LAB University of Applied Sciences

Mehiläispesävaaka

Datan avulla kvantitatiivista ennustettavuutta mehiläistalouteen

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintätekniikka
2023
Anne Vainio

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Anne Vainio	Opinnäytetyö, AMK	2023
	Sivumäärä 49	

Työn nimi

Mehiläispesävaaka

Datan avulla kvantitatiivista ennustettavuutta mehiläistalouteen

Tutkinto ja koulutusala

Insinööri (AMK), tieto- ja viestintätekniikka

Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)

Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkitaan, millaisia kaupallisia toteutuksia mehiläispesävaaoista on. Työn tavoitteena on myös selvittää, minkälainen toteutus parhaiten palvelisi suomalaisten mehiläistarhaajien tarpeita.

Työhön kerättiin tietoa muun muassa vaakojen valmistajilta ja mehiläistarhaajilta sekä alojen kirjallisuudesta. Työssä perehdytään olemassa olevien vaakojen eri toiminnallisuuksien ominaisuuksiin ja teknisiin ratkaisuihin sekä valitaan näiden saatujen tietojen pohjalta tarpeita parhaiten palvelevat vaihtoehdot uuden tuotteen prototyypin toteutukseen.

Työn tuloksena on tukevan ja 100 g tarkkuudella punnitsevan mehiläispesävaa'an prototyyppi, mistä tuotteen jatkokehitys mahdollinen.

Asiasanat

vaaka, IoT, mehiläistarhaus

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Anne Vainio	Thesis, UAS	2023
	Number of Pages 49	

Title of Publication

Mehiläispesävaaka

Datan avulla kvantitatiivista ennustettavuutta mehiläistalouteen

Degree, Field of Study

Bachelor of Engineering, Information and Communications Technology

Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)

Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry

Abstract

In the thesis, various commercial implementations of beehive scales are investigated. The aim of the study is to determine the type of implementation that would best serve the needs of Finnish beekeepers.

Information was gathered for the thesis from manufacturers of scales, beekeepers, and relevant literature in the field. The thesis explores the features and technical solutions of existing scales, and based on the information collected, selects the alternatives that best meet the identified needs for the implementation of a prototype for a new product.

As a result of the study, a prototype of a robust beehive scale with a precision of 100g is developed, and further development of the product is deemed possible.

Keywords

scale, IoT, beekeeping

Sisällys

1 Johdanto ... 1
2 Vaakojen rakenne ja tekniikka ... 2
2.1 Yleistä olemassa olevista kokonaisuuksista ... 2
2.2 Rungot ... 4
2.3 Anturit ... 7
2.4 Virtalähteet ... 11
2.5 Käytetyt viestintätekniikat ... 12
3 Mehiläistarhaajien liiton tarpeisiin parhaiten soveltuvat vaihtoehdot ... 19
4 Oman vaa'an toteutus ... 22
4.1 Vaatimusmäärittely ... 22
4.2 Vaaka ... 25
4.2.1 Runko ... 25
4.2.2 Elektroniikka ... 27
4.2.3 Virtalähde ... 29
4.2.4 Muut anturit ... 30
4.3 Ohjelmisto ja käyttöliittymä ... 30
4.4 Testaus ... 34
4.5 Valmis vaaka ... 35
5 Yhteenveto ja pohdinta ... 37
Lähteet ... 38

Liite 1. Mehiläispesävaakojen runkorakenteita

Liite 2. Vaa'an tarvikelistaus

Liite 3. Vaaka-anturin tekniset tiedot

1 Johdanto

Työn tavoitteena on tutkia, millaisia valmiita vaakasovelluksia on olemassa, miten ne on toteutettu ja kuinka toimiviksi ne on koettu havaintotarhaajien kokemusten mukaan. Tietoa työn toteuttamiseen on kerätty niin Suomen Mehiläishoitajain Liiton kautta, mehiläistarhureilta kuin vaakojen valmistajilta. Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry on mehiläistarhureiden ja siihen liittyvää toimintaa harjoittavien paikallisyhdistysten kattojärjestö.

Vertailuun on valittu eri hintaluokkien kokonaisuuksia, joista osa on täysin valmiita kaupallisia tuotteita ja toiset vaativat tuotteen rakentamista itse annettujen ohjeiden pohjalta. Näin on saatu kerättyä mahdollisimman laajasti erilaisia toteutuksia vertailtavaksi. Jotkin vertailuun valituista vaaoista ovat olleet liiton kautta käytössä vaakapesätarhaajilla ja näistä on saatu kerättyä lisäksi jonkin verran käyttäjäkokemuksia.

Saatujen tietojen perusteella pohditaan, millainen vaaka olisi optimaalisin Suomen Mehiläishoitajain Liiton tai yleisesti suomalaisen vaakapesätarhaajan käyttöön. Arvioidaan, sopisiko jokin jo olemassa oleva kokonaisuus erityisen hyvin, ja suunnitellaan mehiläispesän alle soveltuvan vaa'an prototyyppi, joka täyttää asetetut vaatimukset. Vaa'alle asetetut kriteerit olivat 100 gramman tarkkuus punnituksissa, kestävyys vaihtelevissa sääolosuhteissa ja jatkuvan rasituksen alla, vakaus suuremman mehiläispesän alla, helppo huollettavuus ja hyvä akunkesto sekä mahdollisuus tallentaa vaa'alta kerätyt tiedot. Tällä hetkellä vaaoista ei ole kotimaista vaihtoehtoa tarjolla ja sellaiselle olisi jonkin verran kysyntää.

2 Vaakojen rakenne ja tekniikka

2.1 Yleistä olemassa olevista kokonaisuuksista

Mehiläispesän alle sijoitettavan vaa'an avulla voidaan painomuutosten kautta seurata mehiläispesän kehitystä kauden aikana ja saada tietoa satokauden kulusta. Tarkoitukseen suunniteltuja vaakoja löytyy runsaasti eri puolilta maailmaa. Vertailuun valittiin 24 erilaista mehiläispesävaakaa 14 eri valmistajalta, jotka löytyvät taulukosta 1 koottuna. Tällä hetkellä ei ole suomalaista vaakavalmistajaa lainkaan ja Suomea lähin vaakojen valmistaja löytyy Liettuasta.

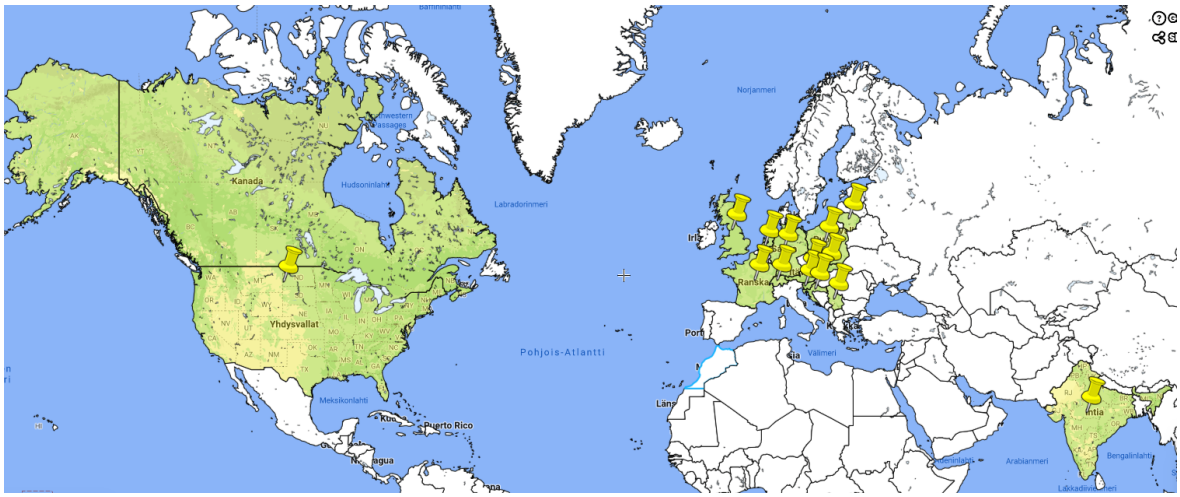
	Vaaka	Valmistaja	Alkuperämaa	Hinta	Vaaka-anturin malli
1	GoBuzzr	N/A	Intia	N/A	tanko
2	BEEP base complete	BEEP	Alankomaat	475 €	tanko
3	OpenHiveScale	N/A	Ranska	tsi	mekaaninen rakenne
4	HoneyPi	N/A	Saksa	tsi	oma valinta
5	The Internet of Bees	Make: magazine	N/A	tsi	levy
6	Optima	**Lyson**	Puola	395 €	tanko
7	Classic	**Lyson**	Puola	690 €	N/A
8	SMS Scale	SMSvaga	Serbia	N/A	tanko
9	Beekeeping Hive scale 3M+ rocket	**Beehive monitoring**	Slovakia	160 €	levy
10	Beekeeping Hive scale 3M+	**Beehive monitoring**	Slovakia	226 €	levy
11	Prohiver v2	Prohiver	Liettua	300 €	tanko
12	BeeWatch Home	**BeeWatch**	Itävalta	339 €	tanko
13	BeeWatch Professional	**BeeWatch**	Itävalta	1 190 €	tanko
14	Broodminder-W	Broodminder	Yhdysvallat	220 €	levy
15	Arnia Bar Scale	**Arnia**	Britannia	292 €	levy
16	Arnia Pro Scale	**Arnia**	Britannia	820 €	tanko
17	ApiGraph4.0	Wolfwaagen	Saksa	899 €	tanko
18	Bee Scale BeeScales.io for 1 Bee Hive, G4 NB-IoT	BeeScales.io	Slovenia	499 €	tanko
19	Starter	HiveWatch	Sveitsi	589 €	tanko
20	XLOG bee	XLOGbee	Kroatia	N/A	tanko
21	GSM Beehive scale	Viotys	Yhdysvallat	N/A	tanko
22	The LIGHT connected scale sigfox	Bee2Beep	Ranska	294 €	N/A
23	"Dual-Connect"	Honey instruments	Ranska	499 €	tanko
24	B51-X ja ARM-01	Beeportal		198 €	levy

Taulukko 1. Vertailuun valitut vaa'at

Eri maissa on toisistaan poikkeavia tapoja tarhata mehiläisiä, joten ei ole aivan yhden tekevää mistä vaa'an hankkii. Suomessa pesätornit saattavat hyvänä satovuonna kasvaa korkeudeltaan noin kaksimetrisiksi (Mehiläishoitajien keskusteluryhmä a). Korkeuteen toki vaikuttaa osittain myös pesän rakenne, joissa on vaihtelevuutta niin eri maiden välillä, kuin Suomen sisälläkin.

Ulkolaisia mehiläispesiä katsellessa huomaa, että ne ovat usein sijoitettuina jonkinlaisen korkeamman telineen päälle ja kokonaiskorkeudeltaan ne ovat matalampia, kuin Suomen tarhaajien pesätornit (Honeyroad 2023). Suomessa pesät puolestaan ovat esimerkiksi kuormalavojen päällä tai muulla vastaavalla matalammalla alustalla, jolla ne on kuitenkin saatu nostettua hivenen maasta irti.

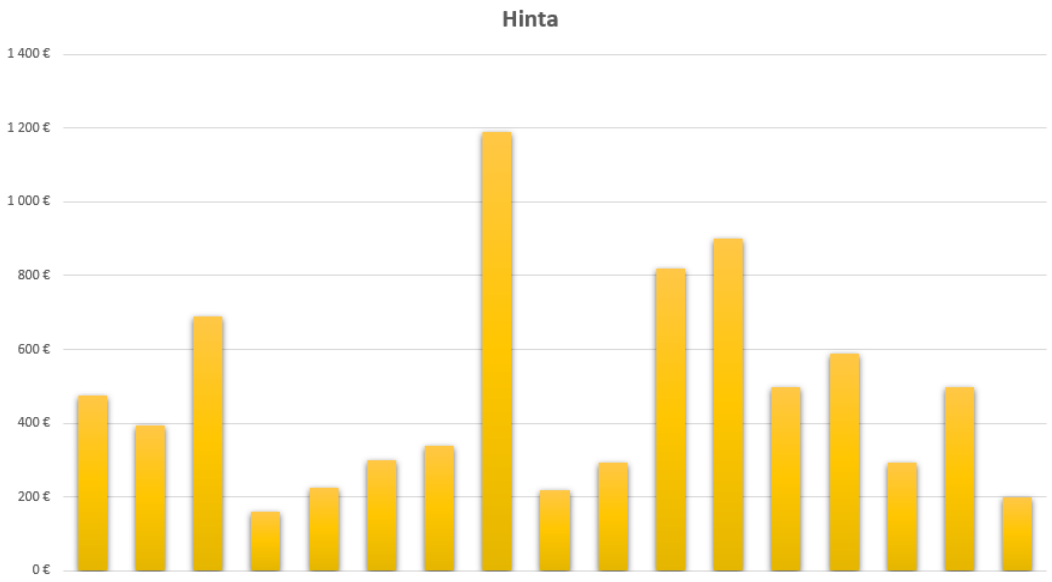
Lisäksi haasteiksi saattavat muodostua vaa'an huolto ja asiakaspalvelu ongelmia selvitettäessä, jos niitä ei ole saatavilla helposti, sekä sääolosuhteet Suomessa etenkin talvikaudella. Kuvassa 1 näkyvät työhön mukaan valitut vaakavalmistajien maat kartalle sijoitettuna, jotta on helpompi hahmottaa niiden maantieteellinen sijainti verrattuna Suomeen.



Kuva 1. Vaakojen valmistajat kartalla nastoin merkittyinä

Mehiläispesien tarkkailuun soveltuvien vaakojen hinnoissa on kohtalaisen suurta vaihtelua, mikä ainakin osittain selittyy niiden keskenään erilaisilla ominaisuuksilla. Edullisimpien vaakojen rungot ovat malliltaan yksinkertaisia ja osa niistä on valmistettu puusta. Näiden vaakojen anturit ovat myös edullisempia ja niiden kestävyys saattaa olla rajallisempi jatkuvassa kuormituksessa

Hinnoiltaan korkeampien vaakojen rungot erottuvat merkittävästi vahvemmilla rakenteilla, jotka ovat pääosin tai kokonaan valmistettu metallista. Näissä vaaoissa käytetyt anturit ovat korkealaatuisempia ja kestävät paremmin jatkuvaa rasitusta. Hyvänä esimerkkinä tästä on esimerkiksi Wolfwaagenin ApiGraph 4.0 vaaka (Wolfwaagen 2023). Kuviosta 1 näkee vertailuun valittujen vaakojen hintavaihtelua.



Kuvio 1. Vaakojen hintavertailua

Halvimmat vaa'at maksavat alle 200 €, kalleimpien hintojen noustessa yli 1000 € (Beehive monitoring 2023; BeeWatch 2023). Keskimäärin vertailtavien vaakojen hinta on vähän alle 500 €. Hankintahintojen lisäksi osassa vaaoista kustannuksia syntyy myös esimerkiksi puhelinliittymän kuukausittaisista maksuista ja joidenkin valmistajien vaakojen maksullisista käyttöliittymistä, joihin tiedot kerätään vaa'alta nähtäväksi. Näitä kustannuksia ei ole huomioitu vaakojen hinnoissa.

Vertailun vaaoista kolme on itse rakennettavia eli niihin on tarjolla vain ohjeet tekemiseen (OpenHiveScale; HoneyPi). Näiden vaakojen valmistamisen kustannuksia ei laskelmissa otettu huomioon, koska kustannukset olisivat pitkälti riippuvaisia muun muassa valituista komponenteista ja rungon materiaaleista.

2.2 Rungot

Vaakoja rungot voivat olla hyvin eri tavoin toteutettuja. Esimerkiksi vertailussa mainitun Beepin (2023) vaaka on x-kirjaimen mallinen. BeeHiveMonitoringin (2023) valmistamissa vaa'oissa taas on vaihtoehtoisesti kaksi alumiinilevyä päällekkäin tai kaksi vierekkäin asetettavaa alumiinista palkkia. Liitteessä 1 on koottuna joitakin esimerkkejä eri tavoin toteutetuista rungoista.

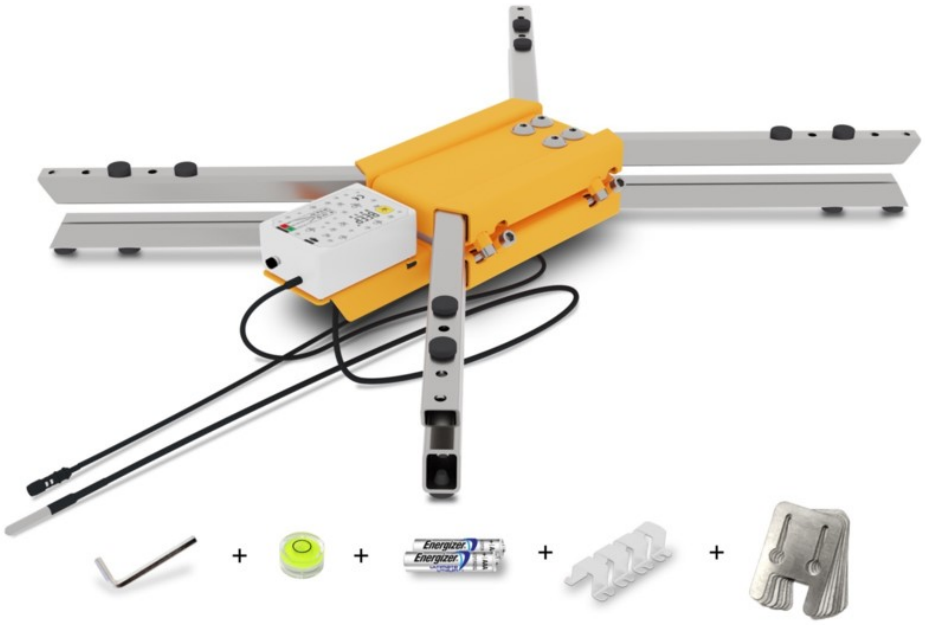
Suomen Mehiläishoitajain Liitolla on käytössään useita eri valmistajien vaakoja, ja näistä saatujen käyttäjäkokemusten avulla on muodostunut käsitys eri vaakojen vahvuuksista ja

heikkouksista. Yleisesti ottaen vaakojen tukevuudessa havaittiin vaihtelua, ja joissakin tapauksissa pesätornit koettiin liian huteriksi. Osan vaaoista koettiin asettuvan pesän alle huonommin kuin toisten. Tämä johtuu siitä, että mehiläispesiä on monenlaisia, ja vaikka niiden ulkoiset mitat ovat pääsääntöisesti samat, niiden rakenteet voivat olla toteutettu eri tavoin.

Suomessa valmistettua MeSi-vaakaa käyttäneet tarhaajat kokivat sen rungon erityisen jämäkäksi, jopa painavampien pesien alla. Esimerkiksi Beepin ja Beehive Monitoringin 3M+ vaakoihin rinnakkain verrattuna MeSin runko on todella jämäkkää tekoa ja myös painavampi. Valitettavasti tätä vaakaa ei enää valmisteta ja tietoja siitä ei ollut juurikaan saatavilla. Kyseisen vaa'an runko nähtävillä kuvassa 2.

Kuva 2. MeSi -vaa'an runko

Beepin valmistaman vaa'an, kuvassa 3 näkyvän runkorakenteen koettiin olevan liian joustava. Tästä syystä mehiläispesien pelättiin kaatuvan, erityisesti mikäli puuskainen tuuli pääsee puhaltamaan tarhapaikalla ja pesä on jo kasvanut korkeammaksi sekä painavammaksi. (Flener 2023.)



Kuva 3. Beepin vaaka (Beep, 2023)

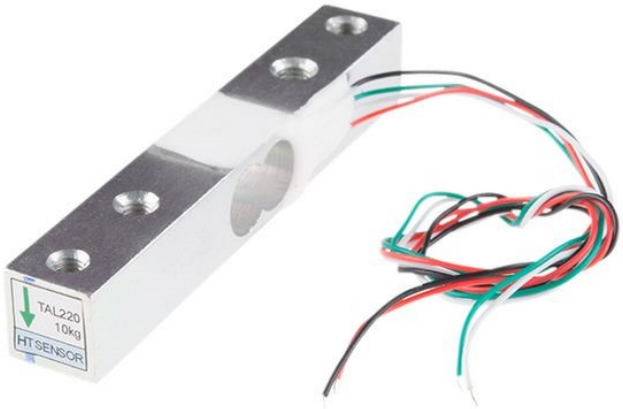
Useimmissa vertailun vaaoista elektroniikka oli sijoitettuna rungon välittömään läheisyyteen piiloon. Tämä on hyvä ratkaisu erityisesti silloin, kun vaa’allinen mehiläispesä on sijoitettuna yleisemmällä paikalla, kuten kaupungin puistossa tai muualla hyvin näkyvällä paikalla. Näkymättömiin sijoitettuna vaaka ei houkuttele ylimääräisiä kävijöitä pesän läheisyyteen. Lisäksi rungon yhteyteen sijoitettuna elektroniikka on melko hyvin suojattuna säältä.

Vikatilanteissa tai virran loppuessa tämä sijoitustapa koettiin mehiläistarhureiden taholta ongelmalliseksi, erityisesti silloin kun myös virtalähde oli sijoitettu vaa'an alle (Mehiläishoitajien keskusteluryhmä a). Tässä tilanteessa koko mehiläispesä täytyy siirtää pois vaa'an päältä, jotta ongelma voitiin korjata. Korkeamman telineen päälle sijoitetuissa pesissä tätä ongelmaa ei niinkään ollut havaittu, koska silloin joitain huoltotoimenpiteitä kyetään paremmin tekemään alakautta (Flener 2023).

Runkojen toteutustapoihin vaikuttaa osaltaan myös se, millaisia vaaka-antureita oli valittu ja montako kappaletta niitä vaa’assa oli käytetty. Nämä valinnat, yhdessä runkomateriaalin kanssa, määrittävät osittain vaa'an tukevuutta ääriolosuhteissa, sillä rungon on mahdollistettava vaaka-antureiden oikeanlainen toiminta, ja lisäksi sen on oltava sellainen, että mehiläispesä sopii sen päälle.

2.3 Anturit

Vertailun vaaoissa on käytetty pääasiassa kahta eri mallista anturia. Yleisin toteutustapa (14 kappaletta) oli tangon mallinen (suorakulmainen särmiö) vaaka-anturi. Nämä anturit usein valmistettu alumiinista ja niihin on kiinnitetty neljä venymäliuska-anturia. Näiden muodostaman Wheatstonen sillan avulla saadaan tarkka mittaustulos yhdelläkin anturilla (Sparkfun a; Texas Instruments a, 62–68). Esimerkki anturista näkyy kuvassa 4.

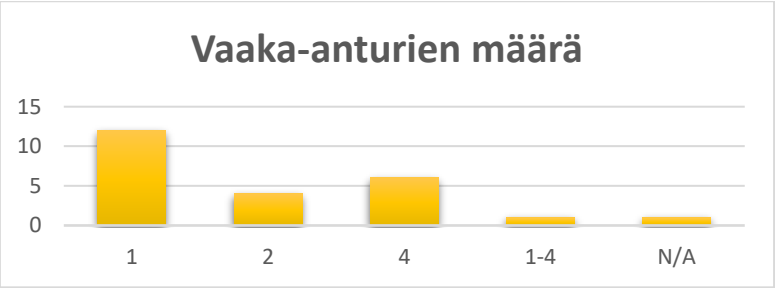


Kuva 4. Tangon mallinen anturi (Elfadistrelec, 2023)

Toiseksi eniten vaaoissa oli käytetty hinnaltaan pääsääntöisesti edullisempaa levymäistä venymäliuska-anturia (6 kappaletta). Tällaisia antureita löytyy yleisesti myös perinteisistä digitaalisista henkilövaaoista. Henkilövaaoissa tällaisia antureita (kuva 5) on neljä, yksi jokaisessa kulmassa ja ne on kytketty Wheatsonen siltaan.

Kuva 5. Levymäinen anturi (Sparkfun b. 2023)

Vertailuun valittujen vaakojen antureiden määrissä oli myös eroavaisuuksia, sillä vaakoja oli toteutettu yhdellä, kahdella ja neljällä anturilla. Kuviosta 2 käy ilmi vertailun vaakojen antureiden määrät per vaaka.



Kuvio 2. Vaaka-antureiden määrä per vaaka

Puolet vertailun vaaoista oli toteutettu käyttäen vain yhtä anturia, ja näissä kaikissa tapauksissa käytetty anturi oli mainittu tangonmallinen anturi. Ainoa poikkeus oli Arnia Pro Scale (2023), jossa oli neljä tangonmallista anturia. Muut neljällä anturilla toteutetut va'at käyttivät levymäisiä antureita.

Eri anturityypit ja niiden määrä vaa’assa vaikuttivat vertailun vaakojen kokonaiskantavuuteen. Kokonaiskantavuus vaaoissa oli keskimäärin noin 180 kg, ja vaihteluväli eri vaakojen kesken 100 kg aina 300 kg saakka.

Lisäksi vaakojen mittaustarkkuuksissa oli eroja niiden vaakojen kesken, joista tieto oli saatavilla. Suurin osa vaaoista kykeni punnitsemaan pesiä kymmenien grammojen tarkkuudella. Eri vaakojen kantavuudet ja mittaustulosten tarkkuudet taulukossa 2.

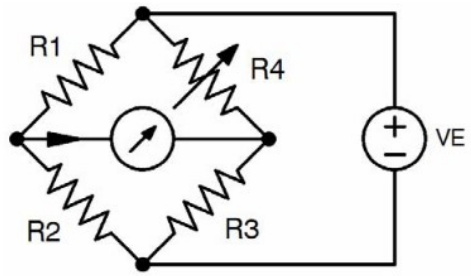
	Vaaka	Valmistaja	Kantavuus	Tarkkuus
1	GoBuzzr	N/A	N/A	N/A
2	BEEP base complete	BEEP	150 kg	10g
3	OpenHiveScale	N/A	100 kg	N/A
4	HoneyPi	N/A	oma valinta	N/A
5	The Internet of Bees	Make: magazine	180 kg	N/A
6	Optima	**Lyson**	150 kg	10g
7	Classic	**Lyson**	150 kg	10g
8	SMS Scale	SMSvaga	N/A	N/A
9	Beekeeping Hive scale 3M+ rocket	**Beehive monitoring**	N/A	500g
10	Beekeeping Hive scale 3M+	**Beehive monitoring**	200 kg	250g
11	Prohiver v2	Prohiver	180 kg	100g
12	BeeWatch Home	**BeeWatch**	200 kg	20g
13	BeeWatch Professional	**BeeWatch**	200 kg	20g
14	Broodminder-W	Broodminder	200 kg	5g
15	Arnia Bar Scale	**Arnia**	150 kg	N/A
16	Arnia Pro Scale	**Arnia**	160 kg	100g
17	ApiGraph4.0	Wolfwaagen	200 kg	10g
18	Bee Scale BeeScales.io for 1 Bee Hive, G4 NB-IoT	BeeScales.io	N/A	20g
19	Starter	HiveWatch	200 kg	10g
20	XLOG bee	XLOGbee	200 kg	10g
21	GSM Beehive scale	Viotys	200 kg	10g
22	The LIGHT connected scale sigfox	Bee2Beep	150 kg	100g
23	"Dual-Connect"	Honey instruments	300 kg	10g
24	B51-X ja ARM-01	Beeportal	N/A	N/A

Taulukko 2. Vaa'an kantavuus ja tarkkuus

Tarkin vaaka, Broodminder-W (2023), kykeni 5 gramman tarkkuuteen. Suurpiirteisin tarkkuus puolestaan oli vertailun edullisimmassa vaakassa, Beekeeping Hive scale 3M+ rocket (2023), jonka punnitustarkkuus oli 500 grammaa.

Anturien toimintatapa vaakasovelluksissa

Wheatstonen siltaa käytetään monissa erilaisissa anturisovelluksissa, kuten painon, paineen tai lämpötilan mittauksissa, missä tarvitaan tarkkuutta ja herkkyyttä. Antureiden toiminta vaakasovelluksissa perustuu Wheatstonen siltaan (kuva 6).



Kuva 6. Wheatstonen silta (Texas Instruments b.)

Wheatstonen silta on sähköinen mittauspiiri, joka on laajalti käytössä resistanssin tarkkaan mittaamiseen. Tämä silta muodostuu neljästä resistanssista, joista kolme on kiinteitä ja neljäs, tuntematon resistanssi, voi vaihdella. Kun kyseinen silta on tasapainossa, voidaan tuntemattoman resistanssin arvo laskea muiden resistanssien avulla. Tämän tekniikan perustana on siis tasapaino, joka voidaan saavuttaa säätämällä jännitteitä siltaan liittyvissä kytkentäpisteissä. (Inkinen ym. 2003, 103–104)

Tasapainoehto voidaan ilmaista seuraavalla kaavalla (kaava 1), joka liittyy resistanssien arvoihin. Kun paino aiheuttaa muutoksen anturien resistansseissa, tasapaino rikkoutuu, ja syntynyt erotusjännite voidaan mitata. Tämä jännitekorjaus on suoraan verrannollinen painon aiheuttamaan muutokseen, ja sitä voidaan käyttää tarkan painon mittaamiseen.

$$Rx = R2(1 + \frac{R4}{R3}) \qquad (1)$$

Jossa

- *Rx* on tuntematon resistanssi (esimerkiksi anturin resistanssi).
- *R2* ja *R3* ovat kiinteitä resistansseja.
- *R4* on anturin resistanssi.
- kaava olettaa, että *R1* on kiinteä resistanssi ja *Rx* on se, jonka arvoa mitataan.

Painon muutoksen aiheuttama jännite Vout voidaan laskea:

$$Vout = Vin\frac{R4}{R3+R4} - Vin\frac{R2}{R1+R2} \qquad (2)$$

Jossa *Vin* on syöttöjännite. Tämä erotusjännite on suoraan verrannollinen resistanssin muutokseen, ja se voidaan käyttää mittaamaan esimerkiksi anturin aiheuttamaa muutosta, kuten painon vaikutusta.

2.4 Virtalähteet

Vaakojen virtalähteiden ja niiden tarkempien ominaisuuksien tiedot vaihtelivat merkittävästi, ja osaltaan tiedot olivat kokonaan puutteelliset. Useimmat vaakamallit käyttivät paristoja, tyypillisesti AA- tai AAA-paristoja. Monissa vaaoissa virtalähde oli toteutettu ladattavalla akulla. Kaikissa näissä tapauksissa käytössä oli ulkoisilta mitoiltaan pieniä paristoja tai akkuja, jotka voitiin sijoittaa pesän alle vaa'an rungon yhteyteen. Tämä sijoituspaikka suojaa niitä melko hyvin ympäristötekijöiltä ja mahdollisti parhaimmillaan jopa sijoittamisen samaan koteloon muiden komponenttien kanssa. Vertailun vaakojen virtalähteiden tiedot on koottu taulukkoon 3.

	Vaaka	Valmistaja	Virtalähde
1	GoBuzzr	N/A	?
2	BEEP base complete	BEEP	2x AAA
3	OpenHiveScale	N/A	3x AA
4	HoneyPi	N/A	auton akku
5	The Internet of Bees	Make: magazine	6Amp/h LiPo
6	Optima	**Lyson**	6x AA
7	Classic	**Lyson**	akku (?)
8	SMS Scale	SMSvaga	akku
9	Beekeeping Hive scale 3M+ rocket	**Beehive monitoring**	N/A
10	Beekeeping Hive scale 3M+	**Beehive monitoring**	akku
11	Prohiver v2	Prohiver	18650 Li-Ion battery
12	BeeWatch Home	**BeeWatch**	3x AA
13	BeeWatch Professional	**BeeWatch**	3x mono D
14	Broodminder-W	Broodminder	2x AAA
15	Arnia Bar Scale	**Arnia**	3,7V Li-ion
16	Arnia Pro Scale	**Arnia**	?
17	ApiGraph4.0	Wolfwaagen	Cr3, li-ion
18	Bee Scale BeeScales.io for 1 Bee Hive, G4 NB-IoT	BeeScales.io	LiPo
19	Starter	HiveWatch	3x AA
20	XLOG bee	XLOGbee	li-ion
21	GSM Beehive scale	Viotys	2xCR123A
22	The LIGHT connected scale sigfox	Bee2Beep	2xAA
23	"Dual-Connect"	Honey instruments	2xA 1,5V
24	B51-X ja ARM-01	Beeportal	?

Taulukko 3. Vaakojen käyttämät virtalähteet

Valmistajat ilmoittivat vaakojen toimivan virtalähteillään vaihtelevan pituisia aikoja. Lyhimmillään toiminta-ajaksi, ennen latausta tai paristojen vaihtoa, luvattiin vain 3–4 viikkoa (Lyson). Pisin ilmoitettu toiminta-aika oli jopa 10 vuotta (XLOG a).

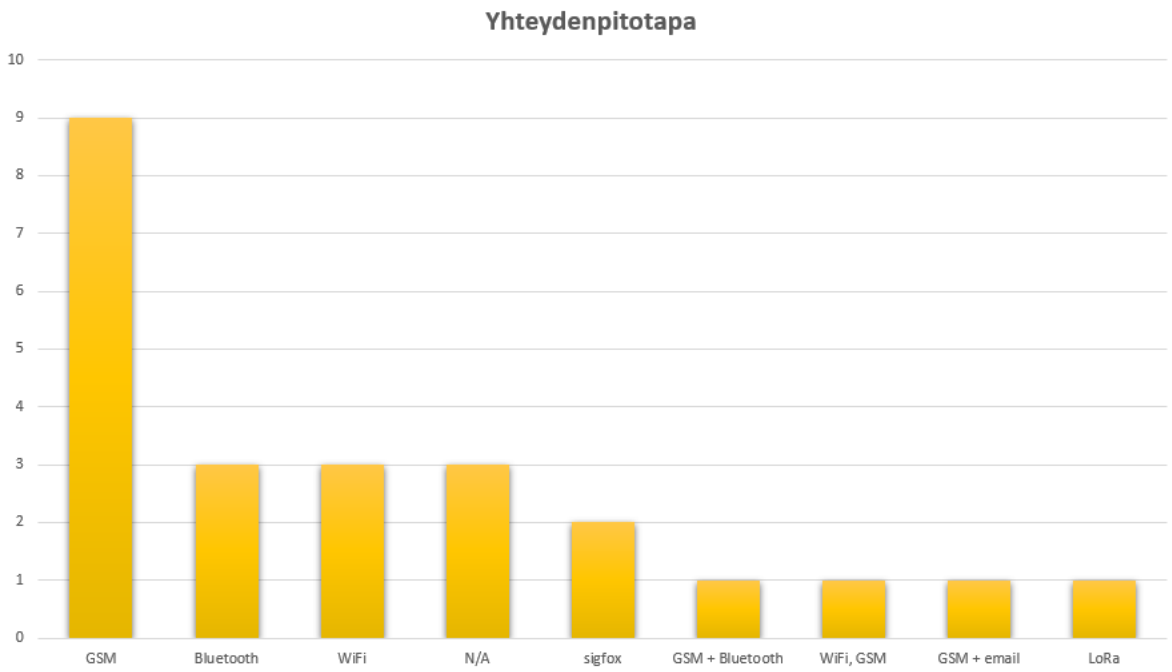
Tietoja vaakojen virrankulutuksista tai monien valmistajien osalta edes käytetyistä paristoista /akuista ei ollut saatavilla riittävästi, joten vaakojen keskinäinen vertailu näiden ominaisuuksien suhteen on käytännössä mahdotonta. Lisäksi todelliseen akun tai pariston kestoon vaikuttavat monet eri tekijät, kuten sääolosuhteet tai virtalähteen ikä (DigiKey).

2.5 Käytetyt viestintätekniikat

Yleisin tapa vertailun vaaoilla on viestintä matkapuhelinverkkoja hyödyntäen, joka sopii datan siirtoon pitkilläkin välimatkoilla. Matkapuhelinverkkoa hyödyntää kaiken kaikkiaan 50 % vertailun vaaoista, ja 37,5 % se on ainoa kommunikointitapa. Toisiksi yleisimmät tavat vaaoissa ovat Bluetooth ja WiFi, molemmat yhtä yleisiä noin 17 % osuuksilla. Bluetooth ja WiFi

soveltuvat paremmin pihapiiriin sijoitettujen vaakojen kanssa kommunikointiin, sillä näiden verkkojen kantomatka on huomattavasti lyhyempi kuin matkapuhelinverkon.

Osa vaaoista tukee useampaa kommunikointitapaa ja tee-se-itse henkisten vaakojen toteutuksessa lopullinen valinta yhteydenpitotavasta jää luonnollisesti vaa'an tekijälle, vaikka ohjeissa on saatettu suositella jotakin tiettyä tapaa tiedonsiirtoon. Kuviosta 3 näkyy, missä määrin erilaisia viestintätapoja vertailun vaaoilla on käytössään.



Kuvio 3. Vaakojen yhteydenpitotavat

Vaikka monilla vaakapesätarhaajilla kyselyn mukaan vaa'alliset mehiläispesät sijaitsevat pihapiirissä, noin 34 % tarhureista ilmoitti niiden olevan pihapiirin ulkopuolella. Tällöin vaa'alta saisi lukemia vain tarhapaikoilla käydessään. Tämä asetelma ei täysin palvele vaakapesän tarkoitusta, koska tarpeena on Suomen Mehiläishoitajain Liiton (2023a) mukaan myös arvioida hoitotoimien tarpeellisuutta, kuten tilan lisäämisen tai parven lähtemisen todennäköisyyttä, ilman että tarhaajan täytyy käydä tarhapaikalla.

Tavat, joilla vaa'at näyttävät kerätyt tiedot tarhaajille, vaihtelevat jonkin verran. Yleisin tapa on, että vaaka lähettää tiedot painosta tarhaajalle tekstiviestinä. Suurimmassa osassa vaakoja on myös valmistajan tarjoama graafinen käyttöliittymä saatavilla. Osa näistä käyttöliittymistä mahdollistaa lisäksi muiden tietojen tallentamisen, kuten tarhakäynnillä tehdyt

huomiot pesän yleistilasta tai kuningattaren iän tai syntymävuoden kertovan värin. Vaakavalmistajien tarjoamat yhteydenpitotavat vaaoittain löytyvät taulukosta 4.

	Vaaka	Valmistaja	Sovellus
1	GoBuzzr	N/A	kyllä
2	BEEP base complete	BEEP	Kyllä (asennukseen, muuten web)
3	OpenHiveScale	N/A	ei
4	HoneyPi	N/A	ei
5	The Internet of Bees	Make: magazine	ei
6	Optima	**Lyson**	ei
7	Classic	**Lyson**	ei
8	SMS Scale	SMSvaga	kyllä (ei tietoa millainen)
9	Beekeeping Hive scale 3M+ rocket	**Beehive monitoring**	kyllä (kai sama kuin muissa)
10	Beekeeping Hive scale 3M+	**Beehive monitoring**	kyllä
11	Prohiver v2	Prohiver	kyllä, web
12	BeeWatch Home	**BeeWatch**	kyllä
13	BeeWatch Professional	**BeeWatch**	kyllä, web ja sovellus
14	Broodminder-W	Broodminder	kyllä, web ja sovellus
15	Arnia Bar Scale	**Arnia**	kyllä, web
16	Arnia Pro Scale	**Arnia**	kyllä, web
17	ApiGraph4.0	Wolfwaagen	kyllä, web
18	Bee Scale BeeScales.io for 1 Bee Hive, G4 NB-IoT	BeeScales.io	kyllä, web ja sovellus
19	Starter	HiveWatch	kyllä, sovellus
20	XLOG bee	XLOGbee	kyllä, web
21	GSM Beehive scale	Viotys	kyllä, web
22	The LIGHT connected scale sigfox	Bee2Beep	kyllä, web
23	"Dual-Connect"	Honey instruments	kyllä, sovellus
24	B51-X ja ARM-01	Beeportal	kyllä, web

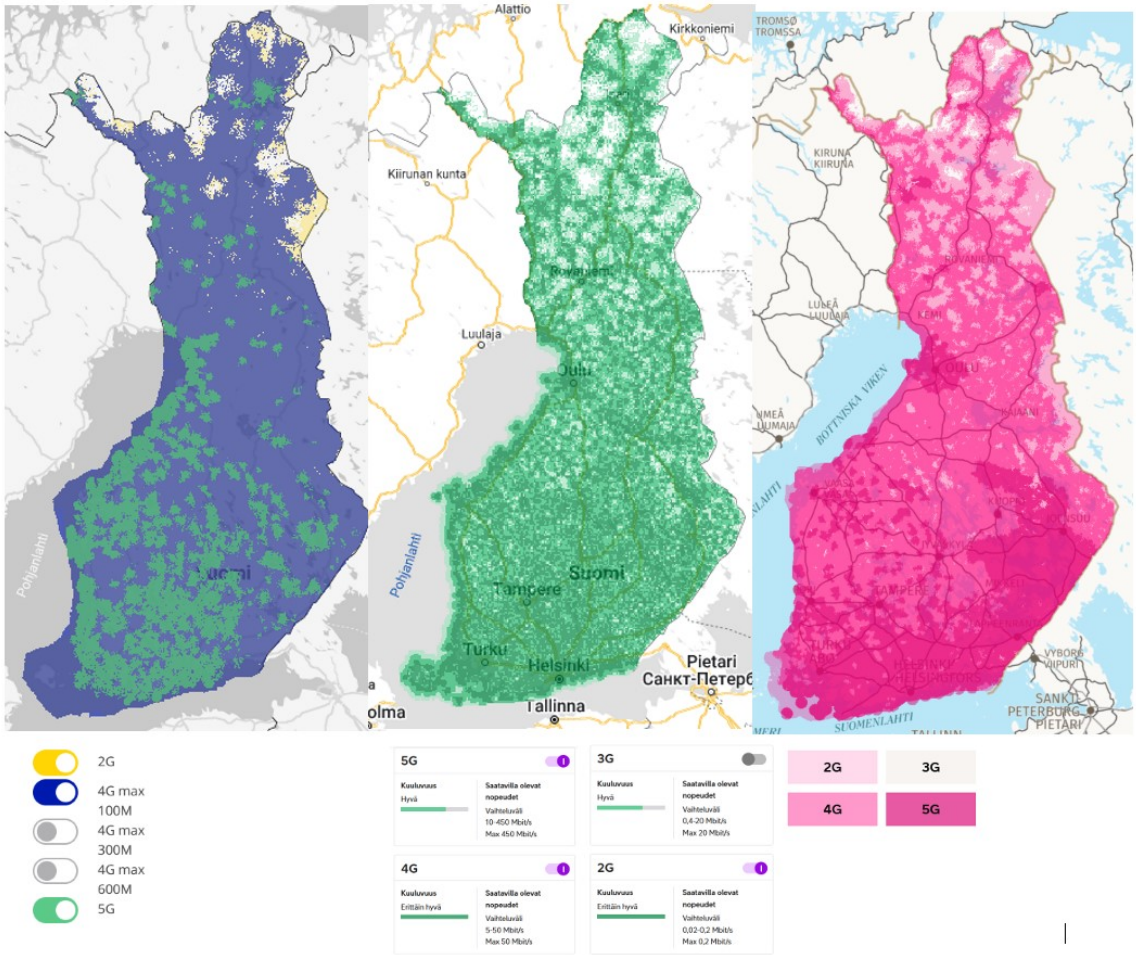
Taulukko 4. Valmistajien käyttöliittymien tarjonta

Taulukossa 4 *web* tarkoittaa selaimessa toimivaa käyttöliittymää, jota voi hallita niin tietokoneella, kuin puhelimella tai tabletillakin. Ne vaa'at, joiden kohdalle on merkitty myös *sovellus* tarjoavat myös erikseen puhelimelle asennettavan sovelluksen kautta toimivan käyttöliittymän. Vaa'at, joiden kohdalla lukee *ei*, eivät tarjoa kumpaakaan mainituista vaihtoehdoista. Näiden vaakojen kanssa kommunikointi hoidetaan joko tekstiviestillä tai sitten se on jätetty vaa'an lopullisen rakentajan toteutettavaksi valintansa mukaan.

Matkapuhelinverkot

Suomessa toimii useita matkapuhelinoperaattoreita, kuten Telia, Elisa ja DNA. Näiden operaattoreiden verkot kattavat suuren osan maasta, myös syrjäisempiä alueita. Suomessa on

laajasti saatavilla 4G-verkkoja, ja 5G on myös laajentunut erityisesti suurimpiin kaupunkeihin. Näiden edellä mainittujen palveluntarjoajien kuuluvuuskartat näkyvät kuvassa 7.



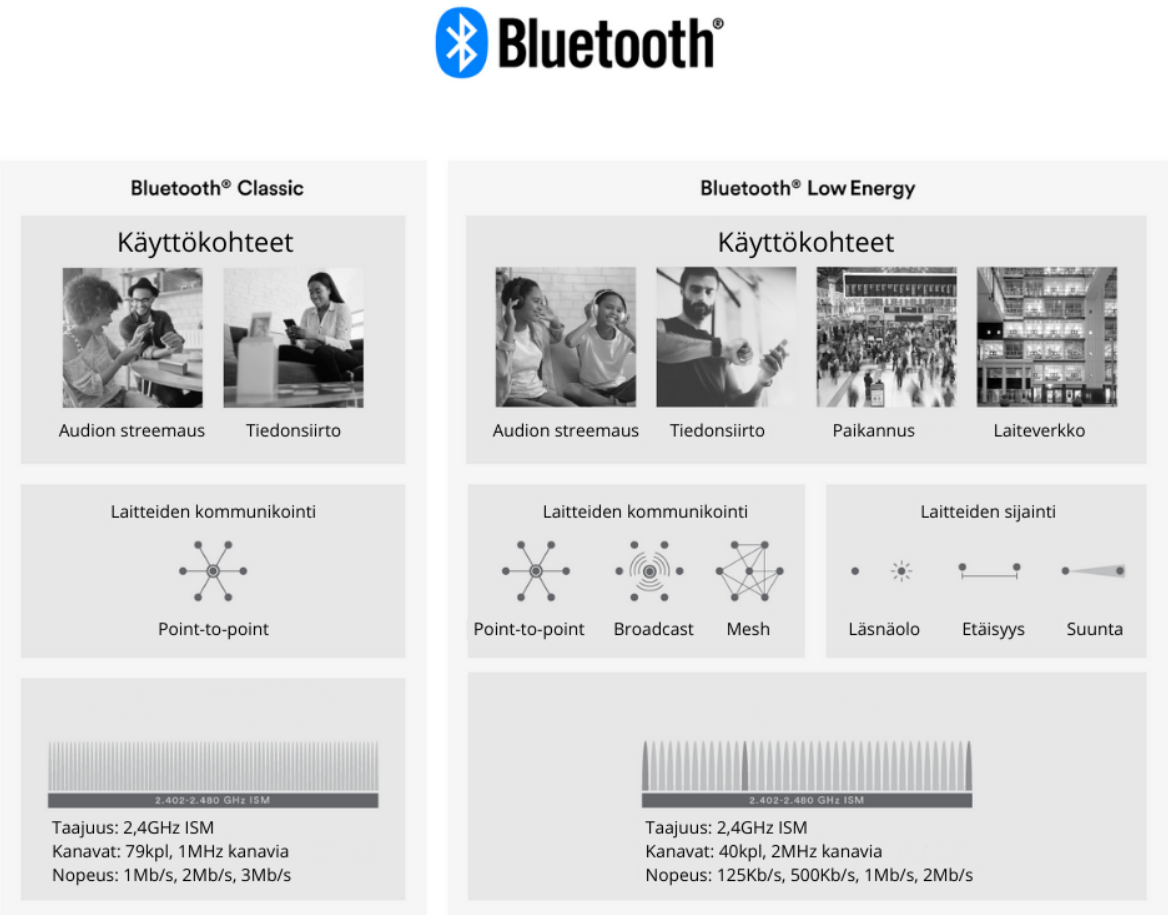
Kuva 7. Matkapuhelinverkon kattavuus eri palveluntarjoajilla (Elisa, Telia, DNA)

Maaseudulla ja syrjäisemmillä alueilla voi olla paikoin heikompaa kuuluvuutta, mutta verkkojen laajeneminen ja kehittyminen on jatkuvaa. Suomen matkapuhelinoperaattorit ovat panostaneet voimakkaasti 5G-verkkojen rakentamiseen suurimpiin kaupunkeihin ja niiden ympäristöihin. 5G:n odotetaan tuovan mukanaan merkittäviä parannuksia langattomaan viestintään, erityisesti nopeuden, kapasiteetin ja yhteyksien luotettavuuden osalta. (Traficom 2021.)

Kuten muissakin langattomissa viestintätavoissa, myös matkapuhelinverkot ovat alttiita häiriöille. Tiheä rakennuskanta, runsas kasvillisuus ja sääolosuhteet vaikuttavat signaalin kantavuutta heikentävästi. (Traficom 2021.)

Bluetooth

Bluetooth on lyhyen kantaman langaton tekniikka, joka toimii 2,4 gigahertsin (GHz) lisenssivapaalla taajuudella, 79 kanavalla. Se tarjoaa useampia versioita, kuten perinteinen Bluetooth ja Bluetooth Low Energy (BLE), joka myös toimii 2,4G Hz:n taajuudella, 40 kanavalla. BLE sopii etenkin laitteille, joissa virrankulutuksen pienuus on oleellista. Bluetooth mahdollistaa laitteiden välisen tiedonsiirron lyhyillä matkoilla nopeasti ja luotettavasti. Kuvasta 8 näkyy hyvin yhdellä silmäyksellä eri versioiden oleellisimmat erot ja yhteneväisyydet. (Bluetooth 2023.)



Kuva 8. Bluetooth versioiden ominaisuuksia (Mukailtu, Bluetooth 2023)

Bluetoothia hyödyntää olemassa olevista vaakasovelluksista vain pieni osa. Vertailuun valituista kokonaisuuksista Bluetooth löytyy kaikkiaan 24 laitteesta vain neljästä. Sen

heikkoutena on lyhyehkö kantomatka, yleensä noin 10 metriä, ja erilaisten esteiden, kuten kasvillisuuden tai seinien kantomatkaa lyhentävä vaikutus (Bluetooth 2023).

LoRaWAN

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) on langattoman tiedonsiirtotekniikan, LoRan (Long Range), protokolla, joka on suunniteltu erityisesti pitkän kantaman tiedonsiirtoon energiatehokkaasti. Sen kehitystä ohjaa LoRa Alliance, kansainvälinen yhdistys, joka edistää LoRaWANin käyttöä. LoRaWANia hyödynnetään muun muassa useissa IoT-sovelluksissa. (LoRa Alliance.)

LoRan kuuluvuus voi olla 5 kilometristä jopa yli 15 km, ja se vaihtelee ympäristön mukaan. Paristojen varassa toimivat laitteet voivat toimia parhaimmillaan jopa 10 vuotta ennen paristojen vaihtoa (Semtech).

LoRaWAN -verkkoa vaaoista hyödyntää vain Beepin valmistama vaaka (Beep). Tätä vaakaa on Suomessa osalla havaintotarhaajista käytössä osana B-GOOD-hanketta.

WiFi

WiFi, eli langaton verkkoyhteys, jossa käytetään IEEE 802.11 -standardin mukaisia tekniikoita, käyttää 2,4 GHz, 5 GHz ja 6GHz taajuuksia tiedonsiirtoon. Laitteet, kuten langattomat reitittimet ja päätelaitteet, lähettävät ja vastaanottavat tietoja näillä taajuuksilla. Esimerkiksi älypuhelimet, tietokoneet ja älytelevisiot, ovat varustettu WiFi-yhteydellä, mikä helpottaa niiden yhteensopivuutta ja liitettävyyttä. (Wi-Fi Alliance)

WiFi voi tarjota korkeat tiedonsiirtonopeudet ja signaali voi kattaa laajan alueen, mutta esteet, kuten seinät ja huonekalut, voivat vaimentaa signaalia ja heikentää kuuluvuutta huomattavan paljon. Myös jotkin elektroniset laitteet ja sähkömagneettiset kentät voivat aiheuttaa häiriöitä WiFi-signaalille. (Wi-Fi Alliance)

2,4 GHz taajuus tunkeutuu paremmin seinien ja muiden esteiden läpi, ja sille kantomatka voi olla sisätiloissa noin 30–45 metriä. Ulkona kantomatka voi olla noin 100 metriä, esimerkiksi maastosta ja sääolosuhteista riippuen. 5 GHz tarjoaa puolestaan yleensä suuremman tiedonsiirtonopeuden. Sisätiloissa sen kantomatka voi olla noin 15–30 metriä, ulkona noin 50 metriä. Kuuluvuutta voidaan jonkin verran parantaa lisäantenneilla (kuva 9), mutta niidenkään avulla ei saada määräänsä enempää kantomatkaa signaalille luotua. (Wi-Fi Alliance)

Kuva 9.Lisäantenni talon katolla, mutta runsas puusto esteenä

3 Mehiläistarhaajien liiton tarpeisiin parhaiten soveltuvat vaihtoehdot

Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry on mehiläistarhureiden ja siihen liittyvää toimintaa harjoittavien paikallisyhdistysten kattojärjestö, jolla on tällä hetkellä noin 2500 jäsentä. Liittoon kuuluu noin 80 prosenttia Suomen mehiläistarhaajista ja jäseninä on sekä harrastajia että ammatikseen tarhaavia. Liiton tarkoitus on muun muassa järjestää alan koulutuksia ja tarjota tietoa hunajasta, mehiläisistä sekä muusta mehiläistalouteen liittyvästä. Liitolla on vaakapesäseurannassa mukana olevia tarhaajia parisen kymmentä eri puolilta Suomea ja heillä käytössään on useita erilaisia vaakoja. (Suomen Mehiläishoitajain Liitto 2023 a)

Arvion mukaan Suomessa on tällä hetkellä noin 70000 mehiläispesää, joista saadaan vuosittain hunajaa keskimäärin noin 40 kg per pesä. Lisäksi pesistä saadaan muun muassa mehiläisvahaa, siitepölyä ja propolista eli kittivahaa. (Suomen Mehiläishoitajain Liitto 2023 c)

Käytössä olevat sovellukset

Liiton vaakapesätarhaajilla ja oman vaa'an omistavilla mehiläistarhaajilla käytössä olevista vaaoista monet hyödyntävät matkapuhelinverkkoa tiedon välittämiseen ja vaa'an kanssa kommunikoidaan pääasiassa tekstiviestein. Viestillä pyydetään vaa'alta pesältä kerätty tieto ja vaaka lähettää sen vastausviestinä. Osassa vaaoista myös asetuksia muutetaan lähettämällä vaa'alle viesti.

B-GOOD-projektissa käytössä olevat Beepin vaa'at käyttävät TTN (The Things Network) LoRa verkkoa kommunikointiin ja tämän toimintaan on oltu tyytymättömiä hankkeeseen osallistuvien tarhaajien taholta. Verkon toiminta on koettu huonoksi osalla tarhapaikoista. Myös vaa'an runko koettiin liian joustavaksi rakenteeltaan ja pesätorneista saattoi kauden mittaan tulla kiikkeriä. (B-GOOD; Beep; Flener)

Hivenen kankeaksi, vaikkakin toimivaksi, koettiin myös nykyinen tapa kerätä tiedot vaakapesäseuranta-sivustolle, jonne jokainen havaintotarhaaja käy erikseen manuaalisesti kirjaamassa vaaoilta saamansa painotiedot.

Vaakapesäseuranta-sivustossa on myös ominaisuus ottaa vastaan tietoa automaattisesti kerran vuorokaudessa, mutta sitä ei ole hyödynnetty, koska soveltuvia vaakoja ei ole ollut. Vaakapesäsivusto (kuva 10) on toteutettu liitolle vuonna 2013 opinnäytetyönä (Larmia 2013)

Kuva 10. Vaakapesäseuranta-sivuston etusivu kirjautuneelle käyttäjälle

Toiveita uuden vaa'an toteutuksessa huomioitavaksi

Suomen Mehiläishoitajain Liitolla oli toiveena vaakojen kanssa kommunikoinnissa siirtyä aiemmissa vaaoissa käytetystä tekstiviestein kommunikoinnista johonkin muuhun, mielellään sellaiseen systeemiin, joka keräisi datan automaattisesti talteen ja nähtäville. Tällainen kokonaisuus olisi miellyttävämpi käyttökokemukseltaan havaintotarhaajalle, jonka ei tarvitsisi käsineen kirjata kaikkia tietoja. Myös liitolle tämä olisi soveltuvampi vaihtoehto, kun he koostavat kirjattujen tietojen pohjalta kokonaiskuvaa kaudesta.

Liitolla on myös joitain vikaantuneita vaakoja, joiden uusiokäyttöä he ovat miettineet. Osaa näistä vaaoista on aiemmin yritetty korjata vaihtelevalla menestyksellä. Näistä vaaoista, aiemmin mainitussa MeSissä, koettiin muun muassa olevan hyvä ja tukeva runkorakenne.

Mehiläistarhaajille teetetyn kyselyn pohjalta yleisimmät toiveet vaakojen suhteen olivat seuraavia:

- Kestävyys niin painon kuin sään huomioiden
- Tarkkuus mielellään 100 g tarkkuudella
- Helposti huollettavia ja käytettäviä
    - virta riittää mahdollisimman pitkään

    - akku helposti vaihdettavissa/ ladattavissa
- Helppo saada vaa'alta tiedot talteen
- Mahdollisesti painon lisäksi tieto lämpötilasta ja kosteudesta (Mehiläishoitajien keskusteluryhmä b).

Monilla mehiläistarhaajilla pesät sijaitsevat pihapiirin ulkopuolella, joten esimerkiksi Bluetoothilla tai langattoman verkon varassa toimivat kommunikointitavat eivät ole parhaita vaihtoehtoja yhteydenpitoon. Parhaimmat kokemukset yhteydenpidon toimivuudesta olivat vaaoista, jotka välittivät tiedot tarhaajille matkapuhelinverkkoa hyödyntäen. (Mehiläishoitajien keskusteluryhmä b).

4 Oman vaa’an toteutus

4.1 Vaatimusmäärittely

Vaakojen vaatimukset pohjautuvat pitkälti liiton ja mehiläistarhureiden havaintoihin, joita he ovat tehneet käytössään olevista vaaoista. Kokemustensa perusteella he ovat voineet kertoa, mitkä asiat ovat olleet toimivia ja mitä virheitä on ehdottomasti vältettävä.

Olosuhteiden kesto

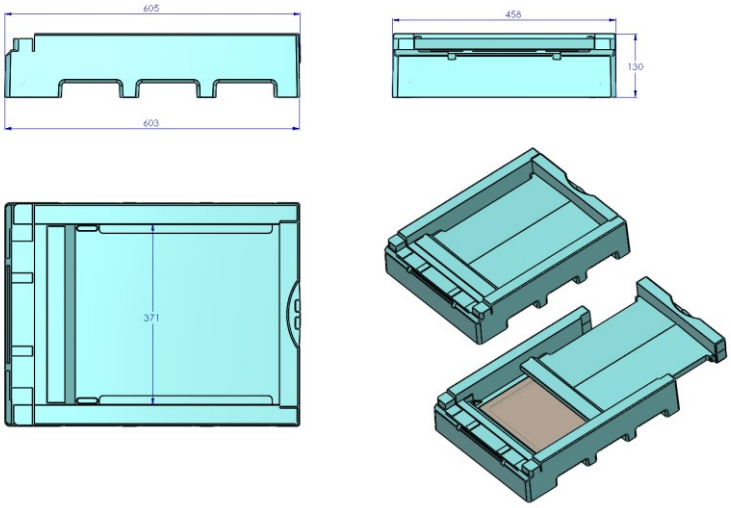
Vaa’an pitää olla rakenteeltaan erittäin tukeva, ettei kovemmallakaan tuulella tai rasituksella pesätorni kaadu. Loppukaudesta pesätornilla voi olla korkeutta liki kaksi metriä ja painoa toistasataa kiloa.

Materiaalien on oltava sään vaihteluja kestäviä, joten puun käyttö vaa'an rakenteissa on hylättävä sen kosteuden ja lämpötilavaihteluiden mukaan elämisen vuoksi. Rungon pinta ei saa olla liukas, jotta päällä oleva pesä pysyy paikallaan, vaikka torni hieman kallistuisi. Oletuksena pesien täytyy olla kohtuullisen suorassa jo rakenteensa ja painonsa vuoksi, jotta hoitotoimenpiteet on mahdollisimman helppoa ja turvallista suorittaa.

Myös elektroniikan komponenttien pitää olla ulkokäyttöön soveltuvia ympäri vuoden ja koteloituna sään kestävästi. Olosuhteet pitää huomioida myös esimerkiksi johtojen osalta, jotta ne kestävät niin kesän helteet, talven pakkaset. Koteloiden läpivientien pitää olla tiiviitä, jotta kosteus ei pääse vahingoittamaan elektroniikkaa.

Runko

Mehiläispesien pohjien koot vaihtelevat jonkin verran eri valmistajien välillä, ja tarhaajat saattavat myös tehdä mehiläispesien pohjia itse. Yleisesti käytetyt koot eri pohjilla ovat noin 60 cm pituudeltaan ja 45 cm leveydeltään. Esimerkkinä Honey Paw -kevytpesäpohjan mitat näkyvät kuviossa 5.



Kuvio 4. Honey Paw -kevytpesän tuuletuspohja (Mesimestari, 2023)

Kevytpesäpohjien lisäksi yleisiä ovat myös erilaiset puiset pohjat. Mitoiltaan ne ovat samaa luokkaa kuin, kevyemmätkin pohjat, sillä omien kokemusteni perusteella eri materiaaleista valmistettuja pesän osia pystyy käyttämään sujuvasti sekaisin. Kuvassa 11 näkyy sekä kevytmateriaalista valmistettuja pesän osia (pohjia ja laatikoita), että puisia osia sekaisin.

Kuva 11. Eri materiaaleista valmistettua kalustoa sekaisin käytössä

Vaa'an rungon tulee olla muotoiltu ja mitoitettu siten, että erilaiset pesien pohjat asettuvat sille vakaasti. Rungon on oltava sellainen, ettei se väännä vaaka-antureita, mikä voisi heikentää vaa'an luotettavuutta. Jos mehiläispesänpesän pohja ei sovi suoraan rungon päälle rakenteensa vuoksi, on mahdollista asentaa ylimääräinen levy siten, ettei se heikennä pesän vakautta tai vaa'an mittauksen tarkkuuden.

Anturit

Vaaka-antureiden tulee kestää pesän paino myös loppukesällä, jolloin pesätornin paino on suurimmillaan kertyneen hunajan painosta ja mehiläisten määrästä johtuen. Myös tarhaajien käyttämä kalusto vaikuttaa pesän kokonaispainoon merkittävästi, riippuen siitä, käytetäänkö kevytpesäkalustoa vai eri tavoin rakennettuja puisia laatikoita.

Antureiden on siis kestettävä

- jopa 200 kg kuorma,
- jatkuva rasituksen alla olo,
- ja sääolosuhteet ympäri vuoden.

Edellä mainittujen vaatimusten lisäksi olisi hyvä, että vaaka-antureita tai niitä vastaavia korvaavia antureita on hyvin saatavilla. Tämä parantaa vaa’an huollettavuutta ja siten pidentää sen käyttöikää.

Virrankulutus

Virran on riitettävä vähintään kahdeksi viikoksi, mieluiten koko aktiivisen kauden ajan, eli noin 6 kuukaudeksi. Tämä minimikesto perustuu pesien suositeltuun tarkastusväliin, joka on aktiivisen kauden aikana noin viikko ja aktiivisen tarhauskauden ulkopuolella hieman pidempi, riippuen tarhaajan käytännöistä. Talvikautta ei tässä huomioida.

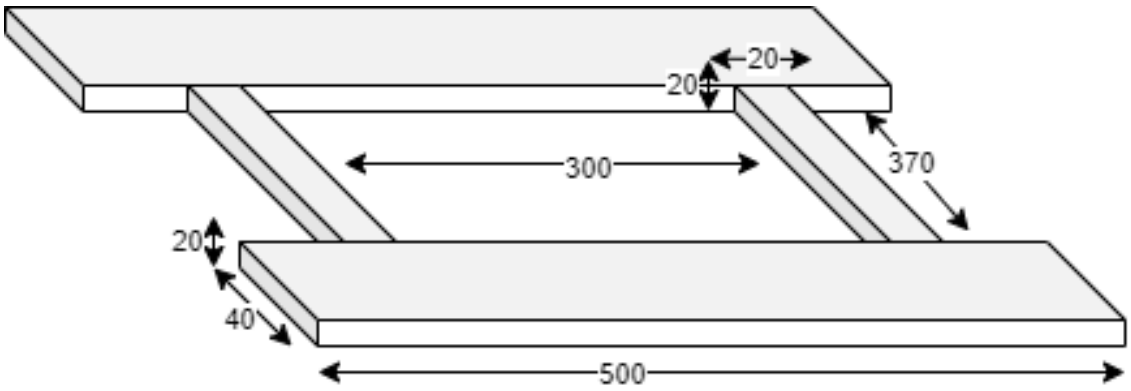
Yleisesti ottaen akun ja elektroniikan on oltava sijoitettu niin, että suurimman osan huollosta voi suorittaa ilman pesän päältä poistamista. Ymmärrettävistä syistä vaaka-antureita ei voi huoltaa ilman suurempaa työtä.

Prototyypissä pääasia on kuitenkin se, että vaakaa päästään testaamaan sen lopullisessa käyttöympäristössä tarhapaikalla ja sen lisäksi pitämään sitä käynnissä mahdollisimman pitkän jakson ajan, jolloin pystyy tarkkailemaan paremmin, ilmeneekö vaa'assa joitain piilevämpiä vikoja. Yllä olevat vaatimukset pätevät enemmän prototyypin seuraavaan vaiheeseen, mutta ne on ehdottomasti hyvä pitää mielessä jo tässä vaiheessa suunnittelua.

4.2 Vaaka

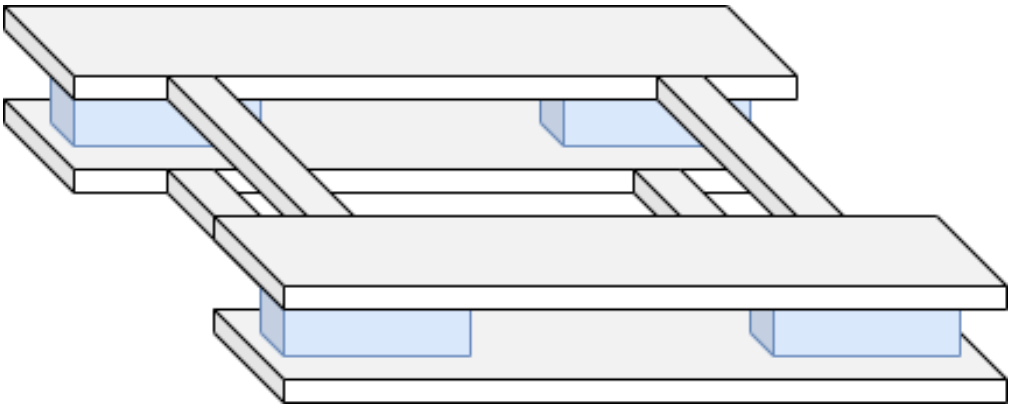
4.2.1 Runko

Riittävän vahvuuden aikaansaamiseksi vaakaan valmistetiin runko metalliputkista, joiden mitta laidoilla on 20 mm x 40 mm x 500 mm (korkeus, leveys, pituus) ja poikittaisissa palkeissa 20 mm x 20 mm x 370 mm. Materiaalivahvuus putkien seinämissä on 1,5 mm. Rungon mitat näkyvät kuviossa 5.



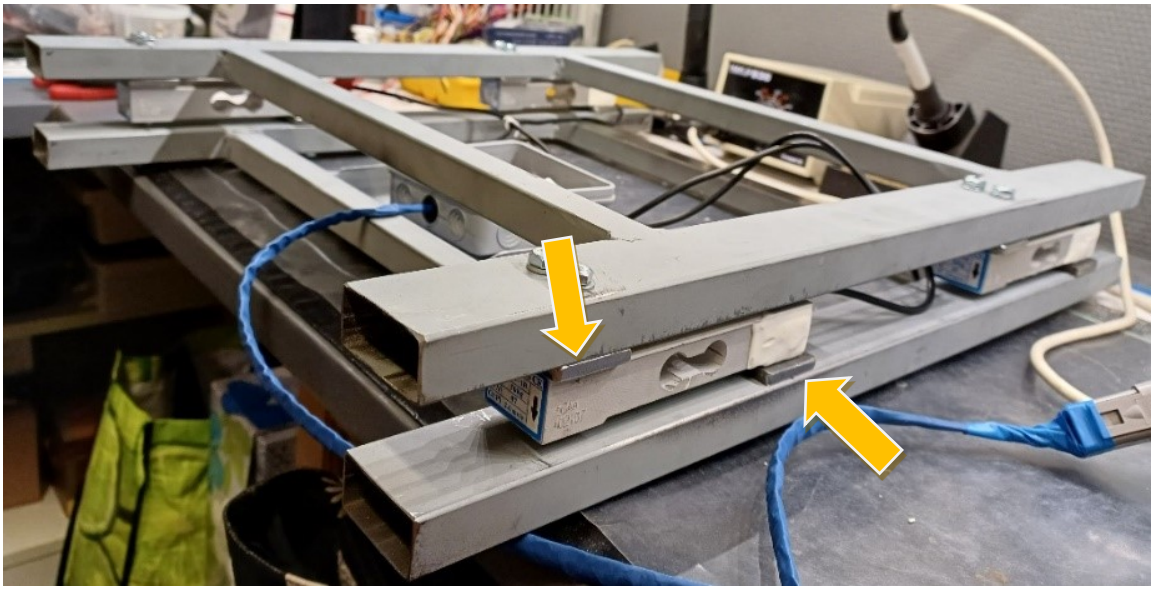
Kuvio 5. Rungon mitat.

Vaakaan tehtiin kuvion mallisia kappaleita kaksi päällekkäin. Alempaan runkokappaleeseen lisättiin teline, johon pienemmän elektroniikkalaatikon sai kiinnitettyä. Näiden kappaleiden väliin sijoitettiin anturit, kuten kuviossa 6.



Kuvio 6. Anturien sijoitus runkokappaleiden väliin

Antureita paikoilleen asentaessa huomioitiin, että niiden on voitava taipua. Rungon kappaleiden tulee myös olla tarpeeksi suoria, jotta ne eivät väännä antureita ja vaikuta siten mittauksiin, heikentäen vaa'an tarkkuutta. Jotta antureille jää tilaa taipua, niiden kumpaankin päähän on lisätty prikat kiinnityspulttien asentamisen yhteydessä. Kuvassa 12 runko on kasattuna ja kuvaan on nuolilla merkattu prikkojen paikat yhden anturin osalta.

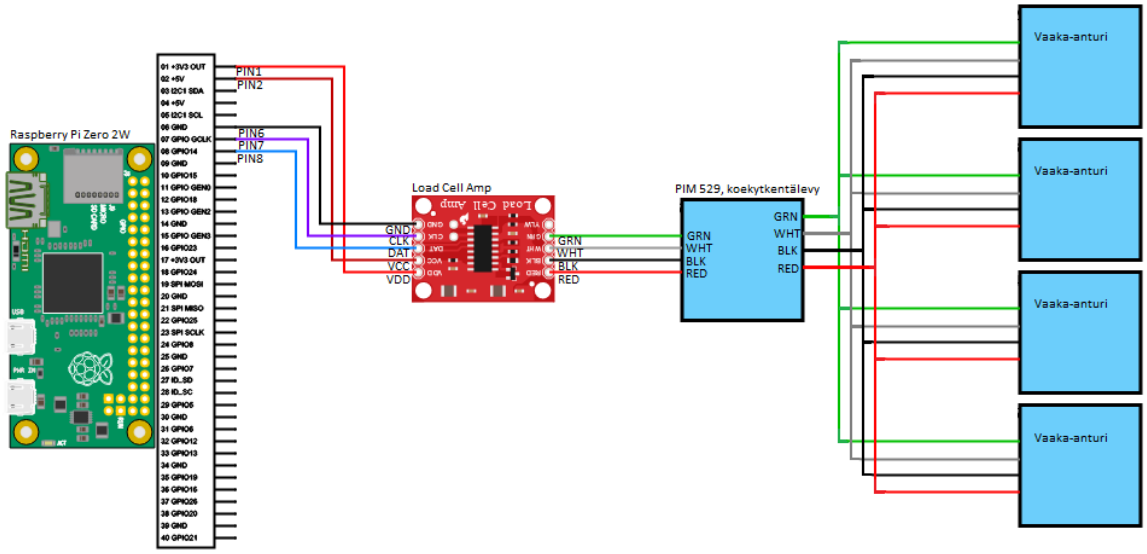


Kuva 12. Anturit asennettu paikoilleen

Tarkempi listaus käytetyistä osista ja materiaaleista löytyy liitteestä 2. Siinä on luetteloituna niin runkoon tarvitut materiaalit, kuin elektroniikan osat.

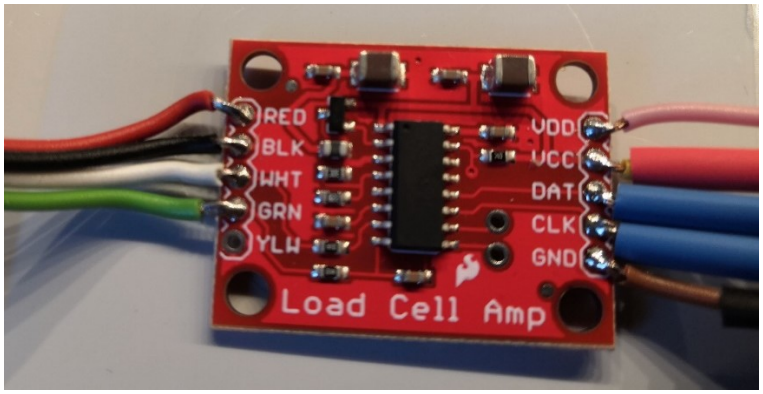
4.2.2 Elektroniikka

Prototyyppi rakennettiin toimimaan Raspberry Zero 2W päällä. Tähän valintaan vaikuttivat ensisijaisesti saatavuus, yleisyys ja sopivuus erilaisten prototyyppien rakentamiseen (Raspberry Pi). Kuviossa 7 näkyy kokonaisuuden kytkennät.



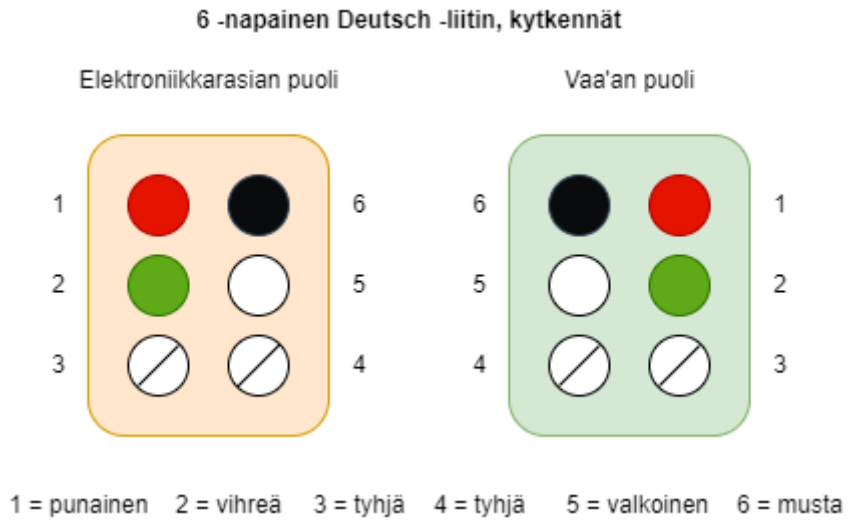
Kuvio 7. Kytkennät Raspberry Pi Zerolta antureille.

Raspberry Pi Zero 2W kanssa isompaan koteloon sijoitettiin myös SparkFun Load Cell Amplifier - HX711, vaaka-antureiden tarvitsema 24 bittinen ADC-muunnin/ vahvistin (kuva 13). Se on suunniteltu varta vasten vaaoille ja täytti vaatimukset, jotka prototyypin komponenteille oli asetettu esimerkiksi toimintalämpötilojen suhteen (Sparkfun c).



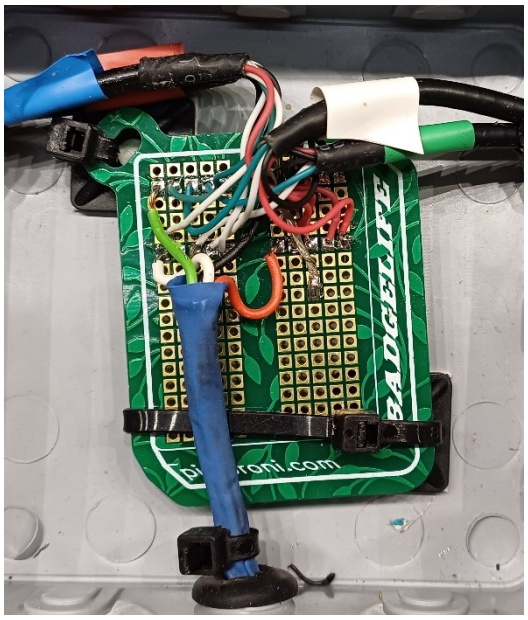
Kuva 13. ADC-muunnin

Vaa'an käytettävyyden ja huollettavuuden maksimoimiseksi sijoitettiin 6-napainen Deutsch-liitin pesien viereen asetettavan suuremman elektroniikkakotelon sekä vaa'an rungon yhteyteen tulevan pienemmän kotelon väliin. Liittimen kytkennät ovat kuviossa 8.



Kuvio 8. Deutsch -liittimen kytkennät.

Tämä ratkaisu tarjoaa joustavuutta tulevaisuudessa, sillä suurempaan koteloon voisi tarvittaessa sijoittaa myös virtalähteen niin, että se on helppo tavoittaa tarpeen vaatiessa, sekä vikatilanteissa ottaa vain pelkkä pääosa elektroniikasta mukaan huollettavaksi. Pienemmässä kotelossa vaaka-anturit kytkettiin yhteen (kuva 14), jotta saatiin vähennettyä suurempaan koteloon vietävien johtojen määrää ja suurin osa elektroniikasta sijoitettua niin, ettei se jää pesätornin alle



Kuva 14. Antureiden kytkentä yhteen

Vaakaan valittiin neljä Seeedin valmistamaa tangonmallista anturia, jotka yksittäin kykenevät mittaamaan painoa 50 kiloon saakka. Neljän anturin käytöllä saatiin vaa'an maksimikantavuudeksi 200 kg, mikä mahdollistaa suurempienkin mehiläispesien punnitsemisen ja tekee vaa’asta kokonaisuudessaan tukevamman verrattuna yhden anturin vaakoihin.

Valitut anturit kestävät myös tilapäistä 50 kg ylittävää kuormitusta ja maksimikuormitus ennen anturin rikkoutumista on 200 %, yksittäisellä anturilla. Lämpötilakompensaatio anturissa on -10 asteesta +40 asteeseen celsiusta, jolloin ulkolämpötilojen pysytellessä tällä välillä ei pitäisi suurta virhettä punnitustuloksissa ilmetä. Vaaka-antureiden tekniset tiedot ovat liitteessä 3.

4.2.3 Virtalähde

Prototyypin virtalähteenä käytettiin auton akkua ja aurinkoenergiaa hyödyntävää järjestelmää. Tulevissa versioissa olisi parempi vaihtaa tilalle pieni akku, joka olisi helposti ladattavissa tarhakäynnin yhteydessä esimerkiksi varavirtalähteestä tai vaihdettavissa toiseen akkuun, joka on valmiiksi ladattu.

Auton akku virtalähteenä on turhan painava ja vaikeasti ladattava erityisesti tilanteissa, joissa vaaka sijoitetaan pihapiirin ulkopuolelle. Tällainen akku kasvattaisi vaa'an

kokonaispainoa ja kokoa tarpeettomasti. Lisäksi suuren akun sijoittaminen asiallisesti koteloituna pesien läheisyyteen olisi haasteellista.

Käytetyt vaihtoehdot mahdollistivat kuitenkin vaa'an testaamisen ulkona lyhytaikaisesti ja myös pidemmän, noin kuukauden mittaisen, koejakson sisätiloissa. Sisällä vaakaa käytettäessä keskeistä oli varmistaa jatkuva virransaanti ja helppo mahdollisuus säätää päällä olevaa painomäärää.

4.2.4 Muut anturit

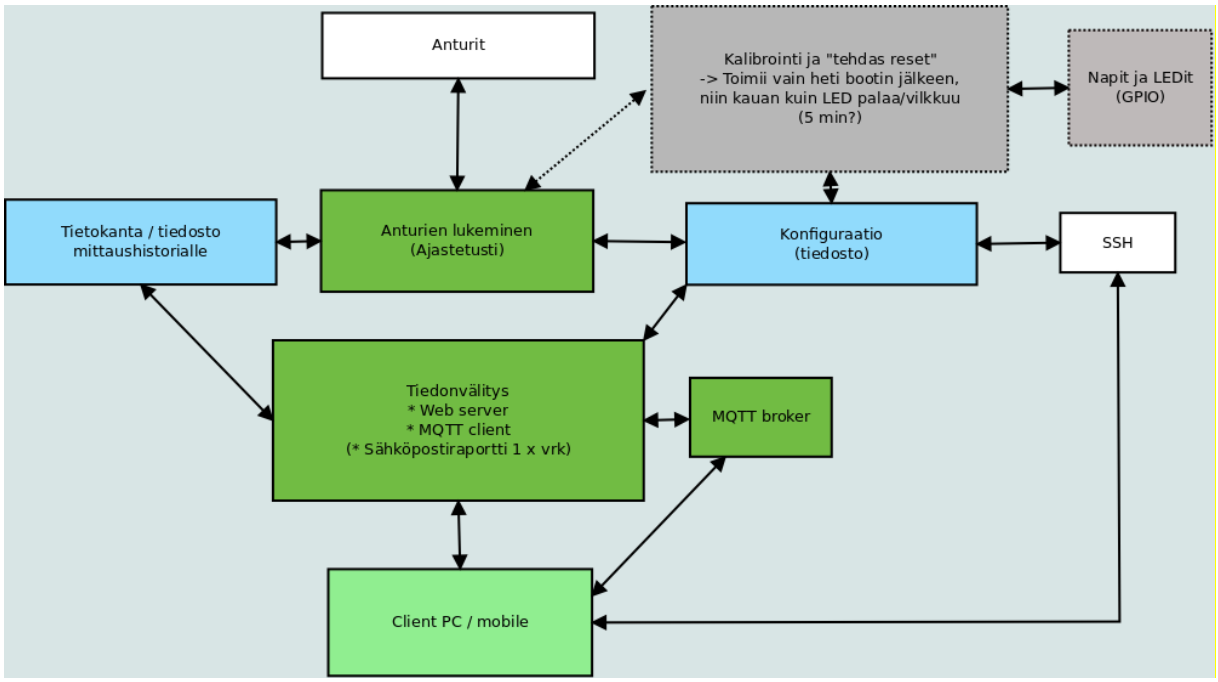
Lämpötilan mittaaminen pesän sisältä ja tarhapaikalta sekä ilmankosteus ja sademäärä voisi tarjota mehiläistarhaajalle hyödyllistä tietoa, jonka avulla voisi ennustaa kauden etenemistä ja vertailla nykyistä kautta aiempiin. Esimerkiksi tietämällä edellisten kausien sääolosuhteet ja saadun hunajamäärän, mehiläistarhaaja voisi arvioida nykyisen kauden hunajakertymää säätietojen ja ennusteiden perusteella.

Vaikka nämä ominaisuudet eivät ole välttämättömiä vaa'an toiminnan kannalta, prototyypissä on otettu huomioon tila ja läpiviennit mahdollisia lisäominaisuuksia varten. Näiden ominaisuuksien lisääminen prototyyppiin myöhemmin on teknisesti mahdollista ja suunniteltuihin käyttöliittymiin integroiminen ongelmatonta.

4.3 Ohjelmisto ja käyttöliittymä

Ohjelmisto

Ohjelmisto vaakaan toteutettiin pääasiassa Python -ohjelmointikielellä. Pythonista löytyi useita valmiita esimerkkikirjastoja, jotka mahdollistivat vaaka-antureiden tietojen lukemisen, ja näiden pohjalta oli hyvä kehittää vaakaan sopivat ominaisuudet. Lisäksi ohjelmistossa hyödynnettiin MQTT-protokollaa Paho-kirjaston avulla ja verkkosivusto toteutettiin Flaskilla. Ohjelmiston toimintaa havainnollistaa kooditasolla kuvio 9:ssä esitetty kaavio.



Kuvio 9. Ohjelmiston toiminnan kuvaus

Ohjelmistossa antureilta luetaan painotietoja halutuin väliajoin ja tallennetaan ne tietokantaan, josta muut palvelut voivat lukea ne. Tiedonsiirto on toteutettu kahdella tavalla, webserveri ja MQTT client. Molemmat toimivat samalla Raspberry Pi Zero 2W kuin koko vaaka antureineen. MQTT client lähettää tiedot MQTT brokerille, josta tiedot välitetään nähtäväksi Home Assistanttiin.

Vaakaan on mahdollista saada yhteys myös SSH:n välityksellä, mikä mahdollistaa muun muassa vaa’an toimintaan vaikuttavat muutokset koodin tasolla. SSH-yhteyden avulla voidaan myös muuttaa konfiguraatiotiedoston parametreja.

Kuvion harmaat laatikot on vielä jätetty toteuttamatta tässä vaiheessa, mutta ne on lisätty kuvaan, koska nämä ominaisuudet (fyysiset painonapit ja merkkivalot) lisäisivät yhden tärkeän kommunikointikanavan ja helpottaisivat erityisesti vaa’an kalibrointia tarhapaikalla, jossa tarhurilla ei välttämättä ole aina lisälaitteita saatavilla.

Käyttöliittymä

Vaa'an kanssa kommunikointiin luotiin myös selaimessa toimiva käyttöliittymä ja MQTT-integraatio Home Assistantiin. Selaimessa toimivalla sivulla käyttäjä pääsee ilman kirjautumista tarkistamaan vaa’an sen hetkisen painon sekä kerran tunnissa tallennetun painotiedon (kuva 15).

Kuva 15. Selaimessa toimivan käyttöliittymän pääsivu

Konfiguraatiosivulta (kuva 16) pääsee asettamaan muun muassa verkko-osoitteet ja hallitsemaan käyttäjätietoja, kuten salasanaa. Sivun kautta voi myös asetettaa vaa'an mittaustuloksiin vaikuttavat reference unitin ja offsetin, jos tulee tarvetta näitä hienosäätää. Näin loppukäyttäjän ei tarvitse koskea koodiin tai ymmärtää sen toimintaa.

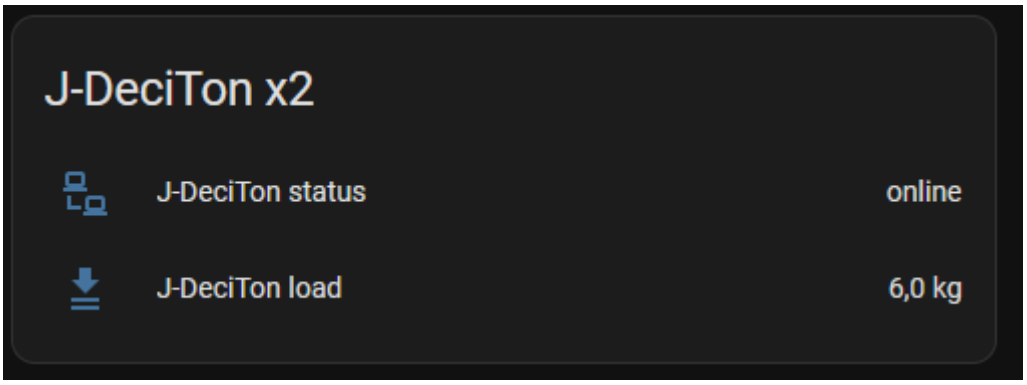
Kuva 16. Konfiguraatio-sivu

Sivut on toteutettu käyttämällä *Pythonin Flask*-kirjastoa sekä lisäksi HTML- ja CSS -kieliä. Flask on suunniteltu helpottamaan web-sovellusten kehittämistä tarjoamalla selkeän ja

yksinkertaisen tavan rakentaa verkkosivuja ja web-sovelluksia. Flask tukee HTML-pohjien käyttöä, mikä mahdollistaa dynaamisten sivujen luomisen.

Flask on alkujaan pieni, mutta se tarjoaa laajan valikoiman laajennuksia, joiden avulla voi helposti lisätä toiminnallisuutta sovelluksiin. Laajennukset kattavat esimerkiksi tietokantayhteydet, käyttäjäautentikaation, lomakkeet ja paljon muuta.

Home Assistantissa näkyy vaa'an tila (online/ offline) sekä paino. Painosta saa myös näkyviin graafin valitsemaltaan aikaväliltä. Perusnäkymä vaa'an tiedoista, joka on asetettu Home Assistantin etusivulle, on kuvassa 17.



Kuva 17. Home Assistant integraatio

Home Assistant on avoimen lähdekoodin kotiautomaatio ympäristö, joka on suunniteltu mahdollistamaan älykodin hallinta ja automaatio. Sovellus on saavuttanut suosiota kotiautomaation harrastajien ja asiantuntijoiden keskuudessa sen monipuolisten ominaisuuksien ja laajan laitteiden ja palveluiden tuen ansiosta. Avoin lähdekoodi mahdollistaa yhteisön osallistumisen kehitysprosessiin. Home Assistantin takana on aktiivinen ja laaja yhteisö, joka tarjoaa tukea ja jakaa tietoa keskustelufoorumeilla, keskustelualueilla ja muissa kanavissa.

Home Assistant tarjoaa myös sisäänrakennetun MQTT-integraation, joka mahdollistaa laitteiden lisäämisen ja konfiguroinnin MQTT:n avulla. Home Assistantin konfiguraatiotiedostot (yleensä YAML-tiedostoja) käytetään määrittämään MQTT-integraatio ja siihen liittyvät laitteet ja automatisoinnit.

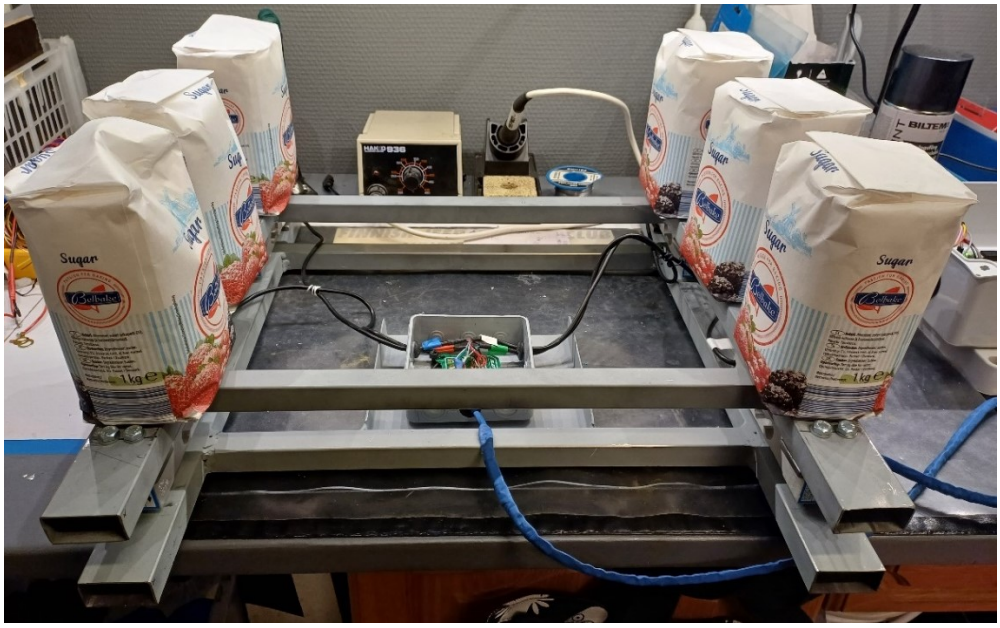
Home Assistant voidaan asentaa eri alustoille, kuten Raspberry Pi:lle, Linux-palvelimille ja Docker-kontteihin. Sovellus on skaalattavissa, mikä mahdollistaa sen käytön niin pienissä kotiautomaatioissa kuin laajemmissa asennuksissa.

4.4 Testaus

Testausprosessissa tarkasteltiin kokonaisuutta ensin osa-alue kerrallaan. Aluksi arvioitiin silmämääräisesti komponenttien kuntoa ja kytkentöjen oikeellisuutta, hyödyntäen niistä löytyviä datalehtiä ja muuta olemassa olevaa dokumentaatiota.

Seuraavissa testausvaiheissa tarkasteltiin järjestelmän toimivuutta virrat päällä sekä elektroniikan osalta, että ohjelmiston oikeanlaisen toiminnan osalta. Osa kytkennöistä oli tehty ensin koekytkentälevylle ennen lopullisten kytkentöjen tekemistä. Testauksessa kiinnitettiin erityistä huomiota osakokonaisuuksien sijoitteluun ja kotelointiin, varmistaen niiden suojauksen kosteudelta, lialta ja mekaanisilta vaurioilta. Kaikki kotelot ovat ulkotiloihin soveltuvia ja läpiviennit on tiivistetty tarkoitukseen tehdyillä läpivientikumeilla. Isompaan koteloon tehtiin myös valmiiksi läpiviennit myöhemmin lisättäviä osia, kuten lämpötila-anturia, ajatellen.

Testauksessa pyrittiin ottamaan huomioon myös se seikka, että tarkistettuja punnuksia ei ollut käytettävissä vaa'an kalibrointiin. Ohjelmiston testauksen yhteydessä vaa'an tarkkuutta säädettiin ja testattiin erilaisilla painoilla, kuten kuvassa 18 näkyvillä 1 kg sokeripusseilla sekä eri kokoisilla painonnostotankoon sopivilla painoilla.



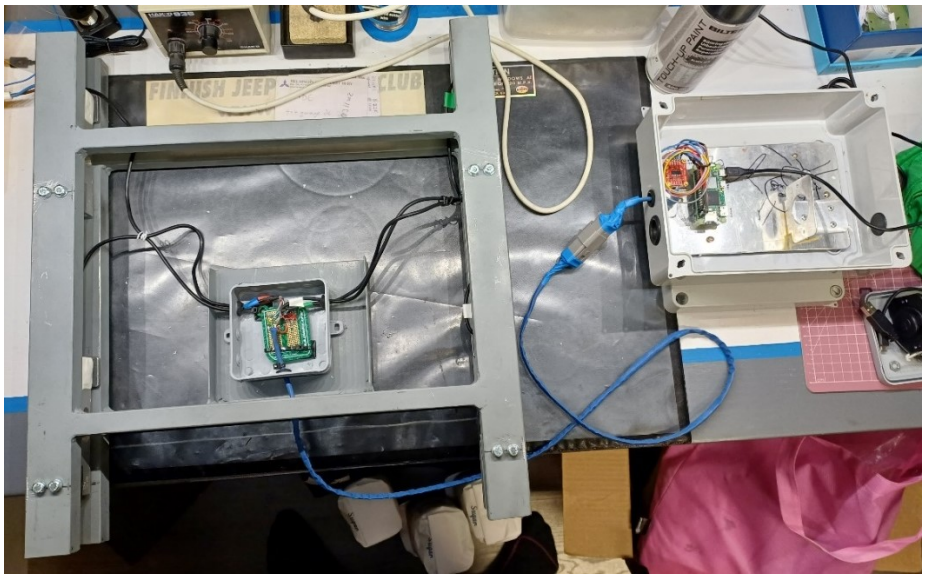
Kuva 18. Vaa'an testausta painoilla

Vaakaa pidettiin testien yhteydessä päällä useamman viikon ajan, vaihdellen kuormana olevaa painoa, jotta voitiin tarkastella sen toimintavarmuutta pidemmällä aikavälillä.

Suurempia painoja lisättäessä vaa'an päälle asetettiin mehiläisten ruokintalaatikko. Näin painot pysyivät paikoillaan. Koekäytön aikana ei ilmennyt vikoja, kuten osien ylikuumenemista, virheellisiä tuloksia painomittauksissa tai komponenttien rikkoutumisia.

4.5 Valmis vaaka

Projektin aikana saatiin kasattua 100 gramman tarkkuudella punnitseva vaaka, joka näiden lyhyehköjen testausten pohjalta on rakenteeltaan tukeva painavammankin kuorman alla. Neljällä anturilla toteutettuna vaaka on rungoltaan vakaa, se ei pääse kallistelemaan, vaikka päälle kertyvä paino olisi kerääntynyt epätasaisesti. Vaa'an (kuva 19) tarkkuutta olisi myös mahdollista parantaa, mikäli saisi lainattua käyttöön viralliset punnukset.



Kuva 19. Vaaka kokonaisuudessaan, elektroniikkarasiat avoinna

Vaakaa päästiin testaamaan myös mehiläistarhalla lyhyen hetken ajan (kuva 20). Testijaksolle osui myös huonompia kelejä, joten päästiin toteamaan, että koteloinnit oli suoritettu säänkestävästi näiltä osin. Tämän jälkeen testausta jatkettiin sisätiloissa käytännöllisyyden vuoksi. Sisällä pystyi hallitsemaan päällä olevaa painoa häiritsemättä mehiläisten elämää.

Kuva 20. Vaaka keskimmäisen mehiläispesän alla

Kokonaisuuteen saatiin myös toteutettua esimerkin omaisesti pari erilaista käyttöliittymää. Näistä etenkin Home Assistantissa näkyvä lopputulos on itselle hyödyllinen, sillä siellä on runsaasti talouden muutakin tietoa saatavilla ja hallittavissa. Home Assistant on myös melko yleisesti käytössä kotiautomaatiota harrastavien henkilöiden parissa, joten tehdystä integraatiosta saattaa olla myöhemmin iloa muillekin harrastajille.

Selaimessa toimiva käyttöliittymä antaa paremmat mahdollisuudet hallita vaa’an ominaisuuksia sekä tarkkailla painon kertymistä pidemmällä aikavälillä ja palvelee siten parhaiten suurinta osaa mahdollisista käyttäjistä.

Ainoa kohta, jossa ei kunnolla päästy alkuperäisiin tavoitteisiin on kokonaisuuden virrankulutus. Tätä ei ole vielä testattu kunnolla, joten ei ole varmuutta siitä, kuinka suuri akku vaa-alle kannattaisi valita. Etenkin näiltä osin vaa'an kehitystä ja testausta on jatkettava ennen kuin siirrytään kokoamaan seuraavaa paranneltua ja mahdollisesti ulkopuolisille koekäyttäjille luovutettavaa versiota.

5 Yhteenveto ja pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa valmiita vaakasovelluksia, niiden toteutustapoja ja käyttökokemuksia havaintotarhaajien näkökulmasta. Työssä hyödynnettiin tietolähteinä Suomen Mehiläishoitajain Liittoa, mehiläistarhureita sekä vaakojen valmistajia. Suomen Mehiläishoitajain Liitto toimi olennaisena linkkinä mehiläistarhureiden ja muiden asiantuntijoiden välillä.

Työssä tutkittiin eri hintaluokkien kokonaisuuksia, jotka vaihtelivat täysin valmiista kaupallisista tuotteista, ohjeiden pohjalta itse rakennettaviin vaakoihin. Tavoitteena oli kerätä mahdollisimman monipuolinen näkemys erilaisten toteutusten toimivuudesta. Joukossa oli vaakamalleja, jotka olivat olleet liiton jäsenten käytössä, ja näistä saatiin arvokasta käyttäjäkokemustietoa.

Kerätyn tiedon perusteella arvioitiin, millainen vaaka olisi optimaalisin Suomen Mehiläishoitajain Liiton ja yleisesti suomalaisen vaakapesätarhaajan tarpeisiin. Lisäksi pohdittiin, voisiko jo markkinoilla olevista vaihtoehdoista löytyä sopiva ratkaisu ja koottiin mehiläispesän alle soveltuvan vaa'an prototyyppi, joka vastaa pääpiirteittäin annettuja vaatimuksia.

Tutkimus antoi arvokasta tietoa vaakasovellusten nykytilasta ja tarpeista, ja sen tulokset voivat toimia hyvänä pohjana tuleville kehitysaskeleille kotimaisen vaakateknologian parantamiseksi. Jatkotoimenpiteinä voisi harkita laajempia käyttäjäkokeita, prototyypin kehitystä paremmin vaatimuksia vastaavaksi tai mahdollista yhteistyötä vaakojen valmistajien kanssa.

Lähteet

Arnia. 2023. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://www.arnia.co/product-page/arnia-pro-scale

Bee2Beep. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa https://bee2beep.com/en/produit/the-connected-balance-for-hive_nb-iot-lte-m-bee2beep/

Beehive monitoring. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa https://www.beehivemonitoring.com/en/home/221-beekeeping-hive-scale-3m-8588007887029.html

Beep. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa https://beep.nl/index.php/measurement-system-2

BeeWatch. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa http://beewatch.de/?lang=en

B-GOOD. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://b-good-project.eu/about

Bluetooth. 2023. Bluetooth Technology Overview. Viitattu 15.11.2023. Saatavissa https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/

Broodminder. 2023. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://broodminder.com/collections/all-products/products/broodminder-w

DigiKey. Viitattu 2.12.2023. Saatavissa https://www.digikey.fi/fi/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life

DNA. Viitattu 17.7.2023. Saatavissa https://www.dna.fi/kuuluvuuskartta

Elfadistrelect. 2023. Viitattu 28.11.2023. Saatavissa https://www.elfadistrelec.fi/fi/tad220-suora-tankomallinen-kuorma-anturi-10kg-sparkfun-electronics-sen-13329/p/30145506?cq_src=google_ads&cq_cmp=17726976400&cq_con=&cq_term=&cq_med=pla&cq_plac=&cq_net=x&cq_pos=&cq_plt=gp&gclid=CjwKCAjw-7OlBhB8EiwAnoOEk8mew3WK8p5XKyPsJ1GzzXt21n_tJfE-8ZKnoKucuF-EDbmRHeVyjhoCdEkQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds

Elisa. Viitattu 17.7.2023. Saatavissa https://elisa.fi/kuuluvuus/

Flener, C. 2023. Hankekoordinaattori. Suomen Mehiläishoitajain liitto ry. Haastattelu 22.6.2023.

HoneyPi. HoneyPi – beehive scale. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa https://honey-pi.de/en/

Honey Road. Travel along the honey road. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa rajoitetusti https://www.instagram.com/honeyroad/

Inkinen, Manninen, Tuohi. 2003. Momentti 2 insinöörifysiikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

Larmia, Juha. 2013. Web-sovellus mehiläispesien vaakadatan keräämiseen ja tarkasteluun. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59294/Insinoorityo_Larmia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LoRa Alliance. What is LoRaWAN® Specification. Viitattu 16.11.2023. Saatavissa https://lora-alliance.org/about-lorawan/

Lyson. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://lyson.eu/other-equipment/3816-beehive-scale-classic-5903661516024.html

Mehiläishoitajien keskusteluryhmä a, Facebook. Kysely 2023. Viitattu 27.11.2023. Ei saatavissa.

Mehiläishoitajien keskusteluryhmä b, Facebook. Kysely 2023. Viitattu 12.12.2023. Ei saatavissa

Mesimestari. Honey Paw -tuuletuspohja. Viitattu 29.11.2023. Saatavissa https://www.mesi.fi/tuote/honey-paw-tuuletuspohja/

OpenHiveScale. A mechanical and opensource scale for remote beehive monitoring. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa http://www.openhivescale.org/

Ruottinen, Ollikka, Heikkinen, Seppälä. 2006. Mehiläishoitoa käytännössä osa 1. SML ry. Mikkeli: AO-Paino

Semtech. What are LoRa and LoRaWAN?. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan

Sparkfun a. Getting Started with Load Cells. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells/all

Sparkfun b. Viitattu 2.12.2023. Saatavissa https://www.sparkfun.com/products/10245

Sparkfun c. 4-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://cdn.sparkfun.com/assets/b/f/5/a/e/hx711F_EN.pdf?_gl=1*1mulfla*_ga*NzU5MjY3NzA5LjE2OTY2Nzk2MDE.*_ga_T369JS7J9N*MTcwMTYzMTUzNC45LjEuMTcwMTYzMTU4Ny43LjAuMA..

Suomen mehiläishoitajain liitto a. Vaakapesät – tietoa kesän hunajasadosta. Viitattu 1.12.2023. Saatavissa https://hunaja.net/mehilaistarhaus/havaintotarhaus/vaakapesat/

Suomen mehiläishoitajain liitto b. Tilastotietoja mehiläisalalta. Viitattu 1.12.2023. Saatavissa https://hunaja.net/kysy-meilta/medialle/tilastotietoja-mehilaisalalta/

Suomen mehiläishoitajain liitto c. Muita mehiläistuotteita. Viitattu 1.12.2023. Saatavissa https://hunaja.net/hunajatietoa/muut-mehilaistuotteet/

Raspberry Pi. Raspberry Pi Zero 2 W. Viitattu 1.12.2023. Saatavissa https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-zero-2-w/

Telia. Viitattu 17.7.2023. https://www.telia.fi/asiakastuki/kuuluvuuskartta

Texsas Instruments a. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://www.ti.com/lit/an/sbaa532/sbaa532.pdf?ts=1701547049625&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FADS131M08

Texas Instruments b. Bridge Measurement Systems. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa https://www.ti.com/lit/ml/slyp163/slyp163.pdf?ts=1701612729496&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

Traficom. 2021. Matkaviestinverkon toimivuus. Viitattu 30.11.2023. Saatavissa https://www.traficom.fi/fi/viestinta/laajakaista-ja-puhelin/matkaviestinverkon-toimivuus

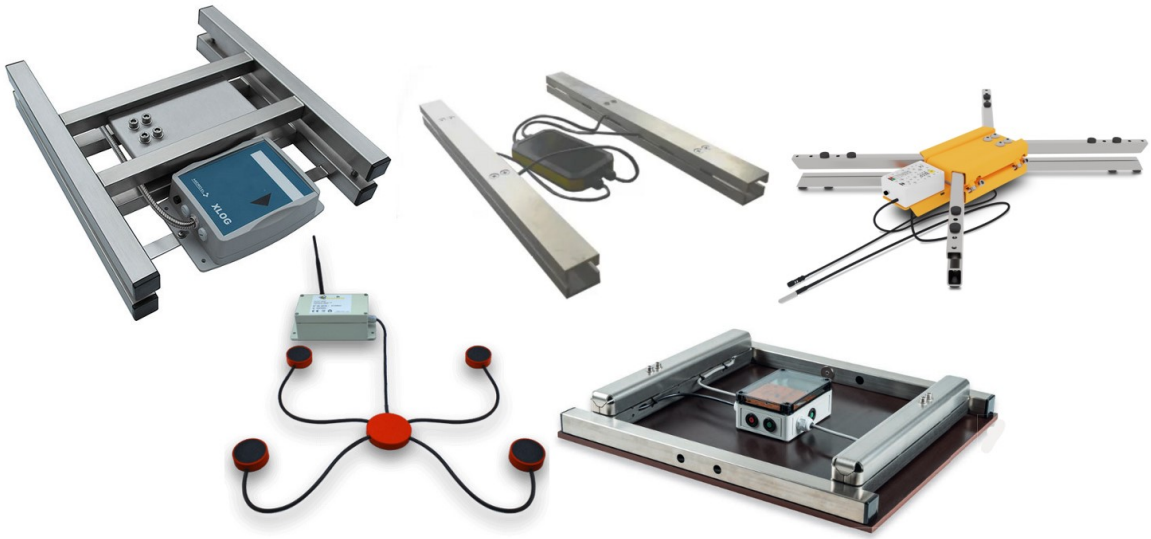
Wi-Fi Alliance. Discover Wi-Fi. Viitattu 10.11.2023. Saatavissa https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi

Wolfwagen. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa https://www.wolf-waagen.de/wp-content/uploads/2022/03/Brochure_EN_web.pdf

XLOG a. Viitattu 3.12.2023. Saatavissa http://www.xlogbeescale.com/xlogbee.html

XLOG b. Viitattu 25.11.2023. Saatavissa http://www.xlogbeescale.com/addequipment.html

Liite 1. Mehiläispesävaakojen runkorakenteita



Erilaisia vaakojen runkorakenteita (XLOG b, Bee2Beep, Beehive monitoring, Wolfwagen, Beep)

Liite 2. Vaa’an tarvikelistaus

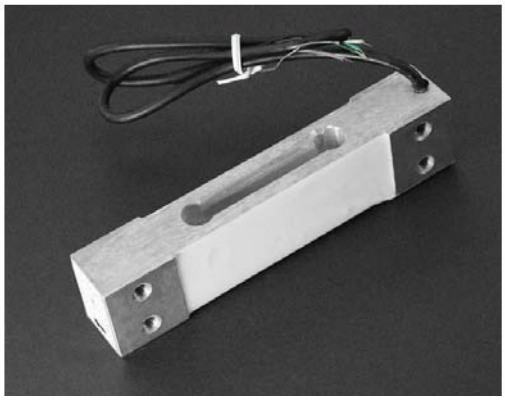
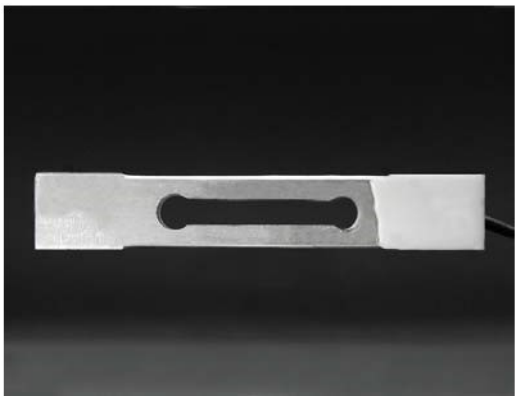
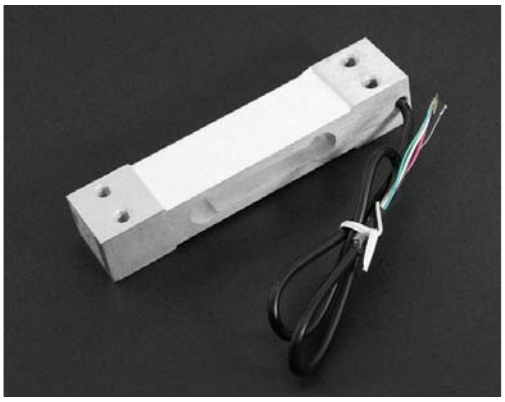
Listattuna vaa’an tekemisessä käytetyt tarvikkeet ja määrät oleellisimmilta osin.

Tarvike	Määrä
Raspberry Pi Zero W2	1
SparkFun HX711 -vahvistin	1
Vaaka-anturi	4
Protolevy	1
Deutsch -liitin, 6-napainen	1
Kotelo	2
Koteloiden läpivientien tiivisteet	5
Johdot	
Tupakansytytin -liitin	1
Runkoputket	2
Metallilevy	
Pultit, mutterit, prikat	
Kutistesukat, eri kokoja	
Maalit	2

Liite 3. Vaaka-anturin tekniset tiedot

Weight Sensor (Load Cell) 0-50kg

SKU 114990100

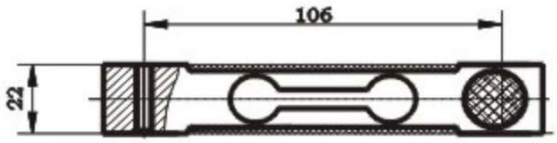
Description

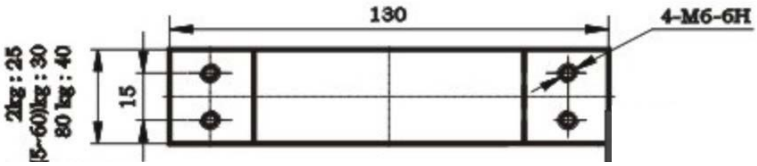
Introduction：

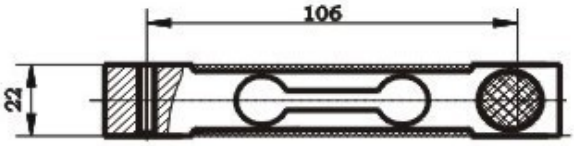
Applicable to electronic scale, price computering scale, electronic platform scale, digital scale; parcel post scale, electronic balance and all varieties of commercial scales by single load cell.

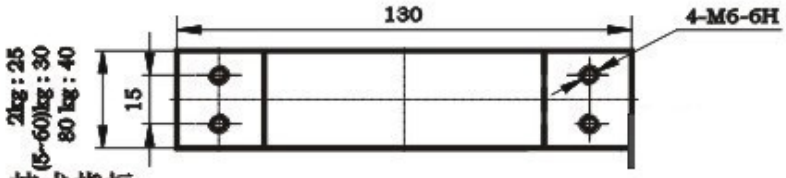
Specification：

- Capacity: 50KG
- Rated output(MV/V): 2.0±0.15
- Accuracy class: C2
- Maximum number of laod cell verification intervals(N max): 2000
- Minimum number of laod cell verification intervals(Vmin): EMax/5000
- Combined erro(%RO): <±0.030
- Creep(%RO/30min): 0.03
- Temperature effect on sensitivity(%RO/°C): 0.0016
- Temperature effect on zero(%RO/°C): 0.003
- Zero balance(%RO): 1.0
- Input resistance(Ω): 402±6
- Output resistance(Ω): 350±3
- Insulation resistance(MΩ<50V>): 5000
- Recommended excitation voltage(V): 10~15
- Compensated temperature range(°C): -10~+40
- Operating temperature range(°C): -35~+80
- Safe overload(%RO): 150
- Ultimate overload(%RO): 200
- Load cell material: Aluminium
- Plafform size: 350x350mm
- Connecting cable: ø4.2x350mm
- Method of connecting wire: Red(+),Black(-),Green(+),White(-)









技术指标

应　用	Application		计价秤 Price computing scales	
型　号	Model		YZC-1B	
量　程	Capacity	Kg	2、3、5、6、8、10、30、35、40、50、60、80	
输出灵敏度	Rated output	MV/V	2.0±0.15	
精度等级	Accuracy class		C2	C3
最大检定分度数	Maximum number of verification intervals	n_{max}	2000	3000
最小检定分度值	Minimum load cell verification intervals	V_{min}	$E_{Max}/5000$	$E_{Max}/7500$
综合误差	Combined erro	%RO	≤ ±0.030	≤ ±0.020
蠕　变	Creep	%RO/30min	0.03	0.0167
温度灵敏度漂移	Temperature effect on sensitivity	%RO/℃	0.0016	
温度零点漂移	Temperature effect on zero	%RO/℃	0.003	0.002
零点平衡	Zero balance	%RO	±1.0	
输入阻抗	Input resistance	Ω	402±6	1066±10
输出阻抗	Output resistance	Ω	350±3	1000±10
绝缘电阻	Insulation resistance	MΩ（50V）	5000	
推荐激励电压	Recommended excitation voltage	V	10～15	
温度补偿范围	Compensated temperature range	℃	-10～+40	
工作温度范围	Operating temperature range	℃	-35～+80	
安全超载能力	Safe overload	%RO	150	
极限超载范围	Ultimate overload	%RO	200	
传感器材料	Load cell material		铝合金　Aluminium	
推荐台面尺寸	Plafform size		350X350	
接线电缆	Connecting cable		Ø 4.2X350mm	
接线方式	Method of connecting wire		红输入（+）黑输入（-）绿输出（+）白输出（-）	