

Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Műszertechnikai és Automatizálási Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

HULLADÉKKEZELÉS OKOS MEGOLDÁSOKKAL

Szerzők: **Majoros Márk**
villamosmérnök BSc. szak, III. évf.

Kelemen Gergő
villamosmérnök BSc. szak, III. évf.

Konzulens: **Sándor Tamás**
mestertanár

Budapest, 2021.

Tartalom

1. Bevezetés	2
2. Hulladék helyzet Magyarországon	3
2.1. A hulladékgazdálkodás törvényi szabályozása	3
2.2. A Magyarországon alkalmazott hulladékkezelési módszerek	4
2.3. Szelektív hulladékgazdálkodás Magyarországon	6
3. Problémák és megoldások	8
3.1. A hulladékszállítás optimalizálása	8
3.2. A hulladék válogatása	9
4. Létező okos hulladéktároló megoldások	10
4.1. Köztéri felhasználásra szánt eszközök	10
4.1.1. Smartup Cities	11
4.1.2. Ecube Labs	11
4.1.3. Evo Eco	12
4.1.4. Sensoneo	12
4.1.5. Bin-e	12
4.1.6. Waste Hero	12
4.2. Háztartási célra szánt eszközök	13
4.2.1. Townew	13
4.2.2. Bin-e	13
4.3. Konklúzió	14
5. Az okos kuka	14
5.1. Az eszközzel szemben támasztott elvárások	14
5.2. Az eszközt felépítő modulok	16
5.2.1. Mikrokontroller	16
5.2.2. Mérőcella	17
5.2.3. Ultrahangos távolságmérő	18
5.2.4. OLED kijelző	18
5.2.5. WiFi modul	19
5.3. A kukát működtető szoftver	19
5.3.1. Mérőcella	20
5.3.2. Ultrahangos távolságmérő	20
5.3.3. OLED kijelző	21
5.3.4. WiFi modul és kommunikáció	21
5.4. Az elkészült okos kuka	22
6. Összegzés	25
Irodalomjegyzék	26
Ábrajegyzék	28

Mottó: „A múzeumok a múltat őrzik meg,
a hulladékfeldolgozók a jövőt.”

Tamara Ansons

1. Bevezetés

Napjaink egyik legégetőbb és legtöbbször hallott problémája a környezetvédelem és a fenntartható fejlődés. Általános iskolában és a gimnáziumi évek alatt is többször találkoztunk a környezetvédelem témájával, így az egyetemünk által biztosított tudásunkkal felvértezve próbálunk most tenni a környezetszennyezés ellen. Lakóhelyünk térségében több illegális hulladéklerakóval találkozunk, az egyetemünk körzete is, a rendszeres napi takarítás ellenére, gyakran szemetes, a kukák csordultig telítve vannak. Ezeket látva gondolkodtunk el a hulladéktárolók hatékonyabb ürítésén, a hulladék szemételepre vezető útján, illetve a szelektív hulladékgyűjtés menetén. E kérdéseket boncolgatva jutottunk el arra a felismerésre, hogy építenünk kellene egy „okos kukát”.

A Föld lakossága az utóbbi 70 évben több mint háromszorosára nőtt. [1] A népességnövekedéssel, illetve az életszínvonal növekedésével a világ hulladéktermelése is ugrásszerűen megnőtt. A szemét nagy részét napjainkban nem a fejlődő, hanem a fejlett országok szolgáltatják, méghozzá a magas életszínvonal következményeként. A lakosságarányos statisztikák szerint az Amerikai Egyesült Államok a világ hulladéktermelésének közel 12%-át adja, míg a nála négyszer több lakossal rendelkező Kína „csak” 15,5%-át termeli a világ hulladékának. A listán sereghajtó ország a dinamikusan fejlődő Etiópia. [2] De a szemét mennyiége még nem minden. Nagyon fontos az is, hogy az adott ország milyen mértékben elkötelezett a környezettudatosság mellett, kormánya mennyire támogatja az újrahasznosítást. Ezen a fronton kiemelkedő teljesítményt nyújt Németország, ahol a keletkezett szemét 68%-át újrahasznosítják, így védve a környezetet. Az USA ebben a mutatóban is jelentősen alulmarad a többi fejlett államhoz képest, mivel az országban a szelektív hulladékgyűjtés alig ismert, a szemét java része pedig a súlyosan környezetkárosító égetőkben landol. [2] A már említett problémák okán a hulladékkezelés minden eddigénél nagyobb hangsúlyt kell, hogy kapjon napjainkban, hiszen a helyzet egyre csak súlyosbodik.

De valójában van-e létjogosultsága az okos hulladékkezelésnek? A válaszhoz a Smart Cityk (okos városok) területén kell kutakodtunk. Az okos városok működésének egyik alapelve a megtakarítás. A városok előjárói csak arra hajlandóak pénzt adni, ami településük számára valamilyen anyagi vagy jóléti haszonnal jár. Nincs ez másképp a hulladékgazdálkodás terén sem. Megoldási kísérletünkben ezért kívántuk segítségül hívni a napjainkban zajló negyedik

ipari forradalom egyik legfontosabb vívmányát az IoT (Internet of Things) technológiát. A folyamatosan fejlődő, kis energiaigényű, és már meglévő vagy olcsón kiépíthető technológián alapuló kommunikációs rendszerek segítségével kis költségű, nagy tömegben gyártható szenzor modulokat tudunk fejleszteni, amelyek rengeteg adatot begyűjtenek, azok segítségével pedig egyszerűen optimalizálhatjuk a szolgáltatások működését, például esetünkben a hulladék gyűjtését és annak elszállítását is. Ezen szempontok mentén dolgoztuk ki saját okos hulladékkezelési megoldásainkat, és alkottuk meg a saját „okos kukánkat”.

2. Hulladék helyzet Magyarországon

2.1. A hulladékgazdálkodás törvényi szabályozása

Mint az élet minden területét, így a hulladékgazdálkodást is törvények és rendeletek szabályozzák. Ezen szabályok betartása és betartatása biztosítja, hogy otthonainkból és köztereinkről a hulladék díj ellenében rendszeres időközönként elszállításra kerüljön a területen illetékes hulladékkezelő cég által. Magyarországon a hulladékkezelés „alaptörvénye” A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény [3], ezen rendelkezés határozza meg a hulladékkezelés alapfogalmait, rögzíti a hulladékgazdálkodó vállalatok feladatait, a lakossági és egyéb hulladékgyűjtést, illetve meghatározza A hulladékjegyzékről szóló 7/2013. (VIII. 27.) VM rendeletben [4] meghatározott hulladékok megfelelő kezelési módjait is. Emellett rendelkezik az újrahasznosítás és a veszélyes hulladékok kezelésének kérdéseiben is.

A hulladékszállítás nem ingyenes szolgáltatás, lakossági finanszírozására vonatkozóan A települési hulladékkezelési közszolgáltatási díj megállapításának részletes szakmai szabályairól szóló 64/2008. (III. 28.) Korm. rendelet [5] ad iránymutatást. Ennek egyik eleme, hogy a kiszámított díjat egy éves időtartamra, mindenki számára ismert és elérhető módszerrel számítják ki. Ahhoz, hogy háztartási hulladékunkat a területileg illetékes szolgáltató elszállítsa, ezt a díjat kötelességünk megfizetni. A díj meghatározásánál a legfontosabb szempont, hogy a díj mértékét olyan módon kell meghatározni, hogy az a szolgáltató éves költségei és a biztonságos és megfelelő működtetéshez szükséges költségek mellett a szolgáltató fejlesztési költségeinek egy részét is fedezze.

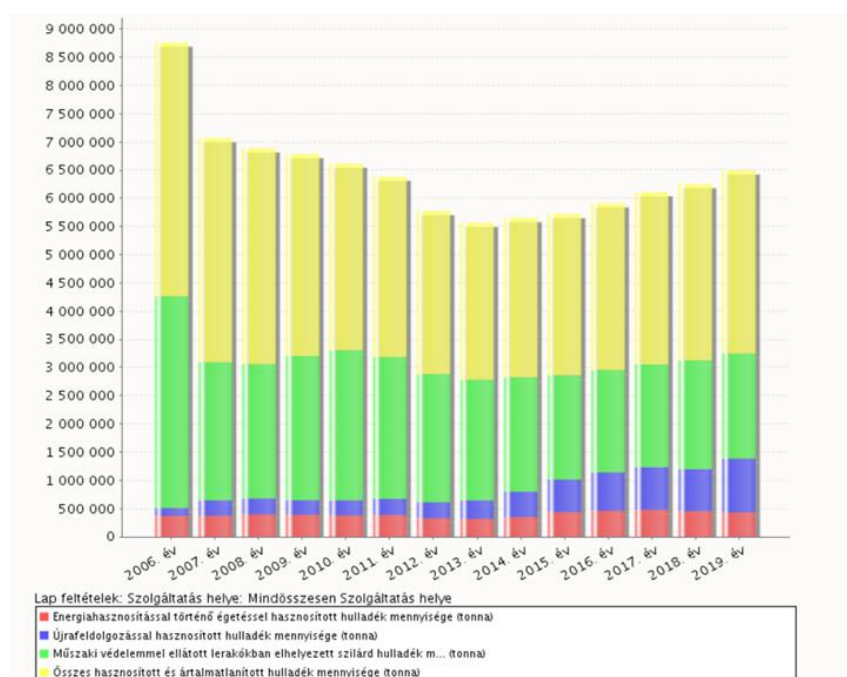
Ahhoz, hogy a háztartásainktól a szemét rendszeresen és megfelelő minőségben történjen elszállításra, a hulladékkezelő vállalatra is vonatkoznak szabályok, melyeket A hulladékgazdálkodási közszolgáltatási tevékenység végzésének a feltételeiről szóló 385/2014. (XII. 31.) Korm. rendelet [6] tartalmaz. Ezen rendelkezés legfontosabb részei a települési hulladék gyűjtését szabályozó rendelkezések, amelyek meghatározzák, hogy lakott területen a szolgáltatónak kötelessége a közönséges háztartási hulladék mellett külön szállítania a

műanyag, papír, illetve fém hulladékot is, ezt nevezzük „szelektív hulladékgyűjtésnek”. A szállítást a hulladék képződésének helyéről, azaz közvetlenül háztartásainktól kötelesek elszállítani; de ha az adott hely a szállító jármű által nem megközelíthető helyen fekszik, akkor onnan nem messze hulladékgyűjtő konténert kell létesíteni, ahová a lakosok a hulladékot elhelyezhetik. A rendeletben a hulladékgyűjtő edényekre is vonatkozik néhány szabály. A szolgáltató vállalatnak a lakosok részére kötelező legalább két választható méretet biztosítani a hulladéktároló edényre vonatkozóan. Ez az edényméret mindenképpen illeszkedik a háztartás által termelt hulladék mennyiségéhez, amit a településen keletkező fajlagos hulladék (a településen lakosonként évente keletkező hulladék) mennyiségéből számítanak ki.

Összességében tehát hazánkban a hulladékkezelés egy igencsak szabályzott rendszer, amely figyelembe veszi a helyi hulladék viszonyokat, kötelezi a szolgáltatókat a folyamatos és magas színvonalú szolgáltatásra, valamint nagy hangsúlyt fektet a környezettudatosságra és a hulladék szelektálására is. A hulladék elszállítása nem alanyi jogon járó szolgáltatás (mivel nem minden személy vezet önálló háztartást), de mindenki számára hozzáférhető a megfelelő (nem túl magas) díj megfizetése után, amivel biztosítható, hogy környezetünket ne lepje el a szemét, és mindenkinek lehetősége legyen a tiszta, hulladékmentes, rendezett környezetben való élethez.

2.2. A Magyarországon alkalmazott hulladékkezelési módszerek

A begyűjtött hulladékot a telepre történő beérkezése után besorolják a megfelelő hulladékkategóriába, és elindul a megsemmisítés vagy újrahasznosítás rögzös útján. Ahogyan a grafikonon is látható Magyarország a hulladékhasznosításban nem jár élen.

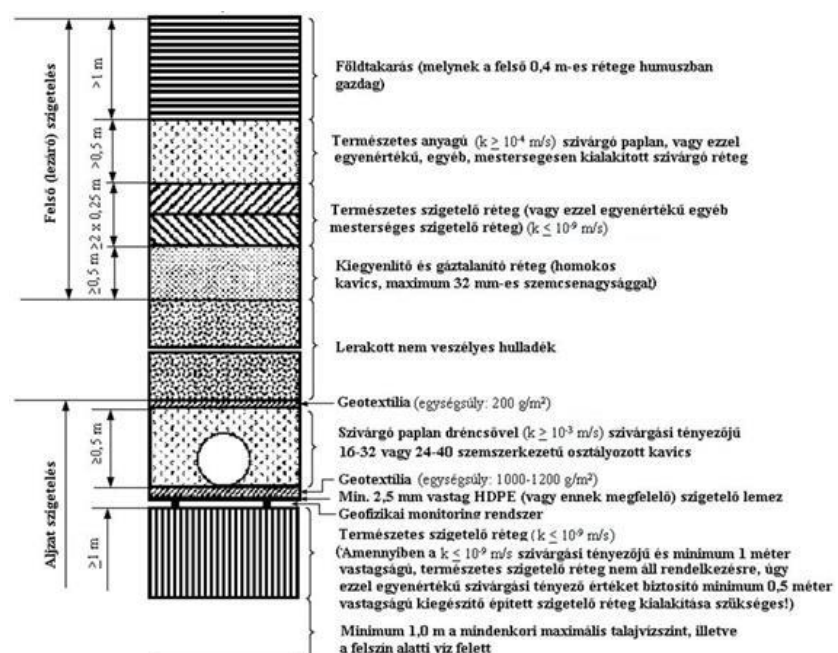


1. ábra
Hulladékok felhasználása
és ártalmatlanítása
Magyarországon 2006-2019
(forrás: ksh.hu)

A megtermelt hulladék kis része hasznosul újra valamilyen formában, míg a legtöbb hulladéktól a környezetszennyező deponálással szabadulunk meg. Pozitívként kiemelhető, hogy az évek előrehaladtával az arányok azért javultak: nőtt az újrahasznosított hulladék tömege, míg ezzel együtt csökkent a lerakókba kerülő mennyiség. Sajnálatos módon azonban a hulladék energiatermelés céljából történő újrahasznosítása hazánkban még gyerekcipőben jár, így annak mértéke gyakorlatilag konstans módon minimális. (A veszélyes hulladékok esetében széles palettán mozognak az ártalmatlanításra felhasználható módszerek. Míg a savak vagy lúgok esetében az egyszerű semlegesítés célravezető, addig például a fáradt olaj esetében a bitumenként történő újrahasznosítás a legmegfelelőbb módszer.)

Tehát a vegyes és ártalmatlan háztartási hulladéknak még mindig „legnépszerűbb” kezelési módja a hulladéklerakókba történő elhelyezés. A módszer igencsak környezetkárosító, értékes termőterületet kell miattuk a termelésből kivonni, az így deponálásra kerülő hulladék nem lesz újrahasznosítva (pl. energiatermelésre), illetve a depónia lezárását követően a szén-dioxidnál többször nagyobb üvegházhatással rendelkező metán gázt bocsátanak ki, amely rendszerint nem kerül további felhasználásra. Ezeknek a helyeknek (főként műanyagok hosszú évekig tartó lebomlási ideje miatt) a rekultivációja idő- és költségigényes tevékenység. [7] A hulladéklerakók létesítését és működését természetesen szigorúan szabályozzák, mivel egy ilyen létesítmény sérülése (amely legtöbbször a rézsűben keletkezik), az előbukkanó hulladék hatalmas környezeti károkat okozhat. Ennek a problémának a megelőzésére a lerakók több, egymásra épülő szigetelő rétegből állnak (2. számú ábra [7]). Így előzik meg a hulladék bomlása során keletkező folyadékok és gázok talajba történő beszívargását és a környezetbe történő kiürülését.

2. ábra
Nem veszélyes
hulladéklerakó
szigetelőrétegeinek
kialakítása



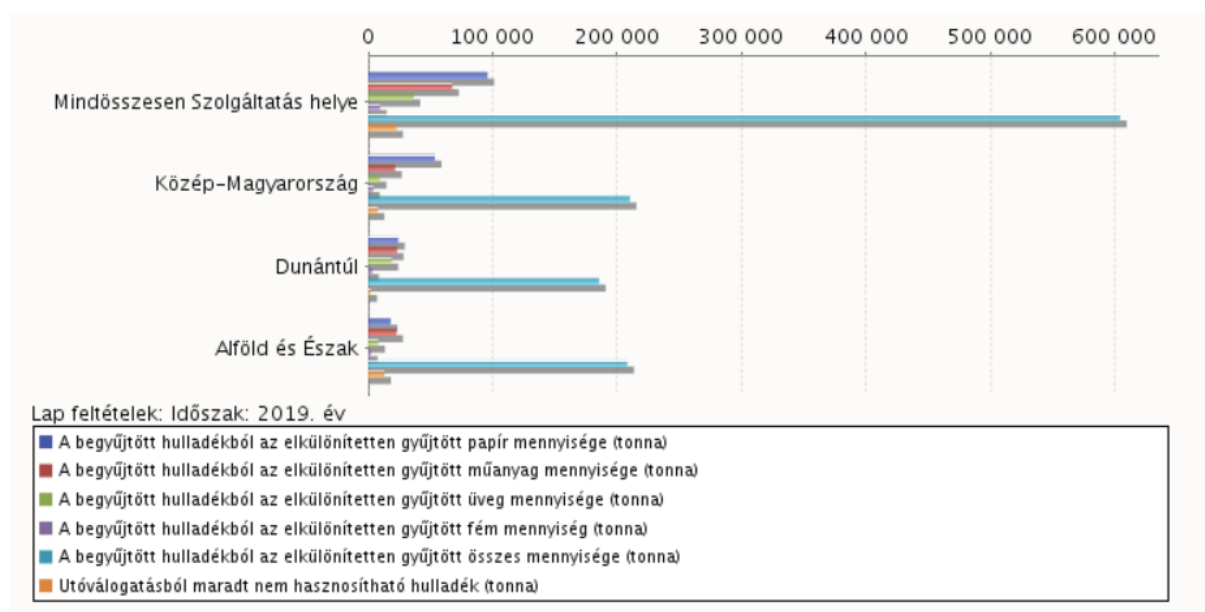
A hulladéktól azonban az igencsak ártalmas lerakás mellett megszabadulhatunk egyéb módokon is. Az egyik leghasznosabb ártalmatlanítási mód a hulladék égetése energiatermelés céljából. Ebben az esetben a begyűjtött háztartási hulladékot hatalmas kazánokban elégetik, az égetés során keletkező hő segítségével vizet fűtenek, amelyből elektromos áramot és távhőként hasznosítható meleg vizet állítanak elő. Magyarország egyetlen ilyen jellegű, kommunális hulladékot feldolgozó létesítménye a Budapesten található FKF Hulladékhasznosító mű. A Rákospalotán lévő létesítményt 1982-ben hozták létre, ekkor évi 320 ezer tonna szemét égetésére volt képes. Majd a 2005-ben befejeződött rekonstrukcióját követően, amikor felújították a kazánokat, illetve olyan füstgáztisztító rendszert építettek be, amely segítségével meg tud felelni napjainkig mind a magyar, mind az európai kibocsátási normáknak, a kapacitása évi 420 ezer tonnára növekedett. Ezen mennyiségű hulladék elégetésével 13 ezer lakás fűtését, illetve 45 ezer lakás éves villamosenergia szükségletét képes kielégíteni a létesítmény. [8]

2.3. Szelektív hulladékgazdálkodás Magyarországon

Mint korábban említettük, országunk a szelektív hulladékgyűjtéssel hadilábon áll, hulladék újrahasznosításban elmaradunk az Európai Unió átlagától. A szemetésszállító cégeknek törvényi kötelessége a hulladék szelektív elszállítása háztartásainktól, ám ezzel a lehetőséggel csak kevesen élnek, nem foglalkoznak a környezetükkel, így a hulladék válogatásával sem.

Általánosságban a szelektált hulladékgyűjtésre külön edényt biztosít a szolgáltató, de megtalálhatóak köztéri szelektív hulladékgyűjtő szigetek is, amelyek aránya a szeparált gyűjtés kötelező biztosítása mellett kezd eltörpülni. A hulladék, amelyet nem a kommunális gyűjtőedénybe helyezünk, általában három fő termékből áll: papír, fém, műanyag. Ezen kívül a gyűjtőszigetek leggyakrabban megtalálható az üveg számára kijelölt konténer is, mivel ennek az anyagnak a lakossági gyűjtése veszélyes lenne (emiat több helyen is szigorúan tiltott a szelektív kukába helyezése). Olykor megfigyelhetjük azt is, hogy a szelektíven gyűjtendő hulladékot elegendő csupán egy közös edénybe elhelyeznünk. Több „városi legenda” is terjed azzal kapcsolatban, hogy ezen hulladékot igazából ugyanúgy a kommunális hulladékhoz keverik az elszállítást követően. Ez nem igaz, mivel a szelektíven gyűjtött hulladék elszállítását követően válogató telepekre érkezik, s ott történik meg a szétválogatás. Ezeken a telepeken már nem a három anyagtípus szerint válogatják őket, hanem egy előválogatást követően (ahol eltávolítják az oda nem illő nagyobb hulladékokat), futószalagokra kerül, s ott élő munkaerő válogatja szét a beérkező szemetet. Ismert, hogy a felhasznált műanyagok széles skálán mozognak, így azokat típus szerint is válogatják (pl.: PET, PP, HDPE, LDPE). Ugyanígy járnak

el a fém, illetve papírhulladékkal is. A válogatott hulladékot a válogatóudvarok tömörítik majd bálázzák. A hulladékbálákat újrafeldolgozásra továbbértékesítik, amelyből a cég legfőbb bevételei származnak.



3. ábra

2019.évi hulladék újrahasznosítás Magyarországon (forrás: ksh.hu)

A 2019-ben szelektíven gyűjtött hulladék megoszlásáról a fentebb látható grafikonról tudhatunk meg több adatot. Kitűnik belőle, hogy országunkban a legnagyobb mennyiségben újrahasznosított termék a papír, melyet a műanyag és az üveg követ, míg fémhulladékból elenyészően kis mennyiség kerül újrafeldolgozásra. Látható még az is, hogy a szelektálás területén a Dunántúl „jobb munkát végzett”, mivel a többi országrészhez hasonlóan itt is közel kétszázezer tonna hulladék gyűlt össze, viszont a válogatás után nem hasznosítható hulladék mennyisége elenyésző. Ez az eltérés köszönhető akár a tájékozott és helyesen szelektáló lakosságnak, vagy a jobb minőségű válogatóudvaroknak is. A különbségek kiküszöbölésére a hulladékszelektáló rendszerrel ellátott okos kukák hozhatnának megoldást, mivel ezek a szerkezetek megbízhatóan „jól képzettek” a válogatás terén.

3. Problémák és megoldások

3.1. A hulladékszállítás optimalizálása

Amint a bevezetőben is említettük, a hulladékgyűjtés égető probléma, amelyet ideje lenne „megreformálni”. Régebben még csak a települések határaiban találtunk hatalmas illegális szemétlarakókat, amelyek felszámolása igen költséges volt, ám napjainkban ez a jelenség a városi környezetben is egyre többször megfigyelhető. Ez részben emberi hanyagsággal vagy szándékos jogszabálysértéssel magyarázható, amellyel szemben a törvény erejével és a rendvédelmi szervek segítségével kell fellépni; részben pedig indokolható a hulladékszállítás költséges, nehézkes és nem megfelelő megszervezésével. Többször tapasztalhatjuk, hogy egy adott köztéri kukát azért nem ürítenek ki, mert a hulladék elszállítására rendszeresített jármű tárolókapacitása megtelt, az így ürítetlen kukának a tartalmáért pedig a továbbiakban senki nem vállal felelősséget, tehát az a következő ürítési ciklusig részben vagy teljesen telített állapotban marad.

Ennek a problémának a megoldásában hozhat segítséget az IoT technológia, amellyel folyamatosan nyomon követhető a hálózat kukáinak állapota, telítettsége. Ezen adatok segítségével a hulladék elszállítását optimalizálhatjuk a matematikai, programozói körökben is jól ismert *utazó ügynök problémájának* [9] mintájára. A megoldásra több különböző módszer létezik, de ma a legnépszerűbb a mesterséges intelligencia és a neurális hálózatok alkalmazása. Ezzel, ha ismert a szemétszállító járművek szállítási kapacitása, illetve minden kuka esetében ismert a benne található hulladék súlya és mennyisége, könnyedén valósítható meg a járművek telítettség optimalizálása is, azaz egy adott hulladékszállító jármű csak akkora útvonalat jár be és annyi kukát gyűjt be, hogy tároló kapacitása a lehető legjobban kihasznált legyen, és mindezt a legrövidebb útvonalon tegye meg.

Ezzel a megoldással a hulladékszállítási költségek nagy mértékben redukálódnak, amellyel az okos kuka hálózatot üzemeltető város kiadásai is jelentős mértékben csökkennek. Emellett a környezet is „jól jár”, mivel az útvonaloptimalizálásnak köszönhetően visszaszorítható a településen a lokális zaj- és légszennyezés, s így mindez hozzájárul lakókörnyezetünk élhetőségéhez, komfortérzetünk javításához. Csökkennek a közlekedési dugók is, hiszen a szemétszállító járművek már nem hajtanak be feleslegesen olyan szűk utcába, ahol nem is gyülemlett fel elszállítandó mennyiségű szemét. S mivel a nagy és nehéz szemetesautók innentől kezdve csak azokat az útszakaszokat használják, ahol elengedhetetlen, hogy megforduljanak, hosszú távon a város útjai is „profitálhatnak” a megoldásból.

3.2. A hulladék válogatása

Környezeti szempontból nagyon fontos az újrahasznosítás, amelynek elengedhetetlen része az erre alkalmas hulladék felismerése és elkülönítése. Projektünk során a hulladék válogatásának digitális megoldásaira is válaszokat kerestünk.

A szelektálás megvalósítása történhet többféleképpen is. A legegyszerűbb módszer a szelektív hulladékgyűjtő konténerekből és kukákból beérkező hulladék előválogatása rengeteg munkatárs segítségével, akiknek a feladata a folyamatosan érkező szemetet a technológiának megfelelően különválogatni. A módszer nem tökéletes, hiszen az emberek akaratuk ellenére is elfáradnak, hibáznak, így könnyedén kerülhet a hulladék rossz konténerbe. Mindemellett folyamatos kiadással is jár, mivel a futószalagnak karbantartási költsége van, az élő munkaerő pedig nem dolgozik ingyen.

Fejlettebb válogatási módszer az optikai szelektálók alkalmazása. A módszer lényege, hogy az előválogatott hulladék egy infravörös szenzor előtt halad el, amely a visszavert spektrumból könnyedén meg tudja állapítani az adott anyag minőségét, így a speciális kidobó rendszer lelöki azt a futószalagról a megfelelő tárolóba. Hátránya, hogy csak nagy felületű hulladékok esetében alkalmazható, ám viszonylag nagy pontossággal. Az így átválogatott hulladék utóválogatást igényel, amit szintén élő munkaerővel valósítanak meg. Mindez hosszú távon költséghatékonyabb a tisztán emberi válogatásnál, viszont a befektetési igénye hatalmas.

A hulladékfeldolgozó iparban jelentős áttörést hozhat a (jelenleg még gyerekcipőben járó) mesterséges intelligencia, ami megfelelő tanítás után kamera segítségével képes felismerni az egyes kategóriákba tartozó hulladékot, azt kamera kép segítségével azonosítja, majd a megfelelő tárolóba továbbítja.

Az előszelektálás elősegítésére véleményünk szerint olyan nagyméretű köztéri kukákat kellene építeni, amelybe a felhasználó behelyezi a szemetet, a kuka pedig „önállóan” eldönti, hogy az adott hulladék papír, fém, műanyag vagy kommunális hulladék, majd a megfelelő edénybe továbbítja azt. A kukában neurális hálózatot üzemeltetnénk, amely kamera segítségével ismerné fel a bedobott hulladékot. Így elkerülhető lenne a feldolgozó telepeken az előválogatás, mivel az ilyen tárolókba csak olyan hulladék kerülne, amelynek az algoritmus „zöld utat” ad, a többi kommunális hulladékként folytatná útját. A rendszer kiépítése hosszú távon hasznot hozna a hulladék kezelésével és elszállításával foglalkozó vállalatnak, mivel az egyszeri nagyobb összegű befektetést a szükségtelenné váló előszelektálás leépítésével járó nyereségből tudná fedezni.

4. Létező okos hulladéktároló megoldások

Projektünk megvalósítása előtt piackutatást végeztünk annak kiderítésére, hogy milyen, már piacon lévő hasonló eszközök és szolgáltatók léteznek. Megállapítottuk, hogy a smart cityk megjelenésével létrejött több okos hulladékkezelésre szakosodott cég is, akik változatos üzletpolitikát folytatnak. Kutatásunkat két fő részre bontottuk: egyrészt megvizsgáltuk a településeken felhasználható köztéri okos kukákat és szolgáltatókat, másrészt megnéztük a háztartási célra szánt okos kukák piacát is

4.1. Köztéri felhasználásra szánt eszközök

Bizonyos cégek mindössze a hulladékkezeléshez szükséges rendszert biztosítják, ami azt jelenti, hogy valamilyen felhő alapú szolgáltatás keretében képesek kezelni a kukák és kukásautók szenzoraiból beérkező adatokat, és ezeket feldolgozva optimalizálják a szemétszállítás folyamatát.

Emellett azonban népszerű a kuka „okosítása” is, vagyis az erre szakosodott cég olyan berendezést gyárt, amit valamilyen módon - akár a hulladéktárolóba, akár a hulladékszállító járműbe – beépítve, képesek adatokat gyűjteni a hulladékkezelő rendszer aktuális állapotáról. Ezen megoldásoknak rendszerint nem része a tárolóban található szemét súlyának mérése, mindössze valamilyen telítettséget figyelő szenzort, illetve kommunikációs modult tartalmaznak. Az ilyen eszközök élettartama akár több év is lehet, ám több esetben is, ha az akkumulátoruk lemerül, akkor az egész modult cserélni kell.

S végül léteznek olyan vállalkozások is, amelyek saját okos hulladéktárolóval léptek a piacra, s ezek rendszerint nemcsak az „edény” telítettségének mérésére képesek, hanem az elhelyezett hulladék súlyát is mérik, ezért jobb megoldást biztosítanak, hiszen a felhalmozott hulladék nem homogén, rengeteg levegőt is tartalmaz, ami csak térfogatnövelő, súlya nincs. Ezen probléma kiküszöbölésére egyébként több nagy gyártó helyezett el a saját fejlesztésében préselő eszközt, amivel képesek a szemetet összetömöríteni, s így akár ötször annyi szemét is elfér egy okos hulladéktárolóban, mint egy hagyományos kukában.

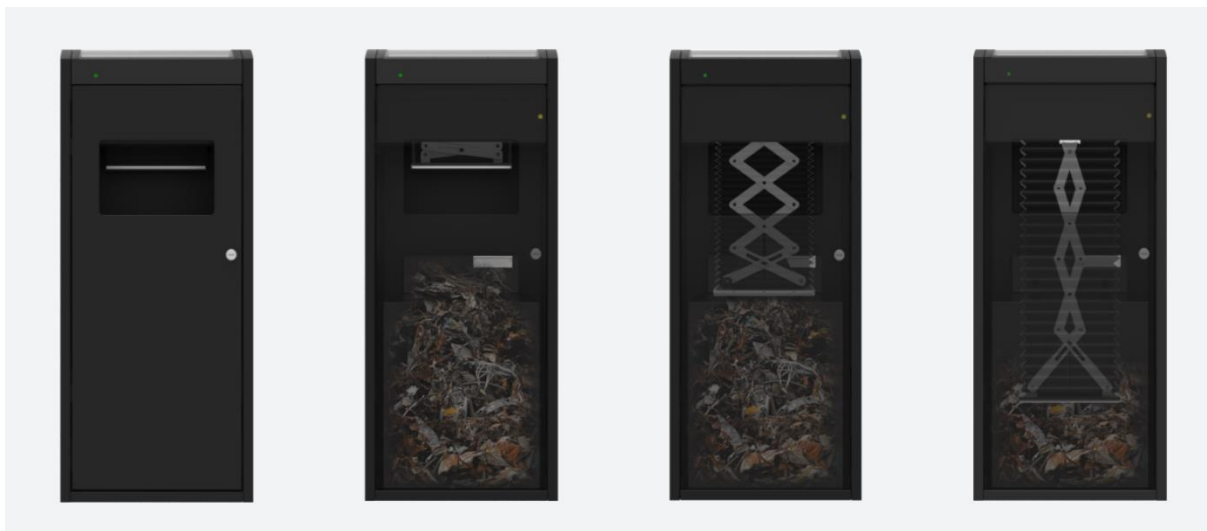
Köztéri felhasználás tekintetében 6 olyan vállalkozást találtunk, amelyek jelentős lépést tettek okos hulladékgazdálkodás terén.

4.1.1. Smartup Cities

Ez a vállalkozás egy francia startup cég, aminek nincs saját hulladéktároló eszköze, csak érzékelő modulokat gyárt, amelyeket a hulladéktárolóban elhelyezve a felhasználó valós időben láthatja a kuka telítettségét. Ennek mérésére szolgáló szenzoruk - akárcsak a mi projektünkben - ultrahanggal működik. A cég kínál emellett a hulladék begyűjtésére szolgáló járművek számára útvonaloptimalizálási szolgáltatást is.

4.1.2. Ecube Labs

Az *Ecube Labs* dél-koreai vállalat, termékének különlegessége, hogy a kuka energiaellátása a megrendelő által konfigurálható, azaz az eszköz energiaszükséglete fedezhető tisztán napelemes rendszerrel, hálózati áramforrásról, illetve az ezek keverékéből álló hibrid megoldással is. Az eszköz mindemellett képes a hulladékot tömöríteni is: a beépített szenzorok segítségével érzékeli a hulladéktároló telítettségét, és amint a tároló megtelik, automatikusan összepréselődik a benne található szemét. (A folyamatot a 4. ábra mutatja). Ezzel az eljárással - a gyártó leírása szerint - körülbelül 80%-kal képesek növelni a tároló két ürítése között eltelt időt. [10]



4. ábra
Szemét préselés folyamata [10]

Mindemellett okos kukájuk rendelkezik egyéb modulokkal is, mint például a tűz érzékelésére szolgáló füstszenzor. Az eszköz masszív, de igényes kialakítású, így védett a vandálokkal szemben, miközben egyedi konfigurálhatóságával a város látképébe is könnyedén beilleszthető, tehát a kuka nem egy csúnya tereptárgy lesz.

4.1.3. Evo Eco

Az *Evo Eco* cég központja az Amerikai Egyesült Államokbeli Seattle városában található. A vállalkozás az USA szemétp problémájára [2] interaktív megoldással rukkolt elő. Az általuk fejlesztett eszköz nem „hagyományos” szenzorokkal felszerelt hulladéktároló, inkább emlékeztet egy „köztéri szórakoztató egységre”: nagy kijelzője képi megjelenítéssel „oktatja” használgát, helyesen cselekedett-e a szelektíven gyűjtött hulladék megfelelő kukában való elhelyezésével. [11]

4.1.4. Sensoneo

A *Sensoneo* szlovák cég az, ami valószínűleg a legtöbb kihelyezett „okosított” hulladéktárolóval rendelkezik. Fő profiljuk az okos hulladékgazdálkodás szoftveres oldalról történő támogatása, amelyhez a saját fejlesztésű és gyártású ultrahangos telítettségmérő moduljukat használják. A cég több nagy pilot projektet valósított meg Szlovákiában, Közép Európában és Európán kívül is. Nagy hangsúlyt fektetnek a szenzorok által gyűjtött adatokra, azok későbbi feldolgozására. Saját adattároló és -feldolgozó rendszerük segítségével készítik el a begyűjtési útvonalak optimalizációját, mellyel a szállítási költségeknek akár 30%-át is képesek megtakarítani, illetve a lakosság tájékoztatására készített applikáció segítségével a felhasználó könnyedén megtalálhatja a hozzá legközelebb eső olyan hulladéktárolót, amelyben még elhelyezheti szemetét. [12]

4.1.5. Bin-e

A *Bine-e* lengyel cég, fő profilja a szelektív hulladékgyűjtés, így erre a célra fejlesztették ki a saját okos kukájukat is. Az eszköz, amellet, hogy képes a telítettség mérésére, neurális hálózat segítségével szelektálja a hulladékot, és hogy növelje az ürítések időközét, préseli is az elhelyezett szemetet, így is bővítve a tárolókapacitást. A cég eszköze érintésmentes nyitást tesz lehetővé, illetve a rajta elhelyezett kijelző, és a hozzá készített mobil applikáció segítségével tájékoztatja a felhasználót az eszköz aktuális állapotáról is. A gyártó elsősorban irodai felhasználásra tervezte eszközét, azonban kültéri használata sem kizárt. [13]

4.1.6. Waste Hero

A *Waste Hero* egy dán hulladékgyűjtés-optimalizálással foglalkozó cég. Ehhez saját optikai telítettségmérő szenzort fejlesztettek, valamint saját fejlesztésű alkalmazásuk számítja ki, hogy mely tárolókat, milyen útvonalon érdemes üríteni. A szenzor megfelelő beállításokkal akár 10 évig is működőképes lehet. Kommunikációs lehetőségekben bővelkedik (GSM hálózat, NB-IoT), amelyek közül mindig az használható, ami az adott projekthez legjobban illeszkedik. [14] A cég rendelkezik saját fejlesztésű, az üzemeltetéshez szükséges platformmal is, illetve egy, a szemétszállításban kiválóan használható navigációs szoftverrel, amely a rendszer által

kiszámított útvonalon navigálja a kukásautó sofőrjét kanyarról kanyarra, így elősegítve, hogy az autó az optimális utat járja be, és csak a megfelelő kukákat ürítse ki.

4.2. Háztartási célra szánt eszközök

Napjainkban az „okos” eszközök korszakát éljük, így a nagyobb volumenű fejlesztések gyorsan „leszivárognak” a kiskereskedelembe, a nagy gyártók által megálmodott és nagy mennyiségben gyártott ipari megoldásoknak megjelenik a lakossági verziója is. Nincsen ez máshogy az okos kukákkal sem. Jelenleg a kiskereskedelmi forgalom az „okos kuka” definíciót legtöbbször az elektromos energiát igénylő hulladéktárolókra érti. Ezen eszközök néhány kivételtől eltekintve az okos városban felhasznált társaiknál „butábbak”, azoknak csak néhány funkcióját vették át. Közkezdvelt például az otthoni okos kukák esetében az érintésmentes nyitás, amellyel sok esetben a felhasználó életét próbálják megkönnyíteni (több kevesebb sikerrel). Az ilyen eszközök működése egyszerű: a felhasználó a kuka felé helyezi a kezét, majd a kuka kinyitja az ajtaját, és a szemet elhelyezésre kerülhet. Nagy segítség lehet ez a funkció, ha a felhasználó seprű-lapáttal takarít, és a lapátot annak letétele nélkül egy mozdulattal üríteni akarja. Az érintésmentes háztartási kuka manapság már az „elérhető” árkategóriát képviseli, magyarországi árak kb. 20000 Ft. Emellett léteznek egyéb különleges funkcióval ellátott okos hulladéktárolók is, amelyekből kettő keltette fel az érdeklődésünket, így ezeket szeretnénk részletesebben is bemutatni.

4.2.1. Townew

A *Townew* cég egy kanadai startup vállalat, akik több okos használati tárgy mellett kifejlesztették a saját, háztartásban is felhasználható kukájukat, aminek ötletes funkciója az „önürítés”. A kuka, amellet, hogy képes az automatikus nyitásra, illetve túltelítettség esetén nem enged több hulladékot elhelyezni, speciális kialakítású fedelének köszönhetően egy gombnyomásra lezárja a szemeteszsákot, majd felemelkedik a fedél, és a felhasználó könnyedén eltávolíthatja a teli zsákot, az eszköz pedig a fedelében tárolt zsákokból „elővesz” egy újabbat. A megoldással többek között hatékonyan szabadulhatunk meg a kellemetlen szagoktól, illetve túltelített szemetesektől. A kuka tatalmát higiénikusan és szagmentesen tudjuk elvinni a legközelebbi nagyobb kapacitású hulladéktárolóba. [15]

4.2.2. Bin-e

A *Bin-e* lengyel startup cég amellet, hogy erőteljesen terjeszkedik az utcai okoskukák terén, fontosnak tartja az otthoni és irodai felhasználásra szánt szemeteseit is. Ezen szemetesek, ugyanúgy, ahogyan utcai társaik, képesek a szemet szelektálására, illetve az automatikus nyitásra is. A cég nagy hangsúlyt fektet a dizájnrá is, igyekeznek esztétikus, fiókba építhető,

rejtett szemeteseket tervezni és gyártani. Emellett az irodai felhasználásra szánt kukáik is testreszabhatóak, akár a cég vagy iroda logója is elhelyezhető rajtuk.

4.3. Konklúzió

Mind köztéri, mind háztartási okos hulladéktárolók terén azok a piaci termékek, amelyekről eddig szó esett, külföldi fejlesztések. **Jelenleg a magyar piacon nem található** okos hulladékkezeléssel foglalkozó magyar cég, legfeljebb a régió környező országában (Szlovákiában, Bulgáriában) találkozunk ilyenekkel. Ezért úgy gondoljuk, fejlesztésünk részben ezért tud hiánypótló termék lenni a hazai piacon.

Saját okos hulladéktárolónkat a fent felsorolt eszközök tanulmányozása után kívántuk megalkotni, ötvözve abban a már létező külföldi termékek általunk előnyösnek és hasznosnak ítélt tulajdonságait. Mindenképpen egy olyan eszközt szerettünk volna létrehozni, amely multifunkcionális, azaz nemcsak köztéri hulladéktárolóként képes üzemelni, hanem otthonainkban is. Ezzel egy olyan szerkezetet kívántunk megalkotni, aminek a segítségével minden háztartás könnyedén „beköthető” egy okoskuka hálózatba, így az oly sokszor emlegetett hulladékgyűjtés-optimalizálás kiterjeszthetővé válik a háztartási hulladékgyűjtésre is. Emellett elképzeléseink szerint eszközünk moduláris lenne, tehát készülne olyan típus, amely háztartások számára alkalmas, olyan, amely köztéri szemetesként felhasználható, illetve olyan is, ami köztéren elhelyezve a szelektivitást is magában foglalja. Ezzel a három típussal véleményünk szerint lefedhető a kukák minden típusa és mérete, és létrehozható egy okoskuka hálózat.

Mint a piackutatásból is fény derült rá, ötletünk nem egyedi a világpiacon, Magyarországon viszont jelen pillanatban nem létezik ezzel foglalkozó vállalat vagy cég, így működő okoskuka programról sincs tudomásunk. Hazánk e tekintetben sajnálatos módon elmaradt a régióhoz viszonyítva. Ezt kihasználva lehetőséget látunk majdan arra is, hogy saját fejlesztésű eszközünkből több darabot, illetve típust legyártva - ha csak teszt környezetben is - de létrehozzuk Magyarország első okoskuka hálózatát.

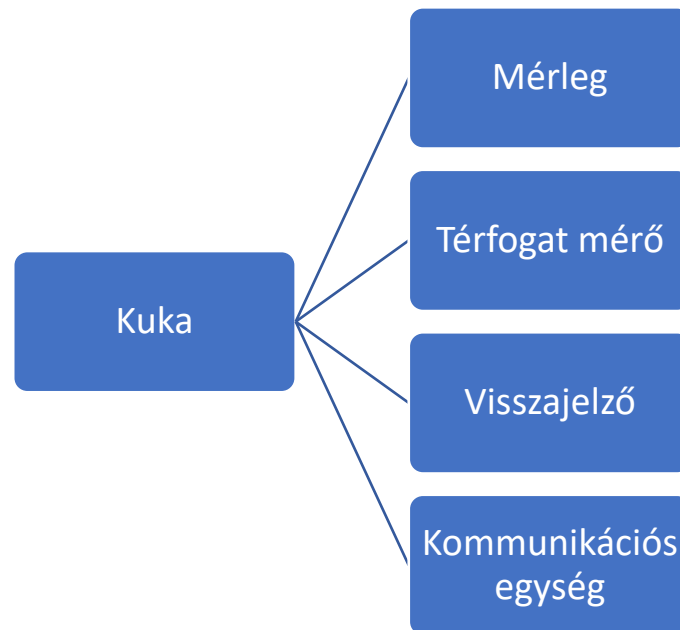
5. Az okos kuka

5.1. Az eszközzel szemben támasztott elvárások

A projekt során elkészítendő saját okos hulladéktároló eszközünkkel szemben a legfontosabb követelmény az volt, hogy többféle szenzort is tartalmazzon, amelyek segítségével megállapítható nemcsak a kuka tartalmának súlya, hanem a tárolóban található hulladék aktuális térfogata is egyszerre, mivel a való életben a hulladék nem tömörített állapotban kerül elhelyezésre. Ezen kívül szeretttük volna, hogy eszközünk IoT rendszerebe integrálható legyen,

ezért mindenképpen szükségünk volt egy kommunikációs egységre is, amely segítségével képes a mért adatokat egyszerűen a felhőbe továbbítani feldolgozás céljára. Fontosnak tartottuk még, hogy a hulladéktároló aktuális adatait ne csak a felhőben lehessen nyomon követni, hanem a felhasználó „ránézésre” el tudja dönteni, hogy az adott kukába helyezhet-e még el szemetet, fér-e még bele bármi, vagy keressen egy másik kukát, mert az adott hulladéktároló már megtelt, nem képes több anyagot befogadni.

Az így támasztott elvárásainkból készítettük el a megvalósítandó eszköz logikai rendszertervét:



5. ábra

Logikai rendszerterv

A megvalósításhoz elengedhetetlen volt valamilyen mikrovezérlő használata, amelynek feladata a szenzorok kezelése, azaz a mérések lebonyolítása, illetve a kommunikáció megvalósítása a felhasználó és az IoT-specifikus felhőszolgáltatás irányába. Terveink szerint az eszköz többféle kivitelben is elkészíthető majd a piaci igényeknek megfelelően, ezért villamosenergia ellátása is többféleképpen kell, hogy megoldható legyen. Ha az okos kuka kültéri felhasználásra kerül, az energiaellátást napelemmel szükséges megoldani, viszont háztartási környezetben, otthoni felhasználás esetén az energiaellátás megoldható külső, hálózati tápegység segítségével. Mindezeket a szempontokat figyelembe véve a mikrovezérlővel szemben támasztott legfontosabb követelmény nem lehet más, mint az alacsony fogyasztás, illetve a megfelelő kommunikációs portok megléte.

5.2. Az eszközt felépítő modulok

Az okos kukánk moduláris felépítésű, azaz egyes egységei külön-külön, önállóan is működőképesek, akár más célra is felhasználhatóak. A tervezés során igyekeztünk olyan elemeket választani, amelyek nem magas árfekvésűek, viszont a célnak megfelelő mérési pontosságot biztosítanak, valamint nagyon fontos volt a kompatibilitás is, hogy a modulokat viszonylag egyszerűen lehessen egymáshoz, illetve a készülő rendszerbe illeszteni. A megfelelő modulok kiválasztását követően készítettük el az eszköz fizikai rendszertervét.

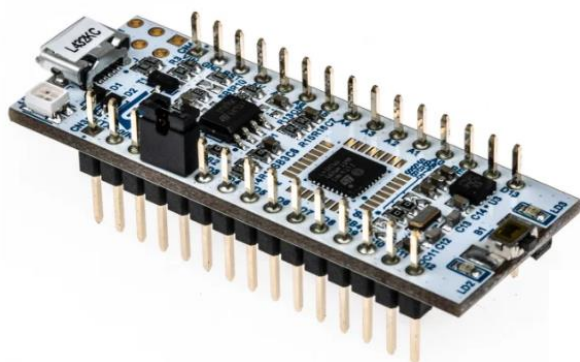


6. ábra

Fizikai rendszerterv

5.2.1. Mikrokontroller

A választásunk egy ARM Cortex M4 architektúrájú, az ST mikroelektronikai óriáscég által gyártott *STM32 Nucleo L432KC* típusú mikrokontrollerre esett (7. ábra). Megpróbáltuk a lehető legkisebb fogyasztású, de kommunikációs lehetőségekben, illetve szükség esetén számítási teljesítményben bővelkedő mikrokontrollert választani. Az L432KC legfőbb előnye számunkra, hogy rendelkezik I²C és UART kommunikációs interfésszel, többféle megszakítási móddal, illetve egy 16 bites DAC és ADC átalakítóval is.

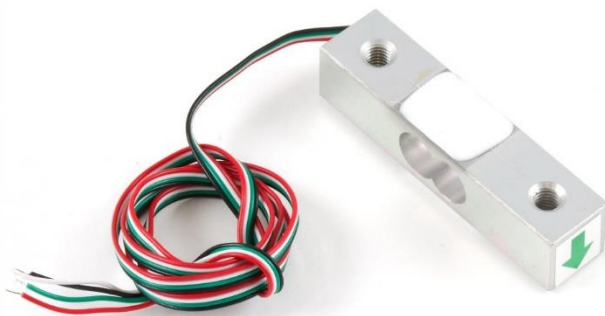


7. ábra

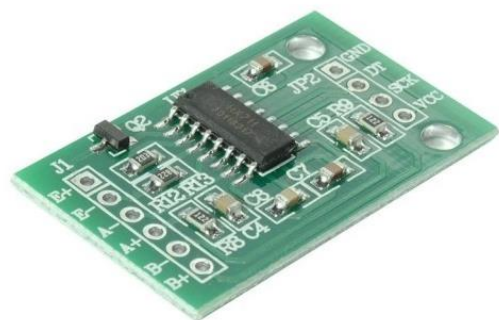
STM32 Nucleo L432KC

5.2.2. Mérőcella

A hulladéktárolóban lévő szemétmennyiség megbízható megállapítására kétféle mérést használunk egyidejűleg. A két mérés egyike a súlymérés. Ehhez egy maximum 5 kg terhelhetőségű CZL635 típusú mérőcellát alkalmaztunk [16]. A cella maximális terhelhetőségének 120%-át, kb. 6 kg-ot képes biztonsággal (maradandó károsodás nélkül) elviselni, viszont a maximális terhelés 150%-a (kb. 7,5 kg) esetén már maradandó károsodás léphet fel az eszközben, ezért a tesztelés során ezeket az adatokat mindenképpen számításba kellett vennünk. A mérőcellában nyúlásmérő bélyeg található speciálisan mérőhídba kötve. A nyúlásmérő bélyeg a rá ható erővel arányosan változtatja az ellenállását, és a mérőhíd megfelelő kivezetéseire a megengedett 5V-os feszültséget kötve a nyúlásmérő bélyegre ható erővel arányos analóg feszültség jelenik meg [16]. Ennek további feldolgozásáról gondoskodnunk kellett, amihez a mérőcellához könnyedén illeszthető HX711 típusú 24 bites analóg digitális átalakítót használtuk fel, amely speciálisan mérőcellák kimeneti jelének feldolgozásához kifejlesztett mérőátalakító [17]. A mérőátalakító könnyedén kezelhető, mivel a mikrokontroller két vezeték segítségével képes elvégezni a megfelelő mérési beállításokat, és ugyanezen két vezetéken a sikeres átalakítást követően a mért adatokat is kiolvasni. Az eszköz igen alacsony, maximális 1,5 mA-es áramfelvétel mellett tud üzemelni, illetve a mérőcella számára szükséges tápellátást is biztosítja.



8. ábra
CZL635 típusú mérőcella



9. ábra
HX711 típusú mérőátalakító

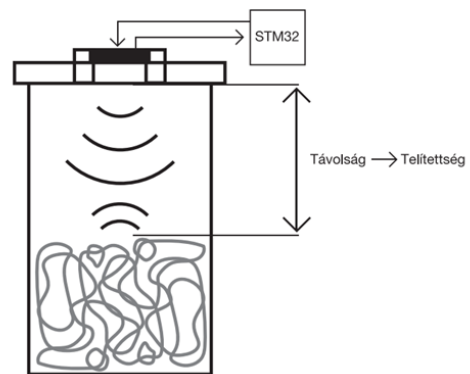
5.2.3. Ultrahangos távolságmérő

A kukában található szemét űrtartalmát a legegyszerűbb módon úgy határozhatjuk meg, ha az elhelyezett hulladék tetejének és a kuka fedelének a távolságát megmérjük, s ebből kiszámítható a tároló telítettségének szintje az edény teljes magasságának ismeretében. Erre a célra a *HC-SR04* típusú ultrahangos távolságmérő modult használtuk fel. Az eszköz működési elve a következő: ultrahangot bocsát ki, majd a mérni kívánt felületről visszaverődő hanghullámokat érzékeli [18]. A kibocsátás és visszaverődés között eltelt időtartamból a hangsebesség ismeretében kiszámítható a mért távolság.



11. ábra

HC-SR04 Ultrahangos távolságmérő
modul



10. ábra

A telítettség mérés elve

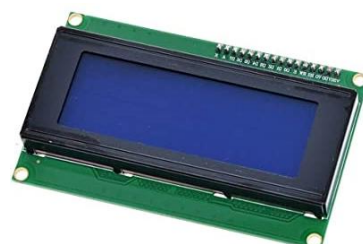
5.2.4. OLED kijelző

Ahogy az előzetes követelményekben is említettük, fontosnak tartottuk a kuka tervezésekor, hogy legyen a külvilág felé valamilyen kimenete, azaz a felhasználót valamilyen formában tájékoztassa az eszköz a saját állapotáról. Célszerű ilyen esetben egyszerű, gyorsan feldolgozható információk kijelzésére törekedni, hiszen az eszközt átlagos háztartásokban vagy kültéren, közkukaként való alkalmazásra tervezzük, így „az utca emberének” is tudnia kell értelmezni a képernyőn látható információkat.

A tervezés során először a *HD44780* típusú LCD kijelzőt használtuk, ám ez háttérvilágítása miatt nagy fogyasztásúnak bizonyult (kb. 120 mA), illetve a vezérléséhez is sok vezetékre volt szükségünk.

12. ábra

HD44780 típusú LCD kijelző



Ezért másik eszközt választottunk erre a célra: az *SSD1306* típusú, 128x64 képpontból álló OLED mátrixot [19]. Kisebb fogyasztású, kevesebb vezetékkel igényel, és nagy előnye, hogy több információ helyezhető el rajta, illetve nagyobb kontrasztot is képesek vagyunk vele elérni, mint az LCD vel. Így kültéren, akár ellenfényben is könnyedén leolvashatóak a rajta megjelenő információk.

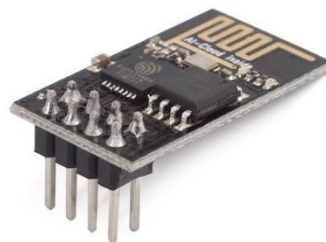
13. ábra
SSD1306 típusú OLED kijelző



5.2.5. WiFi modul

A hulladéktároló eszközünk nemcsak egy egyszerű kuka, amely képes szemetet tárolni, mérni a benne lévő anyag mennyiségét, súlyát, és azt külvilág felé közölni, hanem egy IoT eszköz is. Ahhoz, hogy IoT képes legyen, szükséges valamilyen kommunikációs modul is. Mi erre a célra az *Espressif ESP8266* típusú mikrokontrollerrel egybeépített WiFi modult használtuk fel [20]. Segítségével a rendszer képes az internetre csatlakozni, hogy azon keresztül továbbítsa az általa mért adatokat.

14. ábra
ESP8266 WiFi modul



5.3. A kukát működtető szoftver

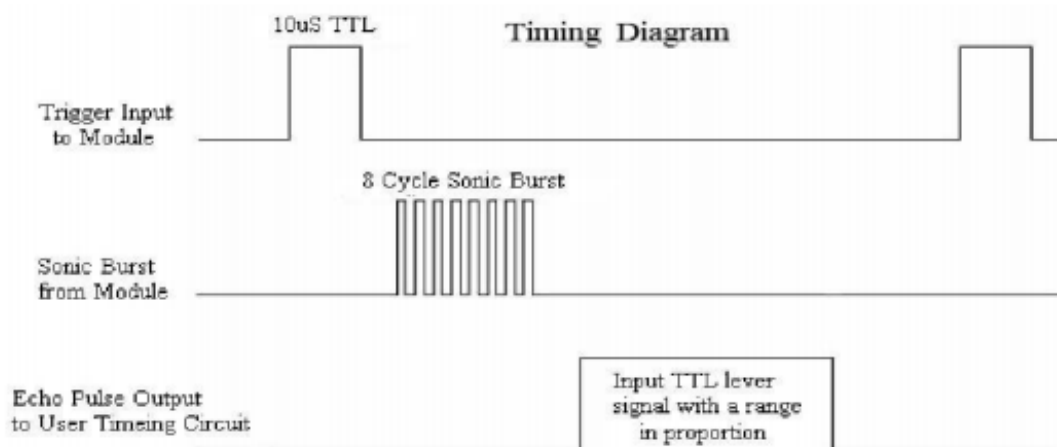
Az okos kukánk fontos eleme a hardver mellett a megfelelő működésért felelős szoftver. A szoftveres megvalósítás a projektünk során C nyelven történt, amely kódot az általunk kiválasztott *STM32 Nucleo L432KC* típusú mikrokontroller futtatja. Az egyes modulok működtetéséhez különféle programozási megoldásokra volt szükség, amiben nagy segítséget nyújtott számunkra a mikrokontroller, illetve a hozzá tartozó fejlesztői programcsomag. Ebben megtalálható az ST cég által fejlesztett *HAL Low Layer Driver* csomag, ami jelentősen leegyszerűsítette a ki-és bemenetek, illetve az egyéb perifériák konfigurálását és kezelését.

5.3.1. Mérőcella

Ahogy a mérőcella bemutatásánál olvasható, ahhoz, hogy a mérleg modulból kiolvassuk a mért értékeket, a *HX711* típusú analóg-digitális átalakítóval kell kommunikálnunk. Ezt a *DT* és *SCK* lábain tehetjük meg. Az eszköz *SCK* bemenete a vezérlésre szolgál, míg a *DT* kimenet a mért, majd analóg-digitális átalakításon átesett adatok kiolvasására. Az *SCK* lábon vezéreljük az eszközt, illetve a modulban található analóg-digitális átalakító csatornái között is ennek segítségével válthatunk. A megfelelő vezérléshez szükséges impulzusok száma, illetve hossza az adatlapban található meg részletesen [17], ennek alapján készítettük el a saját vezérlő algoritmusunkat. A megfelelő mérés megvalósításához szükségünk volt néhány alapvető szoftveres kalibrációs műveletre: a mérőcella offset beállítására, kalibrálására, és a megfelelő méréshez elengedhetetlen funkció, a tárazás megvalósítására. Ezekhez internetes forráskódot vettünk alapul [21], majd azt átdolgozva készítettük el a saját programunkat.

5.3.2. Ultrahangos távolságmérő

Az ultrahangos modul működési elve az adatlapban olvasható [18]. A mérést az eszköz *Trigger* lábára adott 10 μ s-os impulzus tüskével indíthatjuk el, aminek hatására 8 darab ultrahang jelet bocsát ki, és a beérkezésig eltelt idő hosszát az *Echo* láb segítségével mérhetjük. Ennek a műveletsornak a leprogramozásához felhasználtuk a mikrokontroller által nyújtott *Input Capture* módot, aminek a segítségével képesek vagyunk mérni, hogy az *Echo* láb mennyi ideig tartózkodik magas jelszinten, és ebből a hangsebesség ismeretében kiszámíthatjuk a mérendő tárgy távolságát a szenzortól. (Figyelembe kell venni, hogy az ultrahang a tárgyról való visszaverődés során a távolság kétszeresét teszi meg.) Az időkülönbség mérésének szoftveres megvalósításához a *HAL Low Layer Driver* függvénycsomag *HAL_TIM_ReadCapturedValue* függvényét használtuk fel [22]. A telítettség értékét százalékban fejezzük ki.



15. ábra

Ultrahangos szenzor működése

5.3.3. OLED kijelző

A felhasználó tájékoztatására szánt OLED kijelző egy I²C kommunikációval ellátott modul, ami nagyban megkönnyítette a működtetését, mivel ehhez a kommunikációs formához mindössze 2 darab vezetékre és tápellátásra van szükség. A mikrokontroller rendelkezik I²C kommunikációra is felhasználható kivezetésekkel, így könnyedén tudtuk illeszteni hozzá. A kijelző vezérléséhez az adatlapon [19] kívül egy már korábban megírt szoftvert is felhasználtunk [23], így nem kellett saját drivert írunk hozzá. A kijelzőn megjelenítettük a kukában található szemét súlyát, illetve a telítettséget százalékos értékben. A későbbi fejlesztések során tervezzük megjeleníteni az aktuális dátumot és időt is, mivel a mikrokontrollerünk magában foglal egy Real Time Clock-ot (RTC), amit az adattovábbítás során is felhasználunk időbélyegzésre.

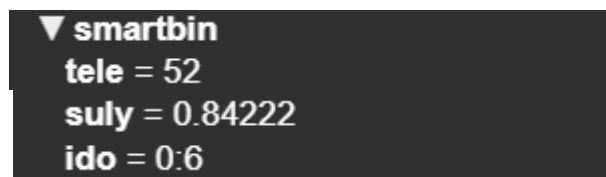
5.3.4. WiFi modul és kommunikáció

Eszközünk „okosítására” IoT megoldásokat hívtunk segítségül, ami egy kommunikációs interfészt, illetve adattárolás és -feldolgozást jelent. Mivel az eszköz fizikai megvalósításánál fontosnak tartottuk az olcsó és könnyedén elérhető kommunikációs lehetőséget, így esett a választásunk az ESP8266-os WiFi modulra. A megoldás viszont még nem végleges, mivel a modul fogyasztása magas, és a megfelelő működéséhez WiFi lefedettségre van szükség, ami köztéri környezetben nem mindig megvalósítható.

A WiFi modul rendelkezik egy önálló, beépített *Espressif* gyártmányú 32 bites mikrokontrollerrel, aminek elsősorban a vezeték nélküli periféria kezelése és a „külvilággal” való kapcsolattartás a feladata. A modulon elhelyezkedő mikrokontrollerre saját szoftvert készítettünk Arduino fejlesztőkörnyezetben, ez az UART kommunikáción beérkező adatokat szétválogatva továbbítja interneten keresztül a megfelelő adattároló szerverre.

Az adattárolást MQTT segítségével valósítottuk meg, ami speciális, kifejezetten IoT megoldásokra kifejlesztett kommunikációs protokoll. [24] Eszközünk számára az egyetem által biztosított MQTT brókeren külön topicot hoztunk létre *smartbin* névvel. Az adatok ezen belül másik 3 subtopicba érkeznek: telítettség (*tele*), súly (*suly*) és időbélyeg (*ido*) címszavakkal ellátva.

16. ábra
MQTT topic elrendezés



5.4. Az elkészült okos kuka

Az eszköz fizikai megvalósításához szükségünk volt egy megfelelő kukára, aminél fontos volt, hogy merev szerkezetű legyen, lehetőség szerint fémből, mivel ezzel a törékenységet, sérülékenységet ki tudjuk küszöbölni. Mindenképpen olyan eszközt szerettünk volna választani, aminek van egy „belső edénye” is, így a mérőcella elhelyezése és a mérés megvalósítása egyszerűbb. Ezeken felül lényeges szempont volt a méret, hiszen, ha kicsi, nehezen helyezhetőek el benne a modulok, és nincs is értelme kis mennyiségű szemét mérésére kidolgozni a projektet; ha nagy, az általunk használt mérőcella 5 kg-os határait feszegetjük. (Természetesen ugyanez az eljárás nagyobb eszköznél, nagyobb mértékben terhelhető mérőcellával ugyanígy megvalósítható lenne.) Ezeken kívül elvárás volt az is, hogy lapos tetejű szerkezet legyen, mivel a későbbi fejlesztések során szeretnénk az energiaellátás napelemmel történő megvalósítását is megoldani.

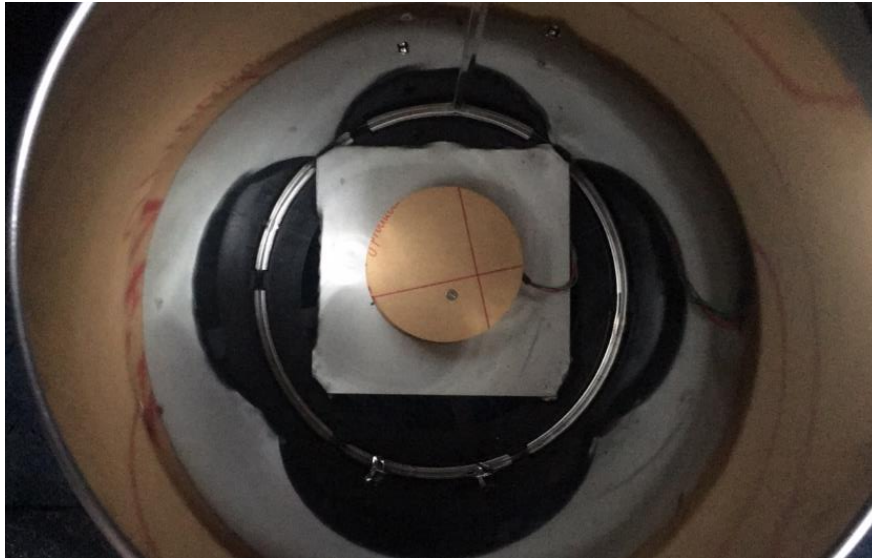


17. ábra

A felokosítandó alapeszköz

Végül a megfelelő eszközt az egyik nagy bútoráruház kínálatában találtuk meg. Megfelel minden általunk támasztott elvárásnak, egyetlen hátránya, hogy a „vödör” alatti térrészt (ahova a mérőcellát kívántuk elhelyezni) elfoglalta a fedél nyitását végző mechanikus szerkezet, ezért ez eltávolításra került. Emiatt a fedél csak kézzel nyitható. Ennek a problémának a kiküszöbölésére a későbbi fejlesztés során elektronikus nyitást kívánunk az eszközbe építeni.

A szükséges módosítások elvégzése után kerültek elhelyezésre a kukában a mérést és visszajelzést lehetővé tevő elemek. A mérleg modul számára megfelelő méretű hely található a kuka alján a „vödör” rész alatt, így a súlymérésre használt mérőcellát és a hozzá tartozó mérőátalakítót ott helyzetük el.



18. ábra

Mérőcella elhelyezése

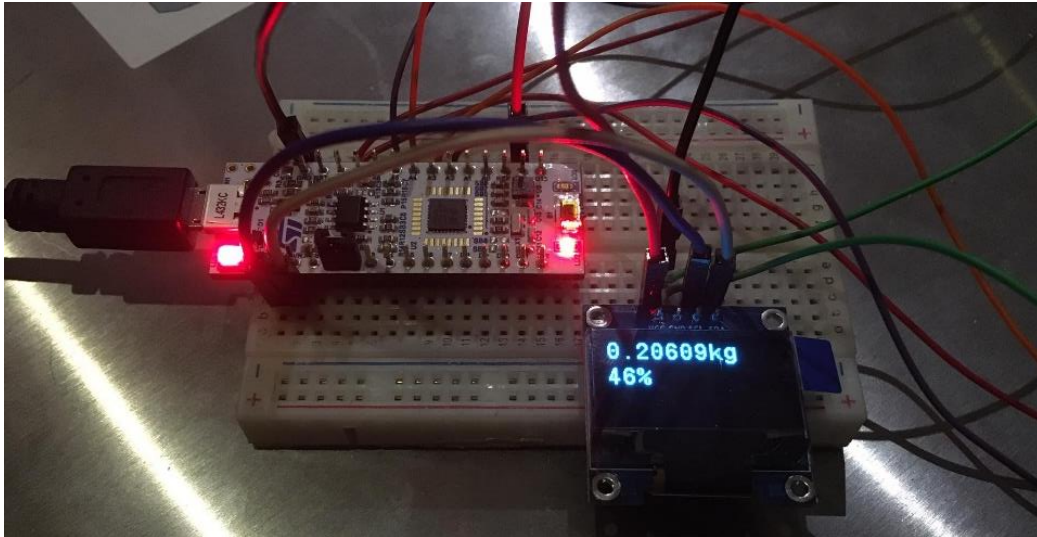
Ezt követte a telítettség mérésére használatos ultrahangos modul elhelyezése, amit a kuka fedelére rögzítettünk. Pontosan a fedél közepére helyeztük, azért, hogy lehetőség szerint az általa kibocsátott hanghullámok merőlegesen érkezzenek az edény fenekére, mivel a szenzor ekkor tud pontosan mérni.



19. ábra

Ultrahangos szenzor
a kuka fedelén

A mikrokontroller, a kommunikációhoz szükséges WiFi modul, illetve a felhasználó tájékoztatását megvalósító OLED kijelző az eszköz palástján kapott helyet. Itt építettünk ki egy „rögzítő platformot”, ahová a felhasznált próbanyák kerültek elhelyezésre, de a szoftver fejlesztésének és tesztelésének fázisában a könnyebb hozzáférhetőség miatt a mikrokontrollert is a kuka tetején üzemeltettük.



20. ábra

Mikrokontroller és OLED kijelző

6. Összegzés

Ahogy láthattuk, a világ kínzó környezetvédelmi problémája az egyre növekvő hulladékmennyiség, és annak kezelése. Projektünkben erre a problémára kívántunk megoldási javaslatokat tenni. Ehhez feltérképeztük, hogy a világ különböző részein hogyan jelentkezik ez a probléma, illetve részletesebben belemerültünk hazánk hulladékgyűjtési jogszabályi kereteibe is. Előzetes kutatásaink során megállapítottuk, hogy a legfőbb probléma a hulladék útvonalában, illetve annak tárolásában és újrahasznosításában keresendő. Ezen kérdéskörök megoldására segítségül hívtuk az egyetemen szerzett tudásunkat és a legmodernebb technikát, így készítettük el saját fejlesztésű okos kukánkat.

Az eszköz tervezésénél nagy hangsúlyt fektettünk a piackutatásra, ami során megállapítottuk, hogy már létezik több okos szemétszállítással foglalkozó cég is saját termék és szolgáltatás portfólióval, viszont ezek a vállalatok mind külföldiek. Ezen felbuzdulva találtuk ki, hogy szeretnénk létrehozni hazánk első okos kuka hálózatát. Ehhez többféle igényt is kielégítő eszközparkot terveztünk. A piackutatásból levont következtetéseink, és az általunk fontosnak tartott szempontok alapján megalkottuk eszközünk prototípusát, amelyet a fentiekben részletesen ismertettünk.

Az okos kukánk még nincs teljesen készen, fejlesztése folyamatos. Fejlesztéseink elsősorban az energiaellátásra, egy napelemes rendszer tervezésére irányulnak, illetve kommunikáció terén is szükséges a továbblépés: a nagy fogyasztású WiFi modult egy IoT specifikus kommunikációra (LoRa, vagy NB-IoT) szeretnénk lecserélni. Emellett folyamatban van a képfelismerő és szelektáló algoritmus elkészítése is, ami újabb előrelépést jelenthet a projektben. És mindemellett a távolabbi jövőben szeretnénk egy saját fejlesztésű, hulladékszállítási útvonal optimalizálására képes alkalmazást is létrehozni.

A téma feldolgozása során világossá vált számunkra, hogy a környezetvédelem nem elhanyagolható terület, fontos része a mindennapjainknak. A világon a technika és az ipar fejlődésével egyre nagyobb környezetkárosító hatások jelennek meg, s ezek csökkentésére is fel lehet használni a negyedik ipari forradalom vívmányait.

Irodalomjegyzék

- [1] „A világ népessége kontinensek szerint, 1950-2100,” [Online]. Available: https://www.ksh.hu/interaktiv/grafikonok/vilag_nepessege.html.
- [2] N. Smith, „Waste Generation and Recycling Indices,” 2 July 2019. [Online]. Available: <https://www.maplecroft.com/insights/analysis/us-tops-list-of-countries-fuelling-the-mounting-waste-crisis/>.
- [3] „2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról,” [Online]. Available: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200185.TV>.
- [4] „72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=A1300072.VM&targetdate=&printTitle=>.
- [5] „64/2008. (III. 28.) Korm. rendelet a települési hulladékkezelési közszolgáltatási díj megállapításának részletes szakmai szabályairól,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=a0800064.kor&targetdate=20160401&printTitle=64/2008.+%28III.+28.%29+Korm.+rendelet>.
- [6] „385/2014. (XII. 31.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás végzésének feltételeiről,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=A1400385.KOR&targetdate=20160102&printTitle=385/2014.+%28XII.+31.%29+Korm.+rendelet>.
- [7] K. D. K. Magdolna, „Hulladékgazdálkodás,” 2013. [Online]. Available: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_kor_1/ch05.html#s2_Toc360707365.
- [8] FKF, „Fővárosi Hulladékhasznosító Mű,” [Online]. Available: <https://www.fkf.hu/fovarosi-hulladekhasznosito>.
- [9] „Az utazó ügynök problémája,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/Az_utaz%C3%B3_%C3%BCgyn%C3%B6k_probl%C3%A9ma%C3%A1ja.
- [10] E. Labs, „CleanCUBE, the solar-powered trash compactor,” [Online]. Available: <https://www.ecubelabs.com/solar-powered-trash-compactor/>.
- [11] EVOECO, „THE EVO BIN,” [Online]. Available: <https://evoeco.com/>.
- [12] „Sensoneo,” [Online]. Available: <https://sensoneo.com/>.

- [13] „Bin-e,” [Online]. Available: <https://www.bine.world/>.
- [14] „waste Hero,” [Online]. Available: <https://www.wastehero.io/en/>.
- [15] „Townew,” [Online]. Available: <https://www.townew.us/>.
- [16] „3133 - Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635,” [Online]. Available: https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=9722.
- [17] A. Semiconductor, „HX711,” [Online]. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf.
- [18] E. freaks, „Ultrasonic Ranging Module HC - SR04,” [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>.
- [19] S. SYSTECH, „SSD1306,” [Online]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>.
- [20] Espressif, „ESP8266 Technical Reference,” [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf.
- [21] getsiddd, „HX711,” [Online]. Available: <https://github.com/getsiddd/HX711>.
- [22] C. Tech, „How to use Input Capture in STM32,” [Online]. Available: <https://controllerstech.com/how-to-use-input-capture-in-stm32/>.
- [23] afiskon, „stm32-ssd1306,” [Online]. Available: <https://github.com/afiskon/stm32-ssd1306>.
- [24] MQTT. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/MQTT>.

Ábrajegyzék

1. ábra Hulladékok felhasználása és ártalmatlanítása Magyarországon 2006-2019 (forrás: ksh.hu).....	4
2. ábra Nem veszélyes hulladéklerakó szigetelőrétegeinek kialakítása.....	5
3. ábra 2019.évi hulladék újrahasznosítás Magyarországon (forrás: ksh.hu).....	7
4. ábra Szemét préselés folyamata [10]	11
5. ábra Logikai rendszerterv	15
6. ábra Fizikai rendszerterv.....	16
7. ábra STM32 Nucleo L432KC.....	16
8. ábra CZL635 típusú mérőcella.....	17
9. ábra HX711 típusú mérőátalakító	17
11. ábra A telítettség mérés elve	18
10. ábra HC-SR04 Ultrahangos távolságmérő modul.....	18
12. ábra HD44780 típusú LCD kijelző	18
13. ábra SSD1306 típusú OLED kijelző	19
14. ábra ESP8266 WiFi modul	19
15. ábra Ultrahangos szenzor működése.....	20
16. ábra MQTT topic elrendezés	21
17. ábra A felokosítandó alapeszköz	22
18. ábra Mérőcella elhelyezése	23
19. ábra Ultrahangos szenzor a kuka fedelén.....	23
20. ábra Mikrokontroller és OLED kijelző	24