

Berkes Dominik Krisztián, Santa Máté, Borsos Döníz: Okosbója mérésadatgyűjtő rendszer

¹ Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], berkes.dominik@stud.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], santa.mate@stud.uni-obuda.hu

³ Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem [1034 Budapest, Bécsi út 96/b, Budapest Magyarország], Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], borsos.doniz@uni-obuda.hu

Absztrakt: Magyarországon számos állóvíz található, amelyeket folyamatosan figyelemmel kell kísérni, hogy értékes információkat kapjunk a vízminőségről és az időjárásról. Általános probléma, hogy a mérőeszközöket gyakran nehezen hozzáférhető helyeken lehet elhelyezni, ezért fontos, hogy olyan megoldásokat alkalmazzunk, amelyek alacsony energiafogyasztással és az érzékelők adatainak távoli elérésével rendelkeznek. Jelen cikk egy olyan okosbója tervezését és építését mutatja be, amely LoRaWAN kommunikáció segítségével továbbítja az összegyűjtött adatokat. A mérési eredmények megtekinthetők a készülék kijelzőjén és a felhasználóval való kapcsolattartás érdekében egy böngészőből elérhető felhasználói felületen. A felhasználói felület valós idejű és historikus adatokat is szolgáltat.

Kulcsszavak: okosbója; LoRaWAN; időjárás

1. Bevezetés

Az állóvizek folyamatos megfigyeléséhez szükség van egy kis teljesítményű, az időjárási és egyéb lényeges adatok továbbítására alkalmas készülékre. Ennek az eszköznek képesnek kell lennie arra, hogy önállóan, külső beavatkozás nélkül működjön olyan helyeken, amelyeket ember számára nehezen elérhetőek.

A probléma megoldásaként a cikk egy olyan okosbója tervezésének és összeszerelésének teljes folyamatát mutatja be, amely képes mérni a levegő hőmérsékletét, páratartalmát és nyomását, a víz hőmérsékletét, a vízben lévő összes oldott szilárd anyagot, valamint az eszközt érő külső erők nagyságát, így meghatározva az időjárás aktuális állapotát. Az eszköz az adatokat LoRaWAN-on keresztül továbbítja, ami ideális az alacsony energiafogyasztású eszközök számára. A bója energiaellátását egy fotovoltaiikus modul és egy akkumulátor biztosítja, ami önfenntartóvá teszi a bóját. Az eszköz teste 3D nyomtatással készült és több részből áll, így szétszedhető, hogy könnyen hozzá lehessen férni a belső alkatrészekhez. A bója rendelkezik egy horgonyzási ponttal is, ahol egy adott helyre rögzíthető. A bója által gyűjtött adatokhoz egy grafikus felhasználói felületen lehet hozzáférni, amely valós idejű és múltbeli adatokkal látja el a felhasználót.

Összességében ez az eszköz megoldja a fent említett problémát azzal, hogy folyamatos adatokat szolgáltat a környezet időjárási viszonyairól, anélkül, hogy külső beavatkozásra lenne szükség.

2. Rendszertervezés

2.1 A bója tervezése

A bója tervezésének a legelső lépése volt a kommunikációs megoldás kiválasztása. Olyan kommunikációra volt szükség, amely vezeték nélküli, alacsony energiafogyasztású, nagy hatótávolságú és lehetőséget biztosít privát hálózat kialakítására. Számos megoldást megvizsgáltunk és létező termékeket is. A piacon kapható termékek főként műhold alapú kommunikációt [1][2][3][4][19] alkalmaznak, de ezt el is vetettük. Számításba jött még az NB-IoT, az LTE-M, LoRaWAN és a Sigfox is. A felállított szempontrendszernek a LoRaWAN [5][6][7][8] technológia felelt meg a leginkább, így arra esett a választásunk.

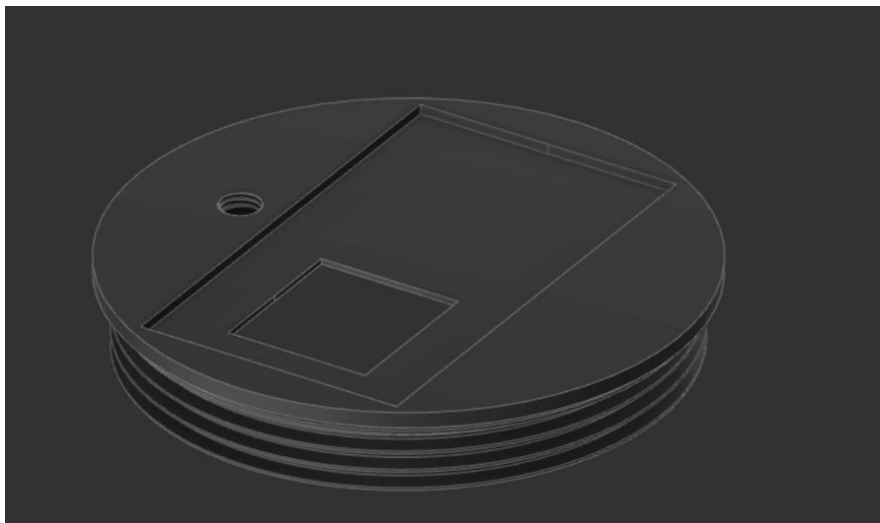
Mivel a fejlesztés jelenleg prototípus fázisban van, ezért egy ESP32 alapú LoRaWAN modullal ellátott fejlesztőeszközt választottunk, mely OLED kijelzővel is rendelkezik. Ez egyszerűbbé teszi a hibakeresést, mivel az adatok megjeleníthetők a képernyőn, ami értékes betekintést nyújt a rendszer működésébe. Ezután következett az alkalmazandó szenzorok kiválasztása. Ehhez meg kell határozni, hogy mit szeretnénk mérni. Ezek a következők:

- Víz felszíni hőmérséklete;
- Levegő hőmérséklete, páratartalma és nyomása;
- Bója mozgása;
- Vízben lévő összes oldott szilárd anyag (TDS).

Mivel ez a készülék szabadban kerül elhelyezésre, esetleg nehezen hozzáférhető helyre is akár, így akkumulátoros tápellátás szükséges, melynek töltése napelemes megoldással kell, hogy történjen. Ennek köszönhetően biztosítható a bója „önellátása”.

Már korábban említésre került, hogy a bójatest 3D nyomtatással készült a prototípushoz. A test tervezésekor a formája az alkalmazási körülményeknek és az alkalmazni kívánt szenzoroknak megfelelően lett kialakítva. A nyomtatás egy napot vett igénybe.

Néhány fontosabb tervezési szempont a következőkben kerül ismertetésre. Ahhoz, hogy a fotovoltaiikus modult fel lehessen szerelni, a tetejét laposra kellett tervezni egy kijelölt hellyel a modulnak. A fotovoltaiikus modul beszerzése után megmértük annak hosszát, szélességét és a kábelek helyét, majd ezen adatok felhasználásával egy tökéletes mélyedést terveztünk a bója tetején, amelybe később elhelyeztük a napelemet, és szilikonos tömítőanyaggal rögzítettük, gondoskodva a vízállóságról. A bója felső része a fotovoltaiikus modul számára kijelölt hellyel az alábbi képen látható.



Ábra 1

A bója tetejének 3D modellezése

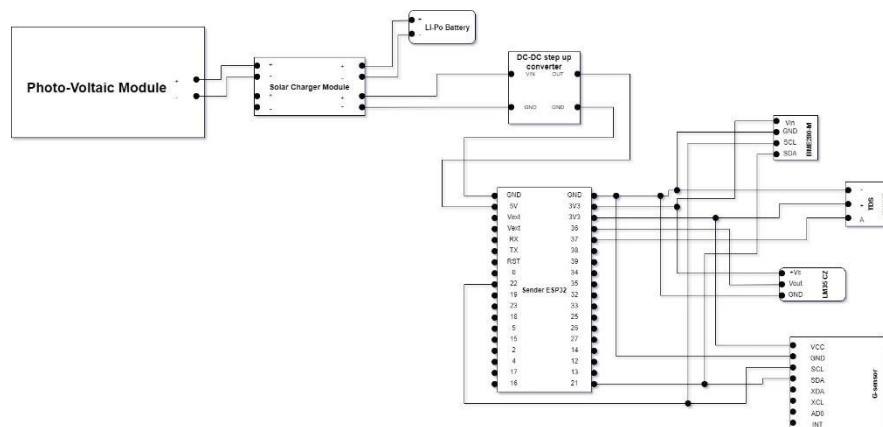
A bója két fő részre osztható, és négy egységből áll. Az alsó, jelentősebb rész a test alapja, amelynek belsejében található az összes elektronika, beleértve a kábeleket, az érzékelőket, az akkumulátort, a mikrokontrollert és az energiaellátás kezeléséért felelős hardvert. A felső részre szerelhető a napelem, és az "antenna", ahol a hőmérséklet-, páratartalom- és nyomásérzékelő található. A menetes kialakításnak köszönhetően a két rész egymásba csavarható. Emellett egy O-gyűrű biztosítja, hogy a bója vízálló legyen. Az antenna szintén a bója felső részére való csavarásával helyezhető fel. A bója alján található egy pont, amelyet a bója lehorgonyzására terveztünk. Ezzel a bóját horoggal vagy kötéllel ki lehet kötni. A bója alján két kisebb lyuk is található, amelyeken keresztül a vízhőmérséklet- és a TDS-szenzor kiáll a bója testéből, így érintkezik a vízzel.

2.2 Alkatrészek

Az alkatrészek kiválasztása a követelmények és a rendszertervek alapján zajlott. A rendszerhez a következő elemek kerültek felhasználásra:

- Mikrokontroller LoRaWAN modullal: Heltec WiFi LoRa 32 (V2.1) [9];
- Levegő hőmérséklet, páratartalom és nyomásmérő: BME280-M [10];
- Vízhőmérsékletmérő: LM35CZ [11];
- Összes oldott szilárd anyag mérő: KS0429 keyestudio TDS Meter V1.0 [12];
- Gyorsulásmérő: GY-521;
- 1,6 W fotovoltaiikus modul [13];
- 1200 mAh akkumulátor [14];
- Akkumulátor napelem töltőmodul: CN3791-M6V MPPT [15];
- Step-up konverter: STUP-SX1308 [16].

A jelenlegi kialakítást több verzió is megelőzte. A végleges bója hardverének fizikai rendszerterve az alábbi ábrán látható.



Ábra 2
Bója fizikai rendszerterv

2.3 Vízállóság

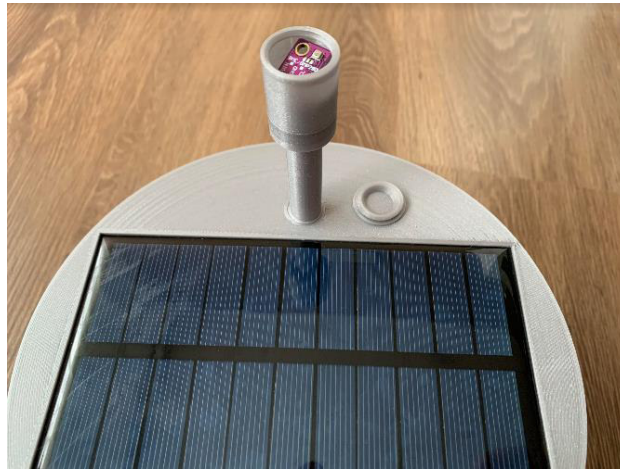
A bója felső és alsó része menetek segítségével illeszkedik egymáshoz. Ez a megoldás eleinte nem bizonyult kellően vízhatlannak, ezért a bója felső részének aljára a menetek kezdeténél egy O-gyűrűt rögzítettünk, így a két test összecsavarásakor megakadályozza, hogy a bójabója belsejébe víz jusson. Az O-gyűrűvel ellátott bója az alábbi képen látható.



Ábra 3
A bója az O-gyűrűvel

A bója felső hőmérője az antennában van elhelyezve. Ez az érzékelő a levegő hőmérsékletének, páratartalmának és nyomásának mérésére szolgál, ezért nem érintkezhet a vízzel, de valamilyen módon kölcsönhatásba kell lépnie a levegővel. Ahhoz, hogy ne az eszköz belső hőmérsékletét mérje, a többi elektronikát távolabb kell elhelyezni. Ezzel a problémával már a 3D tervezés során is foglalkoztunk. Maga az érzékelő a lapos tetejű antenna henger alakú felső részébe került. Az antenna felső részének átmérője nagyobb, mint az antenna többi része, és az antennában elhelyezett

lyukak lehetővé teszik, hogy a levegő érintkezzen a mérőegységgel. A víz itt is veszélyt jelenthet a készülékre. Ezért az antenna felső része körül a lyukakon kívül egy perem is található, amely megakadályozza, hogy a víz oldalról és főleg alulról bejusson a mérőegységbe. Az antenna üreges teste a kábelek elrejtését és védelmét szolgálja. Az antenna a következő képeken látható.



Ábra 4
Az antenna eltávolított tetejével

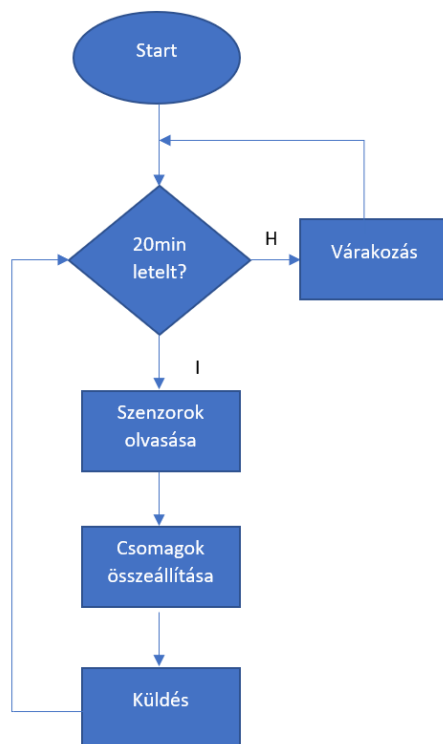


Ábra 5
Az antennán lévő lyukak

3. Rendszer áttekintése

3.1 Szoftveráttekintés

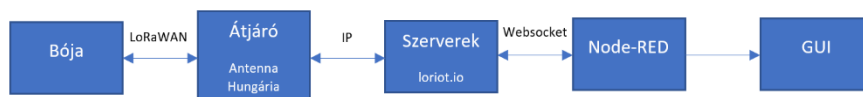
A bója szoftvere felelős az érzékelők adatainak rögzítéséért és a felhasználói felületre történő továbbításáért. Létfontosságú szerepet játszik a bója működésében, mivel nem csak hardverre, hanem szoftverre is szükség van a vezérléséhez. A mikrokontroller 20 percenként gyűjti be az érzékelők adatait. A tesztelés során azonban a mikrokontroller gyakoribb időközönként, néhány 10 másodpercenként, gyűjtötte be az adatokat hibakeresési célból. Miután a mikrokontroller beolvasta az adatokat az érzékelőkből, az adatcsomagokat előkészíti, majd elküldi. A folyamat vázlata az alábbi ábrán látható.



Ábra 6
A szoftver folyamatábrája

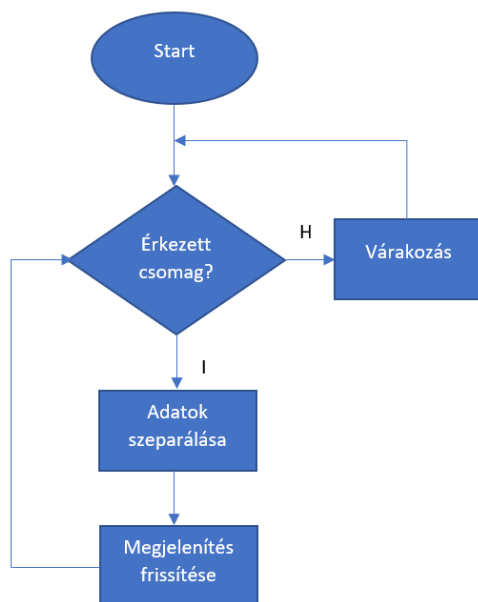
3.2 Működés ismertetése

Jelenleg, a fejlesztés végső fázisában az okosbója az adatokat LoRaWAN-on keresztül egy Node-RED felhasználói felületre továbbítja, ahol az adatok megjeleníthetők. A bója rendszerének logikai kialakítása az alábbi ábrán látható:



Ábra 7
A jelenlegi változat logikai diagramja

Amint az a logikai diagramból látható, a bőja LoRaWAN használatával a Gateway-eken keresztül továbbítja az adatokat a LORIOT szerverekre, ahonnan az adatokat Websocket protokollal továbbítja a Node-RED-nek. A rendszerhez grafikus felhasználó felület is készült Node-RED segítségével. A megjelenítő felület működésének folyamatábrája a következő képen látható.



Ábra 8

A felhasználói felület folyamatábrája

A program figyeli, hogy érkezett-e csomag. Amennyiben igen, a hasznos adatrész darabolása történik, majd azok olvasható formában való megjelenítése.

3.3 Az adatok megjelenítése

Amint az előző bekezdésben említettük, az adatok a Node-RED segítségével grafikus felhasználói felületen jelennek meg.

Amint a képeken látható, az adatok szűrése után hibakeresés céljából megjelenítjük a payload-ot, és a payload bizonyos bitjeit a megfelelő mért értékekhez rendljük. A bőjától kapott adatokat egy excel-fájlba is lementjük. A payload-ot hexadecimálisan láthatjuk mind a Node-RED-ben, mind a LORIOT-ban.

Payload: **192e15fc6305030109**

Ábra 9

A Node-RED-en megjelenő payload

Device EUI	FCntUp	Time	Port	Data
BE-7A-00-00-00-03-1B	12	2 minutes ago	2	19 2e 15 fc 63 05 03 01 09

Ábra 10

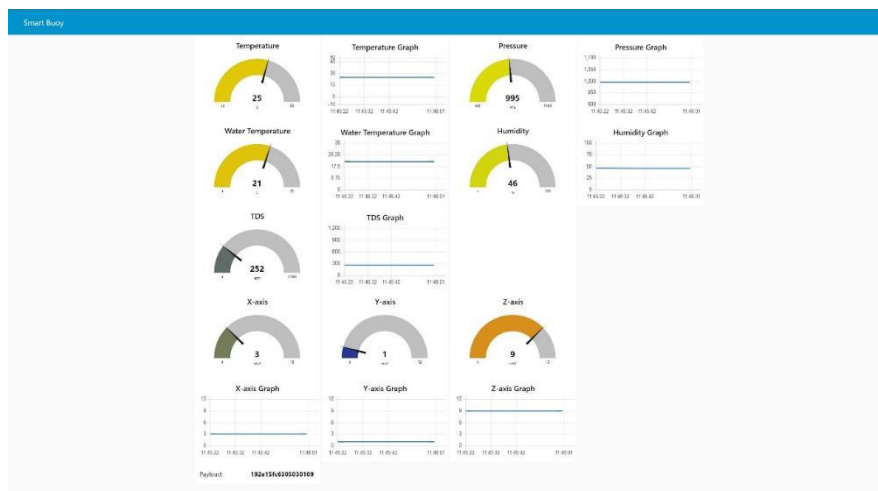
A LORIOT-on megjelenő payload és egyéb lényeges adatok

Az első képen csak a payload látható. A második képen látható az eszköz EUI-ja, az Uplink Frame Counter, a fogadás óta eltelt idő, a port, ahová érkezett az adat, és maga az adat hexadecimálisan. Amint láthatjuk, az eszköz EUI-ja BE-7A-00-00-00-00-00-03-1B, az Uplink Frame Counter 18, ami azt jelenti, hogy ez a 18. fogadott uplink, 2 perce érkezett a 2. portra, az adat pedig 19 2e 15 fc 63 05 03 01 09.

Minden egyes mért tulajdonsághoz más-más bit tartozik. A levegő hőmérsékletéhez a 0. és az 1. bitre van szükségünk, ami 19. Decimális számrendszerben ez 25, ami azt jelenti, hogy a levegő hőmérséklete 25 °C. A páratartalomhoz a 3. és a 4. bitre van szükségünk, ami 2e. Decimális számrendszerben ez 46, tehát a páratartalom 46%. A nyomáshoz a 8., 9., 10. és 11. bitre van szükség. A nyomás értéke hexadecimális számrendszerben 63 05. Mivel a nyomásadat nagy szám, ezért külön kellett továbbítanunk. A megfelelő érték megjelenítéséhez először a 63-at alakítjuk át decimális számrendszerbe, azaz 99-re, és megszorozzuk 10-zel, így kapjuk a 990-es számot. Ezután a 05-öt alakítjuk át decimálissá, így kapjuk az 5-öt. Ezek után összeadjuk a két számot, így kapjuk a 995-öt, tehát a légnyomás 995 hPa. Ahhoz, hogy megkapjuk a víz hőmérsékletét, szükségünk van a 4. és az 5. bitre, ami 15. Decimálissá történő átalakítás után 21-et kapunk, ami azt jelenti, hogy a víz hőmérséklete 21 °C. A TDS értékéhez a 6. és 7. bitre van szükség, ami fc. Decimális számrendszerben ez 252, tehát a vízben lévő összes oldott szilárd anyag 252 ppm. Az X, Y és Z tengely gyorsulási értékeihez a 12. és a 13., a 14. és a 15., illetve a 16. és a 17. bitre van szükségünk. A 03, 01 és 09 értékeket kapjuk, amelyek hexadecimális számrendszerben 3, 1 és 9. Ez azt jelenti, hogy az X tengely gyorsulása 3 m/s², az Y tengelyé 1 m/s², a Z tengelyé pedig 9 m/s².

Soros terminálon is minden fontos információt megjelenítünk, beleértve a szenzorokból kiolvasott adatokat is. A grafikus felhasználói felületen megjelenített adatok egész számra vannak kerekítve, így kevésbé pontosak, mint a soros terminálon megjelenített adatok, de a mi estünkben tökéletesen megfelelnek.

A grafikus felhasználói felületen megjelenített adatok az alábbi képen láthatók:



Ábra 11
Node-RED grafikus felhasználói felület

4. Tesztelés

A tesztelés során a bója vízállóságát, a szoftvert és a hardvert vizsgáltuk. A vízállóságot úgy teszteltük, hogy a bóját rövid időre vízbe tettük, és a bója vízállónak bizonyult. Fejlesztési lehetőség lehet a bójatest más anyagból való készítése és vízálló és UV álló festékekkel való bevonása. A fizikai tesztek után következett a szoftver és a hálózat tesztje. A mért adatok továbbítása folyamatos és sikeres volt. A lokálosan kijelzett értékek a terminálon és a felhasználói felületen megjelenített adatokkal is egyeztek. Minden szenzor külön-külön is bemérésre és kalibrálásra került.

Másik kulcsfontosságú része volt a teszteknek a LoRaWAN hálózati vizsgálatok elvégzése. Alkalmazási körülményeknek megfelelő környezetben végzett tesztek esetén, nyílt terepen, szinte 100%-os adatátvitelről beszélhetünk. Végeztünk tesztek lakóterületen belül is, ahol 80%-os adatátvitel volt tapasztalható. Ez az alkalmazás tekintetében még megengedhető, bár nem tekinthető valós környezetnek.

Konklúzió

Összefoglalva, ez a cikk ismertette az okosbója tervezésének és építésének folyamatát, valamint a mögötte álló tudományt. Az okosbója fő célja az állóvizek tulajdonságainak mérése és az időjárás aktuális állapotának meghatározása.

Bár a projekt sikeres volt, és létrehoztunk egy működő okosbóját, számos fejlesztési lehetőség van még a bója számára. Az alkalmazási területe kiterjeszthető lenne a belföldi állóvizek mellett tengerekre és óceánokra is. Ebben az esetben a bója átalakításra szorul. Ilyen fejlesztés lehet a különböző vízmélységek hőmérséklet mérése vagy kén-oxid mérés [17].

Emellett kiemelhető, hogy a bója nem csak, mint eszköz lehet termék, hanem a gyűjtött adatok is értékesíthetők [18]. További kutatási és fejlesztési irányok is kijelölhetők az eszköz késztermékké válásáig.

Források

- [1] (n.d.). *Sofar Spotter*. assets.website-files.com. Retrieved October 12, 2022, from https://assets.website-files.com/6195779003438046f0c9adde/62d75d65671fc65363e28e7f_Spotter-3pager.pdf
- [2] (n.d.). *Smart Mooring*. sofarocean. Retrieved October 12, 2022, from <https://www.sofarocean.com/products/smart-mooring>
- [3] (n.d.). *SNIFFER BUOYS FOR REMOTE EMISSION MONITORING*. arctia. Retrieved October 12, 2022, from https://www.arctia.fi/media/esitteet/viitat-ja-pojjut/sniffer-buoy-brochure_24.5.2021.pdf
- [4] (n.d.). *Smart Buoy Concept*. arctia. Retrieved October 12, 2022, from <https://www.arctia.fi/media/esitteet/viitat-ja-pojjut/smart-buoy-concept-more-than-just-an-aton.pdf>
- [5] (n.d.). *What are LoRa and LoRaWAN?* thethingsnetwork. Retrieved October 14, 2022, from <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>
- [6] SORNIN, N., & YEGIN, A. (2017). *LoRaWAN™ 1.1 Specification*. lora-alliance. Retrieved October 14, 2022, from https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawantm_specification_-v1.1.pdf

- [7] (n.d.). *LoRaWAN Security Whitepaper*. lora-alliance. Retrieved October 22, 2022, from https://loralliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawan_security_whitepaper.pdf
- [8] (n.d.). *ABP vs OTAA*. thethingsindustries. Retrieved October 22, 2022, from <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/abp-vs-otaa/>
- [9] (n.d.). *WiFi LoRa 32*. heltec. Retrieved October 22, 2022, from <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>
- [10] (n.d.). *BME280 Combined humidity and pressure sensor*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=10549
- [11] (n.d.). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=1214
- [12] (n.d.). *KS0429 keyestudio TDS Meter V1.0*. wiki.keyestudio. Retrieved October 22, 2022, from https://wiki.keyestudio.com/KS0429_keyestudio_TDS_Meter_V1.0
- [13] (n.d.). *PV150x86-5.5V/1.6W*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10041703.html
- [14] (n.d.). *Specification Approval Sheet*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=10191
- [15] (n.d.). *CN3791-M6V*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10040704.html
- [16] (n.d.). *STUP-SX1308*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10042081.html
- [17] (n.d.). *IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions*. imo. Retrieved November 6, 2022, from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
- [18] Adams, S. (2019). *The Real Cloud Wars: The \$6 Billion Battle Over The Future Of Weather Forecasting*. forbes. Retrieved November 6, 2022, from <https://www.forbes.com/sites/susanadams/2019/06/24/the-real-cloud-wars-the-6-billion-battle-over-the-future-of-weather-forecasting/?sh=6a10848f298f>
- [19] (n.d.). *Sofar Spotter*. sofarocean. Retrieved November 9, 2022, from <https://www.sofarocean.com/products/spotter>