpeen määrittäessä anturin antamaa tietoa suhteessa läpivirranneeseen bensiiniin. Valmistajan antama arvo pulsseille, kun 1 l vettä kulkee sen läpi lämpötilan ollessa 20 °C astetta on noin 2500 pulssia. Bensiinin ja veden viskositeettien ollessa eri, oli selvää että läpivirtauksessa olisi suurempaa vastusta mitattaessa bensiiniä. Kalibrointia varten tarvittiin ohjelma Arduinolle, joka mittasi pulssien määrää. Bensiini ohjattiin astiasta silikoniletkua pitkin läpinäkyvään astiaan jossa oli mittaasteikko. Bensiinin kulkiessa anturin läpi astiasta toiseen lisättiin lähtöastiaan bensaasuhteessa poistuvaan bensaan, jotta letkuun kohdistuva paine ei vaikuttaisi virtaukseen. Mittaustuloksista tehtiin taulukko (Taulukko 2.)

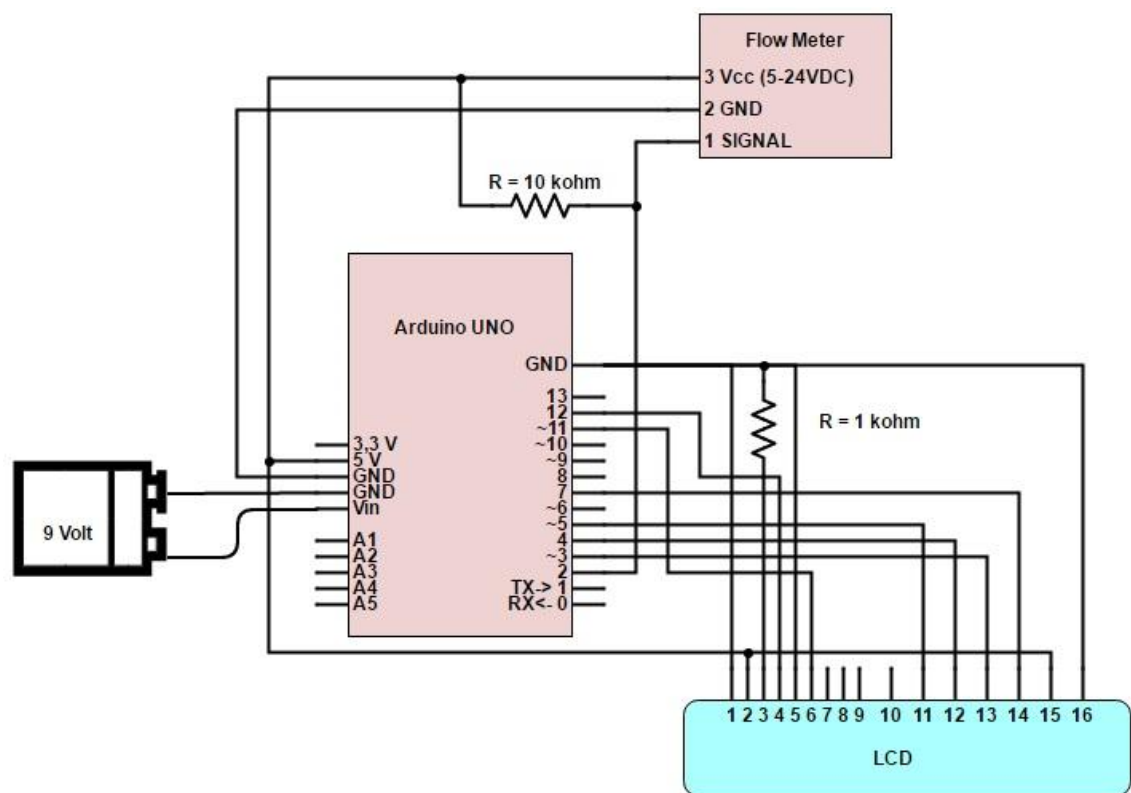
Taulukko 2. Bensiinin pulssimäärän määrittäminen litraa kohden

Mittaus	Läpivirrannut määrä	Pulssien määrä	ml / pulssi
1	1 litra	2600	0.3846
2	1litra	2650	0.3774
3	1litra	2640	0.3788
		Keskiarvo	Keskiarvo
		2630	0.3803

Litran bensiiniä kulkiessa anturin läpi saatiin kolmen mittauksen keskiarvoksi 2 630 pulssia 1 l bensiiniä kohden. Litran ollessa 1 000 ml saatiin laskettua kuinka monta ml bensiiniä yhden pulssin aikana kulkee bensiiniä läpi anturista jakamalla 1 000 millilitraa pulssien määrällä. Keskiarvoksi saatiin 0,3803 ml / pulssi.

5.3 Elektroniikka

Kehitysalustana käytettävä Arduino UNO kytkettiin anturiin matalajännitekumikaapelilla kytkentäkaavion mukaisesti. Näyttönä käytettiin 16 x 2 LCD-näyttöä. Näytössä on kaksi riviä, joille molemmille mahtuu 16 merkkiä. Yhteensä 32 merkkiä on riittävä määrä tiedon esittämistä varten. Elektroniikan kytkentä tehtiin virtausmittalaitteen kytkentäkaavion (kuva 10.) mukaisesti.



Kuva 10. Virtausmittalaitteen kytkentäkaavio

6 Ohjelmointi

Ohjelmointi aloitettiin tekemällä ohjelmalle sen rakenne esimerkkikoodin 1. mukaisesti. Funktiolla *setup* ja *loop* tarkoitetaan ohjelman kahta eri vaihetta, joista yhdessä muodostuu yksi toimiva kokonaisuus.

Funktioon *setup* sisällytetään kaikki ohjelman valmistelevat käskyt, jotka ohjelma tarvitsee tietääkseen, jotta seuraava funktio *loop* voidaan toteuttaa. Funktiossa *loop* määritetään tehtävät mitä ohjelman halutaan tekevän.

```
void setup()
{
  pinMode(Biotech, INPUT);

  Serial.begin(9600);

  attachInterrupt(0, rpm, RISING);

  signaali = 0;

  lcd.begin(16, 2);

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("Fuel Consumption");
}

void loop()
{
  signaali = 0;

  sei();

  delay (1000);

  cli();

  Calc = (signaali*1.368);

  Serial.print (Calc, DEC);

  Serial.print ( "l/hour\r\n" );

  lcd.setCursor(0, 2);

  lcd.print(Calc,DEC);

  lcd.print(" L / Tunti");
}
```

Esimerkkikoodi 1. Ote laaditusta ohjelman rungosta.

Funktio *loop*, suorittaa nimensä mukaisesti jatkuvasti siinä määrättyä tehtävää silmukkamaisesti ilman keskeytyksiä.

Ohjelmassa käytettävät globaalit muuttujat sekä libraryt, laajennukset esiteltiin ennen funktiota setup esimerkikoodi 2. mukaisesti.

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,7);

volatile int signaali;

int Calc;

int Biotech = 2

void rpm ()

{

  signaali++;

}
```

Esimerkkikoodi 2. Laajennuksien-ja muuttujien esittely.

6.1 Setup

Funktiossa setup määritettiin ohjelmassa käytettävät muuttujat, niiden arvo ja määritettiin halutut toimenpiteet käynnistettäessä ohjelma. Setup on ensimmäinen funktio jonka ohjelma käy läpi, ohjelma suorittaa sen kerran ja siirtyy seuraavaan funktioon. (Esimerkkikoodi 3.)

```
void setup()
{
    pinMode(Biotech, INPUT);
    Serial.begin(9600);
    attachInterrupt(0, rpm, RISING);
    signaali = 0;
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Fuel Consumption");
}
```

Esimerkkikoodi 3. Ote setup-funktiosta.

6.2 Loop

Kun setup-funktiossa määritettiin muuttujat ja annettiin niille arvot, funktiossa loop annettiin niille tehtävät. Kun funktio loop vastaanottaa anturilta saatua tietoa, suorittaa loop siinä määritellyt tehtävät ja lähettää tiedot LCD-näytölle. (Esimerkkikoodi 4.)

```
void loop()
{
  signaali = 0;

  sei();

  delay (1000);

  cli();

  Calc = (signaali*1.368);
  Serial.print (Calc, DEC);
  Serial.print ( "l/hour\r\n" );

  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print(Calc,DEC);
  lcd.print(" L / Tunti");
}
```

Esimerkkikoodi 4. Ote funktiosta loop.

Funktion loop tehtäväksi määritettiin laskutoimitus. Anturin lähettämää tietoa pulssien määrästä 1 000 ms aikana saatiin laskettua kulutus muodossa l / h. Laskutoimituksen tulos määrättiin esitettäväksi LCD näytöllä sekä Arduinon Serial Monitorilla.

6.3 Laskutoimitus

Ohjelman suorittama laskutoimitus, Calc haluttiin mahdollisimman yksinkertaiseksi. Laskutoimituksen tehtävänä muuttaa anturilta 1 000 ms aikana vastaanotettujen pulssien määrä muotoon l / h. Yksinkertaisimmillaan laskutoimitus olisi, kun tarvitsisi suorittaa vain yksi kertolasku pulssien määrän ja vakioiden välillä. Yhtälöstä

$$X = \frac{\text{pulssi} * V * t}{1000} \quad (2)$$

jossa X on l / h, pulssi on anturin lähettämä pulssien määrä 1 000 ms ajalta. V on tilavuus ml joka virtaa anturin läpi yhden pulssin aikana, t on yksi tunti sekunteina, 3 600 s ja jako tuhannella muutti tilavuuden litroiksi. Saatiin yhtälö (2) jota käytettiin ohjelmassa laskutoimituksena, yhtälössä

$$X = \text{pulssi} * 1,36908 \quad (3)$$

jossa X on l / h, pulssi on anturin lähettämä pulssien määrä yhden sekunnin ajalta ja kerroin 1,36908 on vakio.

7 Testaus

Virtausmittarin toimivuus testattiin kytkemällä se mittaamaan käyttövesiverkosta johdetun veden virtausta. Virtausmittari kalibroitiin käytettäväksi veden kanssa ennen testausta. Käyttövesiverkosta johdettiin vettä letkua pitkin vaihtelevilla virtausnopeuksilla. Virtaukset pysyivät välillä 10–150 l / h. Läpi virranneen veden määrät mitattiin ja muutettiin muotoon l / h. Tulosta verrattiin mittarin mittaushetkellä näyttämään arvoon. Todettiin virtausmittalaitte toimivaksi ja prototyypin olevan siinä muodossa, että sen asennus testiveneeseen on ajankohtainen.

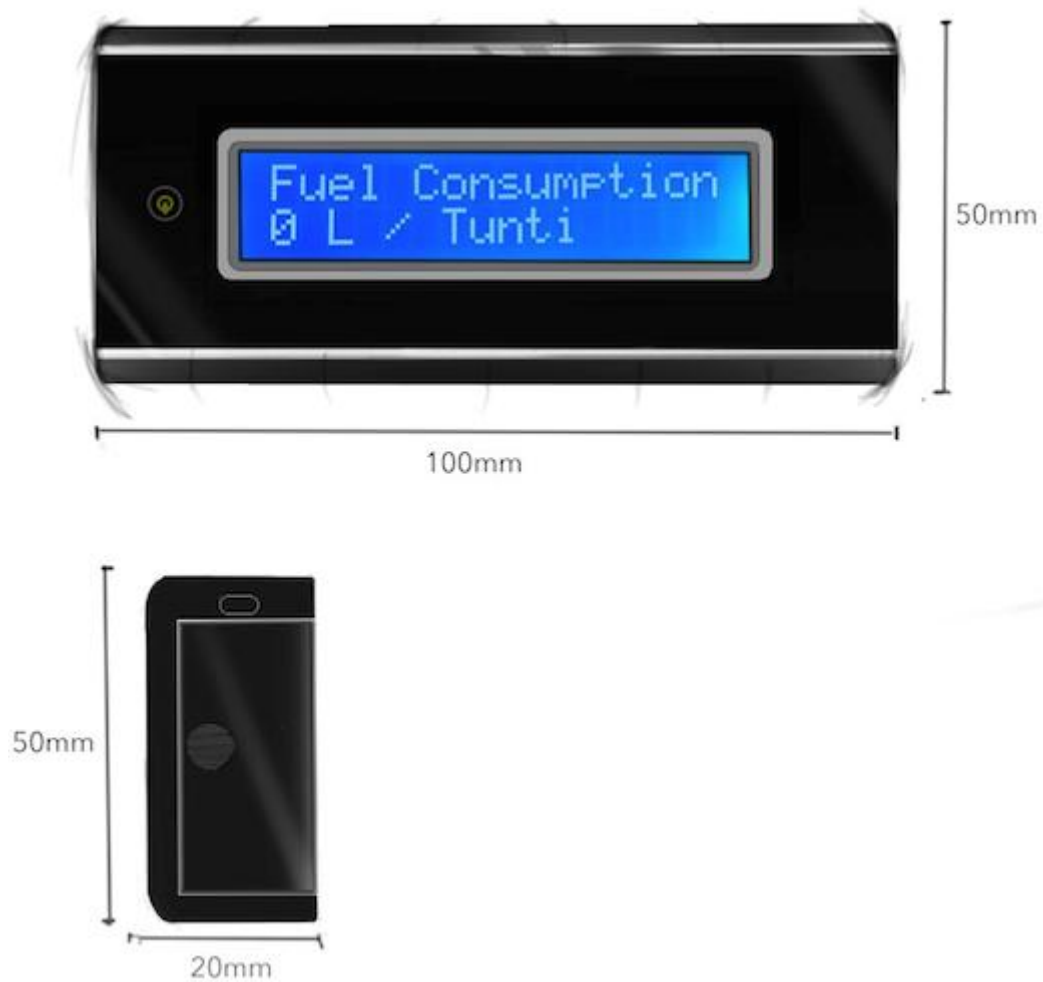
8 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Virtausmittari-prototyyppi otetaan testikäyttöön ja asennetaan kesän 2016 ajaksi testiveneeseen. Testikäytöstä toivotaan saavan selville mahdolliset ongelmat ja selvitettyä lopullinen ulkoasu virtausmittalaitteelle. Testikäytön jälkeen tehdään myös tarkistusmittaukset kulumisesta aiheutuneen mittauserätarkkuuden selvittämiseksi. Testikauden jälkeisiä mittauserätarkkuuksia vertaamalla nyt tiedossa oleviin epätarkkuuksiin saadaan selville valitun anturin kestävyys ja materiaalin sopivuus käyttökohteeseen.

Työn edetessä kevään aikana ulkopuolisten kiinnostus virtausmittalaitetta kohtaan kasvoi. Jo ennestään tuttu yritys ilmaisi kiinnostuksensa toimivaa mittalaitetta kohtaan työkäytössä olevaan sisäperämoottori veneeseen. Kulutuksen seuraaminen toisi uuden säästömahdollisuuden työskenneltäessä vesillä. Venettä kuormitetaan työtehtävien puitteissa aivan sen maksimi kantavuuteen asti, ja etäisyydet, joita joudutaan kulkemaan, voivat olla välillä pitkiäkin. Hetkellisen kulutuksen tietäminen auttaisi ainakin kulurakenteen määrittämisessä tarjottaessa uusia urakointisopimuksia.

Mahdollisuutta yhdistää virtausmittalaitte älypuhelimeen on syytä ottaa huomioon päätettäessä lopullista markkinoille vapautettavaa tuotetta, myös mahdollisesti tekemällä kaksi erillistä tuotetta, toinen integroidulla näytöllä ja toinen älypuhelimeen yhdistettävänä mallina tulee huomioida.

Työn aikana virtausmittalaitteen ulkonäköä ei otettu mielenkiinnon kohteeksi. Työn loppupuolella kuitenkin toteutettiin muutamia ehdotuksia mahdollisen ulkonäön suhteen.



Kuva 11. Näkemys virtausmittalaitteen ulkonäöstä.

Kuvassa 11, virtakytkin on sijoitettu näytön viereen, päätyyn on sijoitettu luukku josta pariston vaihto on helposti toteutettavissa. Anturilta tuleva heikkovirtakumikaapeli on tarkoitus tuoda näytölle luukun päällä olevasta läpiviennistä. Rungon valmistamisen tuomat rajoitteet ja menetelmät muuttavat mahdollisesti suunnitelmaa ulkonäöstä vielä tulevaisuudessa. Kuvassa esitetyillä ulkoisilla mitoilla tämä mittalaite on mahdollista toteuttaa käyttäen Arduinon valmistamia komponentteja.

9 Yhteenveto

Työssä haluttiin tutkia virtauksen mittaamisessa käytössä olevia menetelmiä ja rakentaa muusta elektroniikasta riippumaton virtausmittari kalastus- ja huvivenekäyttöön. Työssä onnistuttiin ja lopputuloksena on prototyyppi virtausmittarista, jota voidaan käyttää yhdellä bensiinimoottorilla varustetuissa veneissä, riippumatta onko veneessä kiinteää virtajärjestelmää. Virtausmittarin anturin asennus on mahdollista toteuttaa käytännössä mihin paikkaan vain, ilman mainittavia rajoituksia. Sen hetkistä, 1 s:n välein päivityvää tietoa kulutuksesta, muodossa l/h , voi seurata näytöltä jonka asennus ei myöskään aseta rajoituksia. Ainoan rajoituksen asennuksille asettaa anturin ja kehitysalustan välillä kulkevan johdon vaatima yhteys, mikä tarvitaan virtausmittalaitteen toiminnan mahdollistamiseksi.

Arduino kehitysalustana mahdollistaisi useamman tiedon yhdistämisen yhteen näyttöön ja tarvittaessa sen ympärille voisi rakentaa kokonaisen tuoteperheen, josta jokainen voisi hankkia tarvitsemansa tuotteet ja sensorit eri ominaisuuksien lisäämiseksi. Tankissa jäljellä olevan polttoaineen mittaamista varten tarvittaisiin vain anturi tankkiin. Öljynpaineen ja moottorin lämpötilan seuraaminen onnistuisi Arduinon ja oikeanlaisen anturin avulla. Tässä työssä oli tarkoitus toteuttaa kulutuksen seuraamista varten virtausmittari, ja se saatiin toteutettua.



Lähteet

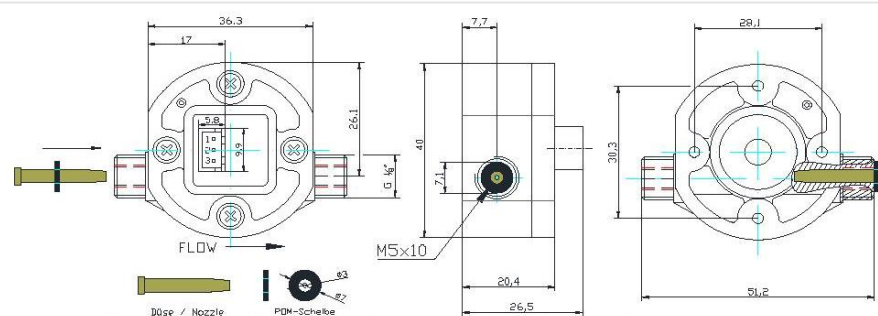
- 1 Massimo, Banzi. 2011. Getting Started with Arduino. 2. painos. Kalifornia: O`Reilly Media, Inc.
- 2 NMEA 2000. verkkodokumentti, www.nmea.org. Luettu 25.4.2016
- 3 Pihkala, Juhani. 2004 Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- 4 Räsänen, Jouko. 1994. Automaatiotekniikan mittauksia. Helsinki: Opetushallitus

Bio-Tech Flowmeter Serie: FCH-m-POM-LC Data Sheet



Mini Flowmeter, Mini Durchflussmesser

Technische Daten	Technical specification	Anwendung: Wasser, Benzin, Diesel, Heizöl u. a. nicht aggressive, Flüssigkeiten. Application: Water, Fuel, Diesel, Oil and other non aggressive liquids.	Serie: FCH-m-POM-LC Art.-Nr: 150391
Messprinzip	Measurement principle	Turbine	
Abtastsystem	Sensing principle	Hall-Sensor/ Hall effect, non-contacting	
Ausgangssignal	Output: square wave	NPN open collector sinking	
Durchflussrichtung	Flow direction	in Pfeilrichtung / at arrow-direction	
Durchflussbereich L/min.	Flow range LPM	0,05 – 3,0 L/ min (H ₂ O bei / at 20°C)	
Düse	Nozzle	D= 3,0 mm integriert/ integrated	
Impulszahl/ Liter	Pulses output/ Litre	ca. 2.500 Impulse/Liter / H ₂ O 20°C	
Viskosität der Medien ν	Viscosity ν	0,5 - 10 mPas	
Messgenauigkeit ($\nu = 1$ mPas)	Accuracy ($\nu = 1$ mPas)	+/- 2% (bei gleichen Betriebsbedingungen)	
Wiederholgenauigkeit	Repeatability of frequency response	+/- 0,5 % (bei gleichen Betriebsbedingungen) +/- 0,5 % (at the same operating conditions)	
Betriebsdruck Berstdruck	Operating pressure Burst pressure	-0,7- 4 bar >10 bar (bei / at 20°C)	<p>Q mit Düse/ with nozzle size: D= 1,0 mm, Q= 0,015- 1,0 L/min. Impulse/L, Pulses/ Litre: ca. 10000</p> <p>D= 3,0 mm, Q= 0,05- 3,0 L/min. Impulse/L, Pulses/ Litre: ca. 2.500</p> <p>Gegenstecker mit Kontakten und Düse D= 1 mm im Lieferumfang enthalten. Connector with crimp contacts and nozzle D= 1 mm included.</p> <p>Steckerbelegung / Electrical connection</p>  <p>R* = nicht integriert/ not integrated (für / for PNP use pull-up R* >= 1k6)</p>
Betriebstemperatur	Running temperature	-10°C... + 80°C	
Einbaulage	Installation position	beliebig/ any	
Anschluss	Port Connection	2x G 1/8" AG + M5 IG/ male /female thread	
Material / Rotor / O-Ring	Materials/ Rotor/ Gasket	POM-natur / PVDF/ FKM	
Achse / Lagerung	Axle/ Bearing	Achse / Axle= PVDF	
Spannungsversorgung	Voltage supply	5- 24 VDC max.	
Strombelastung I max.	Output current max.	25 mA max.	
Gebergewicht	Weight	25 Gramm (incl. connector)	
Abmessung in mm	Dimensions in mm	s. Zeichnung / see drawing	



150391-FCH-m-POM-LC.doc

Technische Änderungen vorbehalten. Stand 8.2015

We reserve the right to make technical changes without notice.

B.I.O-TECH e.K. | Zeitlamer Str. 32 | D- 94474 Vilshofen | Germany
 Tel: +49 (0) 8541-91 00 47 | Fax: +49 (0) 8541-96 89 98 0
 E-Mail: info@biflowmeter.com | Internet: www.biflowmeter.com

Virtausmittalaitteen kytkentäkaavio

