

Uređaj za praćenje malih vodenih tijela

Zadro, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:042236>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Luka Zadro

Zagreb, 2022./2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Stanko Škec, mag. ing. mech

Student:

Luka Zadro

Zagreb, akademska godina 2022./2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Stanku Škecu na podršci, povjerenju, pruženoj pomoći i motivaciji pri izradi ovog završnog rada te asistentu mag.ing. Nikoli Horvatu koji je od početka izrade ovoga rada pružao svoju pomoć i znanje.

Također, želim se zahvaliti svim svojim prijateljima i kolegama na pomoći i motivaciji koju su mi pružili za vrijeme dosadašnjega studiranja.

Na samom kraju, od srca zahvaljujem svojoj obitelji, roditeljima Dijani i Boži te bratu Karlu koji su mi pružili pomoć i podršku od samog početka.

Luka Zadro



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Luka Zadro**

JMBAG: **0023130024**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uređaj za praćenje malih vodenih tijela**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Device for monitoring small water bodies**

Opis zadatka:

Praćenje malih vodenih tijela omogućuje regulaciju ljudskog utjecaja na okoliš te je od velikog značaja za održavanje bioraznolikosti. Za uspješan proces praćenja potrebno je kontinuirano prikupljati informacije o kvaliteti vode. Nove tehnologije praćenja vodenih tijela omogućuju autonomno uzorkovanje i mjerenje parametara vode te kontinuirano daljinsko praćenje parametara. Cilj ovog završnog rada je osmisliti i razviti uređaj za autonomno i daljinsko praćenje malih vodenih tijela.

U radu je potrebno:

- Analizirati postojeća tehnička rješenja i patente za pojedine dijelove i podsustave uređaja.
- Metodičkom razradom obuhvatiti različita konceptualna rješenja uređaja.
- Provesti evaluaciju konceptualnih rješenja uređaja.
- Odabrano projektno rješenje uređaja konstrukcijski razraditi uz upotrebu standardnih sklopova i dijelova te potrebnih proračuna za nestandardne dijelove. Pri konstrukcijskoj razradi obratiti pozornost na tehnologično oblikovanje i kompaktnost izvedbe.
- Izraditi računalni 3D model i tehničku dokumentaciju uređaja potrebnu za njenu izradu.

Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Datum predaje rada:

- 1. rok: 20. 2. 2023.
- 2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
- 3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.
- 2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
- 3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Stanko Škec

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
OPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. Uvod	1
2. Osnove malih vodenih tijela	3
2.1. Podjela malih vodenih tijela.....	3
2.2. Mjerljivi parametri voda.....	5
2.2.1 Fizički parametri vode.....	5
2.2.2. Kemijski parametri vode	7
2.2.3. Biološki parametri vode	9
3. Analiza postojećih rješenja.....	11
3.1. Analiza tržišta.....	11
3.1.1. Proteus multi-parameter sonde.....	12
3.1.2. MPC buoy LGSONIC	13
3.1.3. Podmornica i3XO EcoMapper AUV ysi.....	15
3.2. Analiza Patenata	17
3.2.1. Podvodna više parametarska sonda – Patent US20180120281.....	17
3.2.2. Plutača za mjerenje kvalitete vode i okoliša – Patent KR102165090B1	20
3.2.3. Podmornica za mjerenje kvalitete vode u riječnim kanalima – Patent CN212540374	22
4. Definiranje problema	25
5. Koncipiranje uređaja.....	28
5.1. Funkcijska struktura uređaja	28
5.2. Morfološka matrica	30
5.3. Koncepti	32
5.3.1. Sonda za mjerenje kvalitete vode.....	32
5.3.2. Prijenosna postaja za mjerenje kvalitete vode.....	34
5.3.3. Plutača sa dronom	36
5.4.4. AUV podmornica za mjerenje voda.....	38
5.4. Predodabir koncepta.....	40
5.5. Funkcijska struktura plutače.....	41
5.6. Morfološka matrica plutače.....	43
5.7. Koncepti plutača.....	48
5.7.1 Koncept I.....	48
5.7.2. Koncept II.....	51
5.7.3. Koncept III	53
5.7.4 Koncept IV	55

5.8. Vrednovanje koncepta plutača	57
6. Konstrukcijska razrada	61
6.1. Razrada tijela plutače	61
6.1.1. Spajanje gornjeg i donjeg dijela plutače	63
6.1.2. Proračun vijka za transport plutače	64
6.1.3. Provjera stabilnosti plutače	65
6.1.4. Montaža centralnih ploča na plutaču.....	66
6.2. Mehanizam za mjerenje parametara vode	67
6.2.1. Postavljanje Senzora	68
6.2.2. Mehanizam za čišćenje.....	69
6.2.3. Pumpa.....	70
6.3. Popis standardnih komponenti	70
6.3.1. Odabrana upravljačka jedinica	71
6.3.2. Odabrani modul za prijenos signala	72
6.3.3. Odabrana pumpa	72
6.3.4. Odabran elektromotor	73
6.3.5. Odabrani senzori	74
7. Zaključak	78
LITERATURA.....	79
PRILOZI.....	83

OPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz slivova u Hrvatskoj [5]	3
Slika 2. Sava u Zagrebu [9]	4
Slika 3. Utjecaj temperature vode na razvoj riba u rijekama i jezerima [14].....	6
Slika 4. Prikaz utjecaja zamućenosti na bioraznolikost [16].....	6
Slika 5. Utjecaj električne provodnosti na bioraznolikost [19].....	7
Slika 6. Utjecaj pH vrijednosti na bioraznolikost [21].....	8
Slika 7. Utjecaj DO-a na razvoj riba[22].....	8
Slika 8. Proteus multi-parameter sonda [29]	12
Slika 9. Rad sonde na mjerneoj stanici [29].....	12
Slika 10. Sonde na plutači [29]	12
Slika 11. Prikaz senzora Proteus sonde zajedno s četkicom [29].....	13
Slika 12. MPC buoy LGSONIC [31]	14
Slika 13. Prikaz vitla za senzore [31]	15
Slika 14. Meteorološka stanica[31].....	15
Slika 15. Podmornica i3XO EcoMapper AUV ysi [33].....	15
Slika 16. Propulzija [33].....	16
Slika 17. Software za upravljanje [33]	16
Slika 18. Izometrija Patent US2018012028 [34]	18
Slika 19. Izometrija 2 PatentUS20180120281[34]	18
Slika 20. Bokocrt Patent US20180120281 [34].....	18
Slika 21. Pregled senzora i vrška sonde Patent US20180120281 [34]	19
Slika 22. Vrh sa zaštitom US20180120281 [34].....	19
Slika 23. Patent KR102165090B1[35].....	20
Slika 24. Pozicioniranje KR102165090B1[35].....	21
Slika 25. Senzori KR102165090B1 [35].....	21
Slika 26. Izometrija CN212540374 [36]	22
Slika 27. Mehanizam za mjerenje CN212540374	22
Slika 28. Punjenje epruveta CN212540374 [36].....	23
Slika 29. Tlocrt CN212540374 [36].....	24
Slika 30. Prednji senzori patenta CN212540374[36].....	24
Slika 31. Funkcijska struktura uređaja	28
Slika 32. Koncept 1-izometrija 1.....	32
Slika 33. Koncept 1- Mehanizam za zaštitu senzora.....	32
Slika 34. Koncept 1 – prikaz mehanizma za čišćenje	33
Slika 35. Koncept 1- Shema.....	33
Slika 36. Koncept 2 – izometrija.....	34
Slika 37. Koncept 2- prikaz mjernog volumena.....	35
Slika 38. Koncept 2- prikaz mehanizma za čišćenje	35
Slika 39. Koncept 2-Shema.....	35
Slika 40. Koncept 3-izometrija.....	36
Slika 41. Koncept 3- nacrt.....	37
Slika 42. Koncept 3 Tlocrt	37
Slika 43. Koncept 3-Sonda sa sensorima spojena na vitlo.....	38
Slika 44. Koncept 3-shema.....	38
Slika 45. Koncept 4-izometrija.....	39
Slika 46. Koncept 4-nacrt.....	39
Slika 47. Koncept 4-shema.....	39

Slika 48. Funkcijska struktura plutače	41
Slika 49. Koncept I-nacrt	48
Slika 50. Koncept I-izometrija otvoreno	48
Slika 51. Koncept I-izometrija senzora sa četkicom	49
Slika 52. Mehanizam za zaključavanje mjernog volumena	50
Slika 53. Koncept I-upravljačka kutija.....	50
Slika 54. Koncept I-shema	50
Slika 55. Koncept II-nacrt	51
Slika 56. Koncept II-shema.....	52
Slika 57. Koncept II-Vitlo sa modulom za senzore	52
Slika 58. Koncept III-izometrija.....	53
Slika 59. Koncept III-spajanja kućišta iz dva dijela.....	53
Slika 60. Koncept III-tlocrt	54
Slika 61. Koncept III-prikaz sustava propulzije.....	54
Slika 62. Koncept III- prikaz mehanizma za pohranu.....	54
Slika 63. Koncept III-shema.....	54
Slika 64. Koncept IV. Izometrija	55
Slika 65. Koncept IV-mehanizam za mjerenje vode.....	56
Slika 66. Koncept IV- shema	56
Slika 67. Tijelo plutače.....	62
Slika 68. Spoj gornjeg i donjeg dijela plutače.....	63
Slika 69. Prijenos sila na vijak	64
Slika 70. Položaj težišta plutače.....	66
Slika 71. Gornja centralna ploča	67
Slika 72. Gornja centralna ploča izolirana	67
Slika 73. Donja centralna ploča.....	67
Slika 74. Nosač elektromotora	69
Slika 75. Spajanje vratila sa elektromotorom.....	69
Slika 76. Prikaz četkica senzora	69
Slika 77. Peristaltičku pumpa.....	70
Slika 78. Cijevi pumpe	70
Slika 79. Prikaz gornjega ventila na mjernom volumenu	70
Slika 80. Arduino Uno [49].....	71
Slika 81. MutliTech mDot LoRa modul [50].....	72
Slika 82. Način rada peristaltičke pumpe [51]	73
Slika 83. Gikfun 12V DC Dosing Peristaltic Pump [52]	73
Slika 84. SG90 elektromotor [49]	74
Slika 85. Groove-ORP Sensor Kit [54].....	75
Slika 86. Groove – pH Sensor Kit [55]	76
Slika 87. EC Sensor Kit [56].....	76
Slika 88. Waterproof 1- WireDS18B20 senzor za temperaturu.....	77

POPIS TABLICA

Tablica 1. Morfološka matrica proizvoda za mjerenje malih vodenih tijela.....	30
Tablica 2. Matrica za preodabir koncepta	40
Tablica 3. Morfološka matrica plutače.....	43
Tablica 4. Težinski faktori problema	57
Tablica 5. Evaluacija koncepta.....	58
Tablica 6. Specifikacije Arduino Uno.....	72
Tablica 7. Tehničke specifikacije Gikfun 12V DC pumpe	73
Tablica 8. Tehničke specifikacije SG90 elektromotora	74
Tablica 9. Specifikacije ORP senzora	75
Tablica 10. Specifikacije pH senzora	76
Tablica 11. Specifikacije EC senzora.....	77
Tablica 12. Specifikacije WireDS18B20 senzora za temperaturu	77

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	PL-LZ-000 -Glavni Sklop
	PL-LZ-001 -Mehanizam za mjerenje parametara vode
	PL-LZ-011 - Donji dio plutače
	PL-LZ-102 - Oslonac za senzore

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
F_{uzg}	N	Sila uzgona plutače
G	N	Težina plutače
ρ	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Gustoća vode
g	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Gravitacijsko ubrzanje
V	m^3	Volumen uronjenoga tijela
m	kg	Masa plutače
V_{plut}	m^3	Volumen donjega dijela plutače
R	m	Radijus donjega dijela plutače
R_m	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Vlačna čvrstoća
R_e	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Granica tečenja
F	N	Sila u vijku
F_{max}	N	Maksimalna sila u vijku
σ_v	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Naprezanje na vlak
A	mm^2	Površina poprečnog presjeka vijka
d_1	mm	Unutarnji promjer vijka
σ_{dop}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Dopušteno naprezanje

SAŽETAK

Promatranje malih vodenih tijela u stvarnom vremenu od velikog je značaja za prehrambenu i farmaceutsku industriju. Time se stječe uvid u bioraznolikost unutar različitih promjena u vodenom tijelu koja je uzrokovana vanjskim faktorima. S obzirom da je bioraznolikost flore i faune esencijalna za fotosintezu i druge važne prirodne procese, javlja se potreba za razvojem uređaja koji prate određene parametre unutar vodenog tijela i daju uvid u njeno stanje. Stoga će se u ovom radu opisati uređaj za mjerenje vodenih parametara malih vodenih tijela koja ukazuju na stupanj bioraznolikosti i zagađenja. Prvo će se definirati mala vodena tijela kao i mjerljivi parametri unutar njih. Nakon toga će se objasniti problem vezan uz trenutačne metode i tehnologiju mjerenja te će se analizirati tržište kao i patenti postojećih uređaja za mjerenja malih vodenih tijela. Na temelju istraživanja bit će definirani funkcionalni i eksploatacijski zahtjevi koji će poslužiti kao osnova za fazu koncipiranja. Posljedično se radi funkcijska dekompozicija. Promatraju se funkcije potrebne za rad proizvoda preko tokova energije i materije koja prolazi kroz uređaj. Iz dobivene funkcijske dekompozicije radi se morfološka matrica s glavnim funkcijama koje su potrebne za rad uređaja i pripadajuća tehnička rješenja. Pomoću morfološke matrice izrađuje se nekoliko koncepata čiji je rad opisan, a funkcije uspoređene. Određen je najbolji koncept te prenesen u daljnju konstrukcijsku razradu. U ovoj će se fazi proračunati konstrukcijska rješenja i standardne komponente koje su potrebne za rad uređaja. Rješenja će se detaljnije opisati pomoću izrađenoga modela te će biti objašnjeno zašto se koje koristilo. Za izradu modela koristi se programski paket *SolidWorks 2020*, a nakon izrade će se predložiti tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: mala vodena tijela, mjerenje u stvarnom vremenu, senzori, razvoj proizvoda

SUMMARY

Small water body monitoring in real-time is of crucial importance for the food and pharmaceutical industry. Their observation gives a view of biodiversity behaviour during various changes inside a small water body caused by external factors. The biodiversity of flora and fauna is essential for photosynthesis and other critical natural processes. Because of that, there is a need for products that monitor specific water parameters of a water body, which give a view of their current condition. That being said, product development of the device for water monitoring of small water bodies, which indicates the level of biodiversity, will be discussed. Firstly, small water bodies and water parameters which indicate the level of biodiversity will be defined. Next comes the problem description of the current methods and techniques used for water monitoring. Based on research, the most important functional and operating needs will be defined and used as a basis for the conceptualization phase. Furthermore, the functional structure of the product is made where functions needed for device operation are observed over energy and matter flowing through the device. A morphological matrix is made from a functional structure with the essential functions and technical solution which performs that specific function. Concepts of the device are made with the help of a morphological matrix and are explained and compared with each other. The best concept is picked and used for the detailed design phase, where it is further worked out for performing functions needed for its operation. In this phase, specific design parts will be calculated, as well as standard components needed for its operation. Design solutions will be explained in detail with the help of generated model. Finally, technical documentation will be created.

Key words: Small water bodies, Real time monitoring, Sensors, Product development

1. Uvod

Voda ima važnu ulogu u održavanju svih živih organizama. Neophodna je za razne biološke procese i smatra se najvažnijom tvari za život. Voda se koristi za piće, napajanje stoke i polja, u balansiranju ekosistema i razvoju industrije. S obzirom na važnost vode, svako zagađenje tog prirodnog resursa može imati značajne posljedice za ekosustav, čovjeka i ekonomski razvoj.

Zbog njihovog manjeg zagađenja, značajnu ulogu za zdravlje ekosustava imaju mala vodena tijela (npr., jezera, rijeke, potoci, bare). Ona služe kao glavni izvor vode živom svijetu koji je zbog zagađenja nestao iz većih vodenih tijela [1]. Kao takva, mala vodena tijela su kritična za održavanje ekosustava i njihovo očuvanje je od iznimne važnosti. Najveći problem s kojim se mala vodena tijela suočavaju je zagađivanje uslijed poljoprivrednog otjecanja, ispuštanja otpadnih voda i industrijskog otpada. Ovo ima značajan utjecaj na kvalitetu vode i zdravlje flore i faune. Tome svjedoči podatak koji govori da se broj svih vrsta vezan uz mala vodena tijela smanjio za 84% od 1970. godine, što odgovara godišnjem padu od 4% [2]. Uzimajući u obzir važnost malih vodenih tijela te rizik od njihovog zagađenja, javlja se potreba za praćenjem kvalitete tih tijela. Praćenje malih vodenih tijela uglavnom se provodi mjerenjem parametara koji ukazuju na trenutačno stanje i služe za procjenu bioraznolikosti i stupnja zagađenja.

U praksi su uvriježena dva pristupa mjerenju. Prvi pristup obavlja se tako da operater uzima uzorak koji se potom nosi u laboratorij i analizira. Drugi pristup koristi autonomni uređaj koji provodi uzorkovanje i analizu kvalitete vode te šalje rezultate laboratoriju digitalnim putem. Pristup s operaterom može služiti za analizu velikog broja parametara vode, ali zahtijeva više resursa za uzorkovanje. Resursi potrebni za uzorkovanje su od iznimne važnosti jer se uzorci, zbog ovisnosti parametara vodenih tijela o različitim faktorima (npr. temperatura, količina sunčeve svjetlosti, razina algi u vodi i sl.), često uzimaju i analiziraju tijekom duljeg vremenskoga perioda. Osim toga, kontinuiranim praćenjem mogu se opisati promjene vodenih parametara koji se javljaju u vodi tokom određenoga vremenskoga perioda čime se omogućuje procjena brzine promjene kvalitete vode. Takvi podaci omogućuju osmišljavanje programa za prevenciju zagađenja, provjeravanje ispunjavanja zadanih ciljeva za obnovu malih vodenih tijela te reagiranje na hitne slučajeve kao što su presušivanja, izlivanje i poplave. Stoga je važno omogućiti kontinuirano praćenje parametara vode uz što niže resurse potrebne za uzorkovanje.

Cilj ovoga rada je konstruirati autonoman uređaj koji će biti sposoban mjeriti parametre vodenih tijela u stvarnom vremenu. Ostatak rada je organiziran prema fazi konstruiranja. Prvo će se detaljnije obraditi mala vodena tijela i parametri koji se mjere u njima. Slijedi opis problema i prepoznavanje potreba uređaja. To je popraćeno analizom patenata i tržišta kako bi se dobio uvid u trenutačnu tehnologiju koja je zastupljena u ovom području. Na temelju analize, definirani su tehnički zahtjevi uređaja. Pomoću provedenog istraživanja, napraviti će se funkcijska struktura uređaja iz koje proizlazi morfološka matrica koja služi za generiranje raznovrsnih koncepata za proizvod. Koncepti će se međusobno usporediti i unaprijediti, te će se najbolji koncept odabrati za konstrukcijsku razradu. U fazi konstrukcijske razrade dodatno će se razraditi izabrani koncept tako što će se napraviti potrebni strojarski proračuni i opisati mehanizmi za obavljanje potrebnih funkcija dobivenih iz zahtjeva proizvoda

2. Osnove malih vodenih tijela

Mala vodena tijela su vode koje se nalaze u močvarnim područjima ili tresetištima. Mogu biti prirodnog ili umjetnog nastanka s vodom koja presušuje ili koja je prisutna tokom godine. Statičnog su ili dinamičnog toka i njihova voda može biti slana, bočata ili slatka. U njima dubina vode za vrijeme oseke ne prelazi šest metara [3].

Većina malih vodenih tijela slijeva se u veća vodena tijela, bilo preko kopnenoga toka tj. sliva ili podzemnim putem. Uglavnom služe kao mjesta gdje se brojne životinjske vrste razmnožavaju i borave. Također, kako su uglavnom izolirana od većih gradova, puno su bolje očuvana od utjecaja čovjeka. Zbog toga se često u njima otkrivaju nove vrste biljaka i životinja što je od iznimne važnosti za razvoj farmaceutske industrije [4]. Osim toga služe kao prirodni rezervoari te imaju važnu ulogu u regulaciji protoka vode u rijekama i potocima. Djeluju kao prirodni filtri uklanjajući zagađivače i višak štetnih spojeva iz vode. Slika 1. prikazuje slivove rijeka i malih vodenih tijela u Hrvatskoj.



Slika 1. Prikaz slivova u Hrvatskoj [5]

2.1. Podjela malih vodenih tijela

Zbog različitih geografskih, klimatskih i geoloških obilježja, u svijetu postoje brojne vrste malih vodenih tijela, kao što su jezera, bare, rijeke i potoci.

Jezero je udubina na kopnu ispunjena vodom koja nema izravnu vezu s morem [6]. Njegova važnost leži u održavanju stabilnosti flore i faune. Jezera se koriste za gospodarski razvitak u

kontekstu prehrambene industrije (ribarstvo, napajanje stoke) ili tako što njihova voda služi kao rashladno sredstvo za strojeve u proizvodnji. Njihova zaštita i održavanje neophodni su zbog statičnog toka i volumena koji ih čine sklonijim zagađivanju i pojavi cvjetanja algi. Bare su po definiciji područja napunjena vodom, bilo prirodnog ili umjetnog postanka. Manja su od jezera i zauzimaju površinu manju od 5 hektara te imaju dubinu manju od 5 metara. Umjetne bare su jedan od najboljih načina da se obnove krajolici te da se poveća bioraznolikost za relativno nisku cijenu. Prosječno, bare po indeksu rijetkosti vrsta imaju najveću vrijednost [7]. Razlikuju se od jezera ponajprije svojim volumenom i dubinom te su zbog toga podložnije promjenama kao što su cvjetanja algi ili zagađenja uslijed ljudskog djelovanja.

Rijeka je veliki prirodni vodotok koji se kreće od izvora do ušća u drugu rijeku, jezero ili more. Od rane povijesti, rijeke su bile centri civilizacija pružajući pitku vodu, vodu za napajanje te izvor hrane. Unatoč tome što zauzimaju 0.01% ukupne vodene mase, u njima obitava 6% svih opisanih živih bića [8]. Slika 2. prikazuje rijeku Savu u Zagrebu.



Slika 2. Sava u Zagrebu [9]

Gradnja velikih industrijskih postrojenja popraćena naglom urbanizacijom značajno je utjecala na razine vodenih parametara u rijeci. To je i glavni uzrok zagađenja rijeka. Njihovo održavanje od vitalnog je značaja obzirom da tokovi služe kao izvor pitke vode, mjesta za razvoj različitih organizama i napajanja polja.

Potok je mali vodotok, obično širine od nekoliko desetaka centimetara pa do nekoliko metara. Tipično, duljina njegovog toka ne prelazi nekoliko kilometara, a dubina rijetko prelazi 1,5 metara. Uglavnom se ulijevaju u veće rijeke ili jezera, a veličina im ovisi o kišnim danima [9]. Kako se zapravo radi o manjim inačicama rijeka, puno su zastupljeniji od njih. Zbog manjih volumena podložniji su klimatskim utjecajima i zagađivanju.

Močvara je tlo natopljeno stajaćom vodom koje pokriveno vegetacijom. Nastaje u vlažnim krajevima gdje je podzemna voda vrlo blizu površine zemlje. Odlikuje ju niska pH vrijednost, tj. kiselost koja pruža uvjete staništa za mnoge biljne i životinjske vrste.

Močvarna tla su često nepristupačna zbog obilne vegetacije. Njihova kontrola je zahtjevna i izazovna, a zagađenja su sve intenzivnija.

Jarak je vrsta umjetnoga potoka ili kanala čija se voda koristi za navodnjavanje ili kao drenaža za odvodnjavanje tla. Od izrazite je važnosti za poljoprivrednu i stočarsku industriju jer služi za pružanje vode biljkama i životinjama.

Ovime je objašnjena većina malih vodenih tijela u Hrvatskoj. Ostale vrste malih vodenih tijela, kao što su ponornice i podzemne vode, neće se obrađivati u ovom radu. Također se neće objašnjavati vode na ledenjacima, vulkanima ili vode mangrova koji također spadaju pod definiciju malih vodenih tijela. U sljedećem će se poglavlju obraditi mjerljivi parametri malih vodenih tijela i njihova važnost.

2.2. Mjerljivi parametri voda

Praćenje malih vodenih tijela zasniva se na mjerenju parametara vode. Parametri su propisani različitim normama, a njihove vrijednosti govore o stanju vodenog tijela te se dobivaju pomoću senzora [10]. Senzori su elementi mjernog sustava koji su u izravnom kontaktu s mjernom veličinom i daju izlazni signal ovisan o njezinom iznosu. Zbog dominantne primjene električnih i optičkih senzora za mjerenje parametara malih vodenih tijela, većina senzora pretvara mjerenu veličinu u električni mjerljiv signal [11].

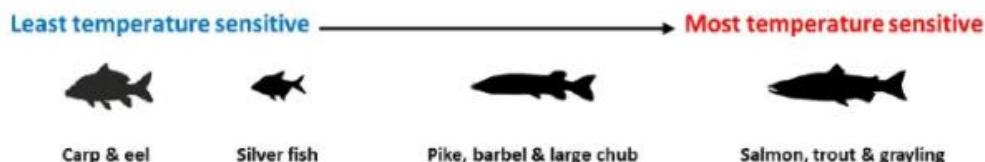
Mjerljiviji parametri vode dijele se na fizičke, kemijske i biološke parametre vode [12].

2.2.1 Fizički parametri vode

Fizički parametri vode su svojstva koja se mogu mjeriti ili promatrati bez promjene u kemijskom sastavu vode. Neki od najvažnijih fizičkih parametara su:

- temperatura
- zamućenost
- električna provodljivost

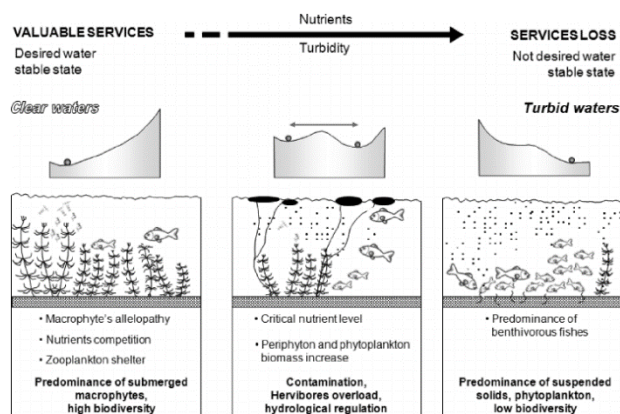
Temperatura vode je najosnovnija značajka prilikom mjerenja parametara vode. Ona utječe na razna kemijska i fizička svojstva vode kao i količinu bioraznolikosti [13]. Slika 3. prikazuje utjecaj temperature na razvoj pojedinih riba unutar vodenoga tijela.



Slika 3. Utjecaj temperature vode na razvoj riba u rijekama i jezerima [14]

Praćenje temperature vode važno je iz više razloga. Primjerice, promjena temperature u vodi može biti pokazatelj promjena u klimi, bioraznolikosti ili pokazivati na ljudsku aktivnost koja utječe na kvalitetu vode.

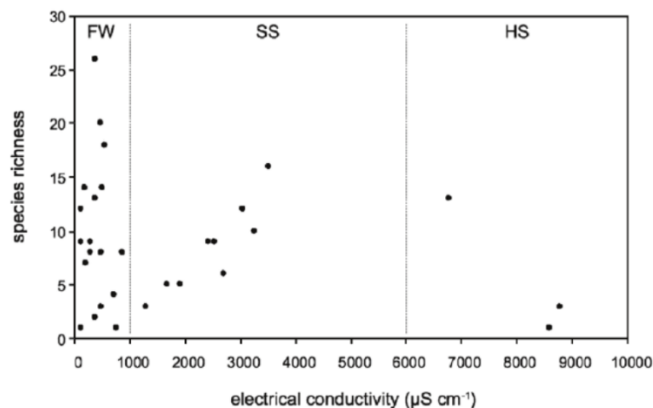
Zamućenost vode uzrokovana je velikim brojem čestica koje su najčešće vidljive golim okom. To je mjera relativne čistoće fluida [15]. Mjerenje zamućenosti vode pokazuje stupanj zagađenja vodenoga tijela. Tekućine, a pogotovo one u prirodi, u sebi sadrže čestice različitih veličina, a mogu biti topljive i netopljive, koje doprinose zamućenom izgledu. Slika 4. prikazuje utjecaj zamućenosti na vodeno tijelo. Što je voda čišća, tj. što je njen stupanj zamućenosti niži, ona je pogodnija za razvoj flore i faune radi čega je i stupanj bioraznolikosti viši. Obrnuto, porastom stupnja zamućenosti, količina bioraznolikosti se smanjuje.



Slika 4. Prikaz utjecaja zamućenosti na bioraznolikost [16]

Električna provodnost je fizikalna veličina koja opisuje svojstvo tvari da provodi električnu struju [17]. Jasan je indikator da je voda zagađena unatoč tome što ne može reći o kakvoj se vrsti zagađenja radi. Svaka ljudska aktivnost koja opušta neorganske kemikalije (kloridi, fosfori) ili kemikalije s ionima ima utjecaj na električnu provodnost vodenoga tijela [18].

Slika 5. prikazuje mjerenje planktona u slatkovodnim kontinentalnim vodama. Vidljivo je da se ukupna populacija planktona smanjuje s povećavanjem količine soli u slatkovodnim vodama. Kako su slatkovodni planktoni početak hranidbenoga lanca, valja zaključiti da će i vode koje su manje slane biti bogatije slatkovodnom ribom i ostalim oblicima živoga svijeta.



Slika 5. Utjecaj električne provodnosti na bioraznolikost [19]

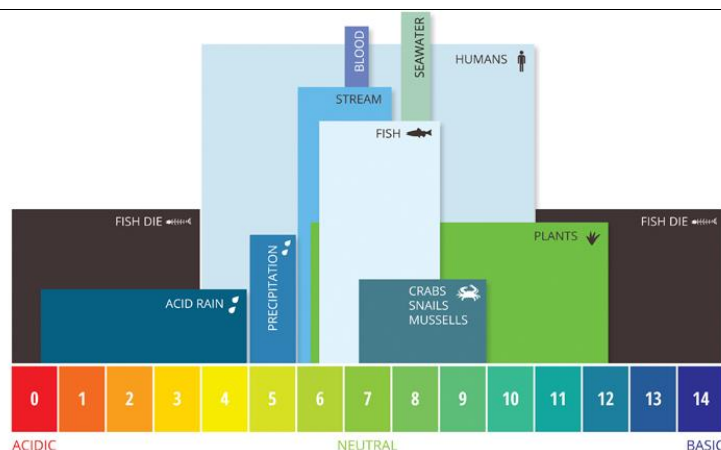
2.2.2. Kemijski parametri vode

Kemijski parametri vode odnose se na različita kemijska svojstva vode koja mogu utjecati na njezinu kvalitetu. Neki od najvažnijih kemijskih parametara vode su:

- pH vrijednost
- otopljen kisik
- biološka potrošnja kisika
- oksidacijsko redukcijski potencijal.

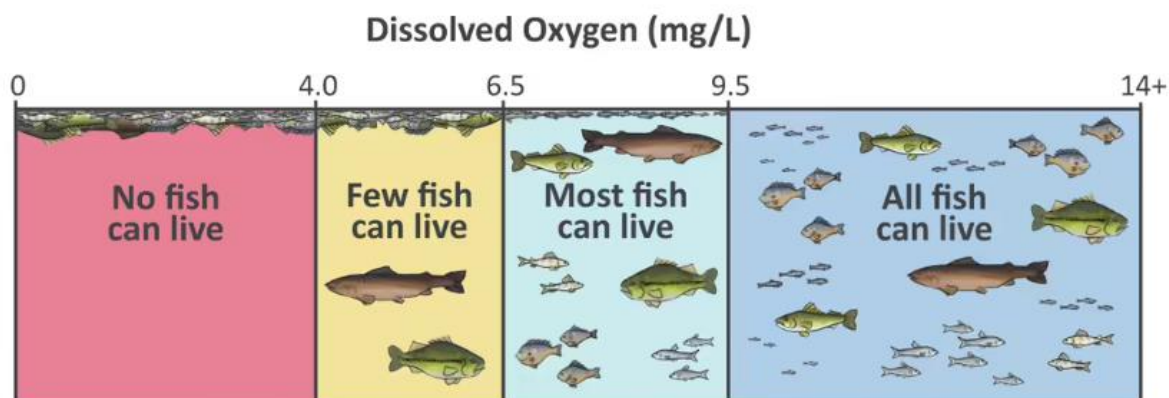
pH vrijednost je mjera kiselosti, odnosno lužnatosti vodenih otopina. Dobiva se kao negativan dekadski logaritam množinske koncentracije vodikovih iona u otopini. Ukoliko se radi o čistoj vodi ili neutralnoj otopini, prema definiciji, pH vrijednost iznosi 7. Ako je pH manji od 7, otopine su kisele, a u lužnatim otopinama je pH veći od 7 [20].

Većina slatkovodnih vodenih tijela ima pH vrijednost u rasponu od 6 do 8. Kada ta vrijednost izađe van raspona, javljaju se značajni štetni efekti na organizme unutar vodenoga tijela. Kako pH vrijednost pada prema 5, razmnožavaju se planktoni i mahovine s nepoželjnim učinkom za određene populacije riba. Na pH vrijednosti 5, sva populacija ribe nestaje, a dno se ispunjava neraspadnutim materijalom i mahovina počinje dominirati obalnim područjem. Sve ispod pH vrijednosti 3.7 karakteristično je za vodu koja je praktički ostala bez svih vrsta ribe kao što je prikazano na slici 6. Lužnatost također ima fatalan utjecaj na bioraznolikost jer ribe umiru na pH vrijednosti iznad 10. Međutim, kako je visoka pH vrijednost popraćena snažnom fotosintetskom aktivnošću vodenih biljaka, visokom temperaturom i prezasićenošću otopljenih plinova, otežana je bilo kakva korelacija lužnatosti vode sa stupnjem pomora riba. Unatoč tome, lužnatost je izvrstan indikator ljudskog zagađenja vodenog tijela [21].



Slika 6. Utjecaj pH vrijednosti na bioraznolikost [21]

Otopljen kisik je mjera koliko je kisika otopljeno u vodi, tj. količina kisika dostupna živim vodenim organizmima. Ovo je važan parametar za procjenu zdravlja i kvalitete vodenog okoliša. Slika 7. pokazuje utjecaj otopljenog kisika na razvoj ribe u vodenim tijelima. Pr količinama otopljenog kisika manjima od 5 mg/L riba ne može predugo preživljavati, te je to znak zagađenja vode, dok je količina od 3 mg/L fatalna za sve ribe i većinu organizama [22].



Slika 7. Utjecaj DO-a na razvoj riba[22]

Biokemijska potrošnja kisika je količina otopljenog kisika potrebna aerobnim biološkim organizmima za razgradnju organskog materijala prisutnog unutar vode [23]. Služi kao mjera količine organskih spojeva unutar vode. Mjeri se u miligramima kisika potrošenih po litri uzorka tokom 5 dana mjerenja pri temperaturi od 20°C. Većina netaknutih rijeka imat će vrijednost ispod 1 mg/L, umjereno onečišćene rijeke će imati vrijednost od 2 do 8 mg/L, a rijeke koje su izrazito onečišćene imaju vrijednosti koje prelaze 8 mg/L [24].

Oksidacijsko redukcijски potencijal (ORP) još je jedan parametar vezan uz kisik i zagađenost vode. To je mjera čistoće vode i njezine sposobnosti da razgrađuje kontaminante. Više zagađivača u vodi rezultira manjom količinom otopljenog kisika zbog činjenice da organski

spojevi konzumiraju kisik. Ovime je vrijednost ORP niža što je voda zagađenija. Što je vrijednost ORP viša, veća je sposobnost vode da uništi onečišćenje stranih zagađivača kao što su mikroorganizmi ili kontaminanti na bazi ugljika. ORP vrijednost se također može promatrati kao razina bakterijske aktivnosti vode budući da postoji izravna veza između ORP vrijednosti i broja koliformnih bakterija u vodi [25].

2.2.3. Biološki parametri vode

Biološki parametri vode odnose se na mikroorganizme koji se nalaze unutar vodenog tijela. Oni se ne mjere pomoću senzora, već se uzima uzorak koji se obrađuje u laboratoriju gdje se najčešće gleda stanična struktura pod mikroskopom. Biološki parametri vode procjenjuju se na temelju kemijskih i fizičkih parametara. Najvažniji parametri su količine:

- bakterija
- algi
- virusa.

Bakterije su jednostanični organizmi nužni za održavanje ostalih makroorganizama na Zemlji. Oni su osnova svakog hranidbenoga lanca u prirodi. Budući da se brzo razmnožavaju, gotovo je nemoguće izbrojati broj bakterija u uzorku vode. Od 1500 opisanih vrsta, samo stotinjak ih je štetno za ljudsko zdravlje. Postoje mnoge štetne bolesti koje se prenose vodom, a uzrokovane su velikom količinom bakterija u njoj [26].

Alge su široka skupina pretežito vodenih autotrofnih organizama koje mogu biti jednostanične i mnogostanične. Ovi organizmi mogu se uzdržavati učinkovitim pretvaranjem anorganske tvari u organsku tvar uz energiju sunca. Dok se taj proces obavlja, alge troše ugljikov dioksid i oslobađaju kisik. Njihova opasnost leži u nekontroliranom razmnožavanju koje uzrokuje cvjetanje vode. Cvjetanje vode dovodi do otpuštanja toksičnih spojeva koji ubijaju žive organizme unutar vodenoga tijela i tako uzrokuju visok stupanj zagađenja [27].

Virusi su sićušne biološke strukture koje mogu biti štetne za zdravlje živućeg organizma. Mogu uzrokovati bolesti za živuće organizme unutar vode. Njihovo redovito praćenje važno je za prepoznavanje potencijalnih zdravstvenih rizika i kvalitete vodenih resursa. [28].

Postoje i drugi parametri koji nisu opisani unutar ovoga poglavlja. Opisani su samo oni najopćenitiji koji daju uvid u stupanj zagađenja i bioraznost. Ostali značajni parametri koji se često mjere, ali za druge svrhe, uključuju nitrata, fosfor, koliforme, amonijak, kloride, količinu klorofila itd.

Od navedenih fizičkih, kemijskih i bioloških parametara najvažniji su oni za temperaturu i pH vrijednosti. Senzori za mjerenje temperature i pH vrijednost trebali bi biti osnova za uređaj koji mjeri parametre vode obzirom da vrijednosti tih senzora imaju visok stupanj korelacije s drugim vodenim parametrima. Senzori za biološku potrošnju kisika, oksidacijsko redukcijski potencijal, električnu provodnost i zamućenost mogu se kombinirati kako bi se dobio što veći broj izmjerenih vodenih parametara, a time i opsežniji uvid u parametre vodenog tijela.

3. Analiza postojećih rješenja

U analizi postojećih rješenja istražiti će se patenti i proizvodi koji se danas koriste u industriji. Zbog raznolikog izbora patenata i proizvoda na tržištu, dobit će se uvid u različite načine rješavanja korisnih i štetnih funkcija. Pregled rješenja se radi s ciljem upoznavanja stanja tehnologije i mehanizama koji služe za rješavanje opisanog problema.

Preliminarni pregled tržišta rezultirao je identifikacijom glavnih grupa uređaja za mjerenje koji se dijele na:

- štapne sonde
- plutače
- autonomna plovila.

Štapne sonde su uređaji cilindričnog oblika koji imaju integrirane više vrsta senzora za mjerenje parametara vodenih tijela. Uglavnom su upravljani od strane operatera, ali postoje i izvedbe gdje se postavljaju na plutače, različita plovila ili mjerne stanice. Praktične su zbog svog oblika kojim se olakšava upravljanje i izvođenje robusnih funkcija. U ovom će radu pojam sonda označavati štapnu sondu u cijelosti.

Plutače ili bove plutajuća su tijela vezana ili usidrena na određenom položaju na vodenom tijelu. Za mjerenje parametara vodenih tijela, u praksi se najčešće koriste moduli senzora koji se spajaju na tijelo plutače. Njihova prednost u tome je što zahtijevaju manje održavanja, a zbog velikog volumena mogu pohraniti i više električne energije.

Autonomna plovila uglavnom dolaze u obliku podmornica ili malih brodova koji su upravljani od strane operatera. Služe za mjerenja koja zahtijevaju obilaženje većih vodenih masa. Zbog većeg pregleda vodenog tijela rezultiraju detaljnijom slikom parametara izmjerenih u vodenom tijelu.

3.1. Analiza tržišta

Slijedi analiza tržišta u kojoj se pregledavaju proizvodi i rješenja na trenutačnom tržištu. Ona su isprobana u zahtijevanim uvjetima i daju potrebne mjerne parametre. Ovaj korak, kao i analiza patenata, pomaže pri izradi funkcionalnih zahtijeva uređaja, funkcijske dekompozicije i morfološke matrice podupirući generiranje koncepata te konstrukcijsku razradu odabranog koncepta.

Za svaku glavnu grupu uređaja opisan je po jedan proizvod na tržištu koji rješava opisani problem.

3.1.1. Proteus multi-parameter sonda

Proteus multi-parameter sonda (slika 8.) je proizvod koji mjeri parametre vode kombinirajući rad više senzora za mjerenje parametara vodenog tijela. Ovisno o potrebama mjerenja, senzori se lako vade van svojih utora i zamjenjuju novima.



Slika 8. Proteus multi-parameter sonda [29]

Navedeni proizvod dolazi u tri izvedbe. U prvoj izvedbi sonda se ugrađuje u trajni telemetrijski sistem ugrađen u mali kiosk/mjernu stanicu koja se napaja preko solarne ploče, 12-24V istosmjerne struje vanjskog izvora ili direktnog spajanja na mrežu. Druga izvedba dolazi kao prijenosni telemetrijski sistem u obliku kovčega gdje se sonda spaja direktno na kovčeg koji je spojen na trofaznu struju. Kovčeg je ergonomskog oblika što olakšava njegov transport. Posljednja izvedba sonde je njeno spajanje na plutače. Ovo omogućava mjerenje vode na lokacijama udaljenima od kopna. Rezultati koje očitava sonda direktno se šalju na mobitel preko wireless modula. Najčešće se koristi u jezerima, rijekama, lukama i morima.



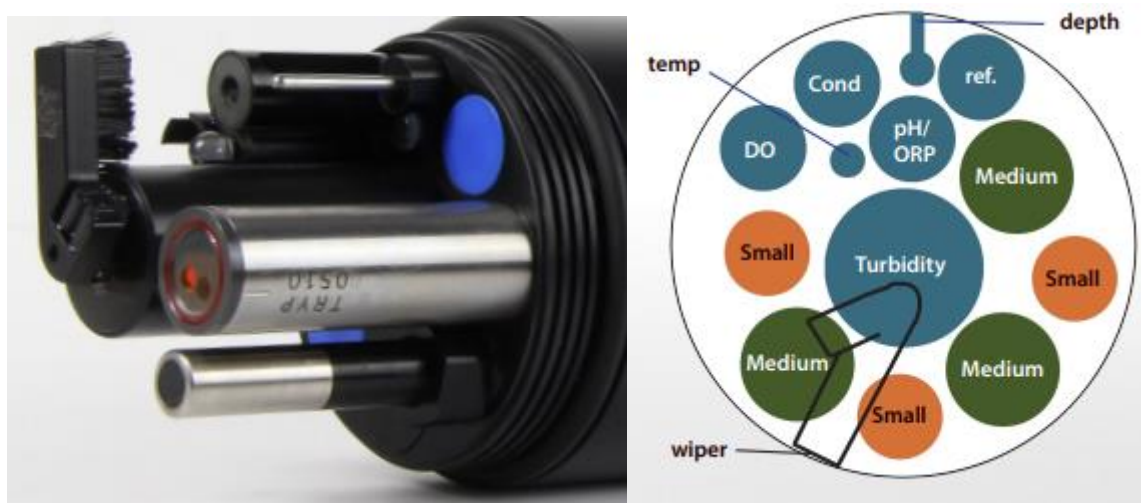
Slika 9. Rad sonde na mornoj stanici [29]



Slika 10. Sonde na plutači [29]

Proteus sonda koristi se za mjerenja do 30 parametara u stvarnom vremenu te se najčešće koristi za mjerenje voda u prirodi, industriji i kanalizaciji. Proteus koristi intrinzičnu fluorescenciju organske tvari koja postoji unutar vode i koja se kombinira s drugim

parametrima u postavljene algoritme kako bi se mjerili raznovrsni parametri vode ovisno o potrebama korisnika. Mjerljivi parametri koji su vezani uz zagađenje i bioraznolikost uključuju BOD, ORP, pH vrijednost, provodnost struje, temperaturu i brojne ostale [31]. Sonda ima brojne opcije rada koje uključuju aktivno mjerenje uz pomoć operatera ili pasivan način mjerenja pri kojemu operater postavlja sondu koja samostalno vrši mjerenja na određenom mjestu. Proteus je napravljen da zahtijeva što manju količinu održavanja obzirom da unutar sebe ima integriranu četkicu koja čisti senzore. Uz navedeno, ima razvijeni software s pristupom bazi podataka od ostalih sonde koje rade mjerenja na drugim lokacijama. Takav software i pristup bazi podataka znatno olakšava kalibriranje samih senzora što opet reducira potrebu za servisiranjem.



Slika 11. Prikaz senzora Proteus sonde zajedno s četkicom [29]

Tijelo uređaja je samo po sebi kompaktno s promjerom od 102 mm i veličinom od 483 mm. Oblik sonde omogućava njenu integraciju unutar sistema ili prenošenje proizvoda od pozicije do pozicije od strane operatera. Uređaj podržava različite načine spajanja koji uključuju wireless sustave ili putem bluetooth-a na mobitel ili prijenosno računalo što pojednostavljuje prijenos podataka.

3.1.2. MPC buoy LGSONIC

MPC plutača (slika 12.) je solarno napajan sistem koji kombinira mjerenje vodenih parametara u stvarnom vremenu. Uz to, ima funkciju emitiranja ultrazvučnih valova koji uništavaju alge. Karakterizira ju tetraedarska aluminijska struktura koja osigurava njeno pozicioniranje unatoč težini same sonde tako što generira dovoljnu silu uzgona. Za aluminijsku konstrukciju vežu se sidra koja vrše njeno pozicioniranje. Alge troše kisik unutar vode i opuštaju toksine radi čega su veliki problem za vode stajačice. MPC plutača je

napravljena tako da regulira i uništava višak algi te je sposobna za uništenje i do 90% algi na površini vodenoga tijela pomoću ultrazvučne tehnologije. Najčešće se koristi u rezervoarima pitke vode, vode za navodnjavanje, bazenima za hlađenje industrijskih postrojenja i bazenima za opadne vode te jezerima.

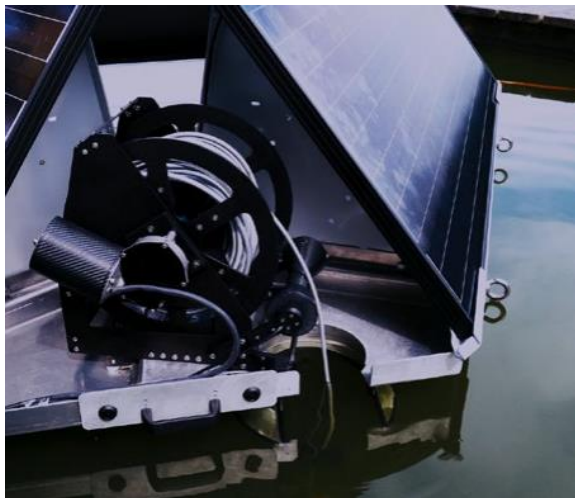


Slika 12. MPC buoy LGSONIC [31]

Što se tiče samog mjerenja parametara, MPC plutača mjeri vodene parametre svakih 10 minuta. Mjeri i količinu algi unutar vodenoga tijela, kao i ostale parametre vezane za bioraznost poput pH vrijednosti, zamućenosti vode, otopljenog kisika i temperature. Rad MPC plutače potpomognut je bazom podataka koja obuhvaća informacije o vodenim tijelima prikupljenim tokom 10 godina rada plutače na drugim lokacijama. Pomoću baze podataka rade se algoritmi koji predviđaju ponašanje parametara u vodenom tijelu. Kako je već opisan štetan utjecaj algi, MPC plutača ih pomoću ultrazvučne tehnologije eliminira na sljedeći način. Alge se nalaze na površini vodenog tijela gdje obavljaju i fotosintezu. Tu ih MPC plutača gađa ultrazvučnim valovima. Alge pogođene ultrazvučnim valovima ne primaju dovoljnu količinu sunčeve energije te padaju na dno vodenog tijela. Tu ih bakterije razgrađuju bez da ispuštaju štetne toksine u okoliš.

Za napajanje se koriste 3x200Wp solarna panela koji pružaju električnu energiju tijekom cijele godine. Uz to se koristi i 24 V, 40 AMP litijska baterija. Tijekom perioda kada sunce pruža manjak solarne energije, plutača se prebacuje na ekonomski način rada. Plutača na sebi ima ugrađen sustav vitla na koje je spojeno nehrđajuće sidro koje pozicionira plutaču unutar vodenog tijela. Na donjem dijelu plutače nalazi se modul senzora koji daje uvid u trenutno stanje parametara vodenoga tijela. Na modulu senzora ugrađena je i četkica koja čisti senzore. Ovo prolongira rad plutače i pruža kvalitetnija očitavanja. Ona sadrži 4 ultrazvučna transmitera koji šalju ultrazvučne valove i uništavaju alge unutar vodenoga tijela. Sam prijenos podataka i informacija vrši se pomoću 4G mreže, satelita i LAN-a. Plutača također

dolazi i sa svojim software-om koji daje potpuni uvid u ponašanje vodenog tijela te predviđa njegovo stanje.



Slika 13. Prikaz vitla za senzore [31]



Slika 14. Meteorološka stanica[31]

Od dodatne opreme može se ugraditi vitlo koje spušta senzore na određenu dubinu te se tako dobiva opsežnija slika o vodenom tijelu. Vitlo može spuštati senzore do dubine od 100 m gdje se mjerljivi parametri vode razlikuju od površinskih. Može se i integrirati meteorološka postaja koja pospješuje mjerenja tako što daje uvid u atmosferske parametre (kišu, temperaturu, stanje zraka) koji imaju značajan utjecaj na parametre vodenih tijela [32].

3.1.3. Podmornica i3XO EcoMapper AUV ysi

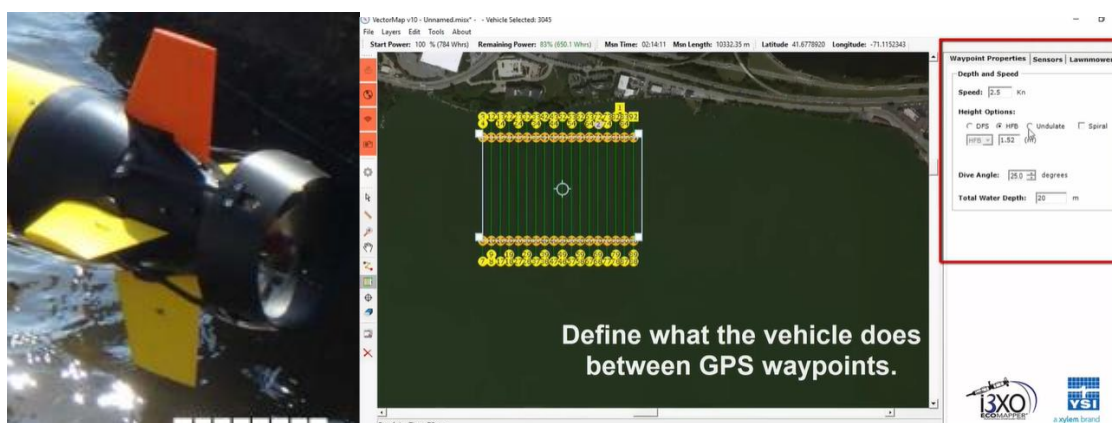
I3Xo EcoMapper (slika 15.) je autonomno plovilo napravljeno da mjeri parametre vodenog tijela. Osim što se koristi za mjerenja, također se koristi i u istraživačke svrhe obzirom da na sebi ima integriranu kameru koja snima prijedni put. I3XO kombinira tehnologiju uređaja koja se koristi za mjerenje parametara vodenih tijela s tehnologijom autonomnih podvodnih plovila. Prednost ovakve izvedbe je u tome što se u jednom mjerenju uzimaju podaci s više lokacija unutar vodenoga tijela. Takav način mjerenja omogućava detaljnije mjerenje vodenog tijela obzirom da se mjere parametri vodenog tijela u dubini i na površini vode. Ovime se dobiva opsežnija slika o parametrima vezanima uz vodeno tijelo.



Slika 15. Podmornica i3XO EcoMapper AUV ysi [33]

Podmornica je izvedena od aluminijskog cilindra koji na sebi ima integrirane hidrodinamičke elemente koji smanjuju otpor fluida prilikom njenog gibanja. Ona se giba pomoću propulzijskog sustava koji se sastoji od elise spojene na elektromotor na stražnjoj strani podmornice.

Prije samog pokretanja uređaja, podmornica se programira preko software-a koji koristi GPS modul. Na taj način se određuje put kojeg će podmornica prijeći. Nakon definicije puta, podmornica započinje s radom. Počinje se gibati po zadanom putu prilikom čega vrši mjerenja. Podmornicu podiže jedna osoba, unatoč tome što je duga do 215 cm, promjera 15 cm i težine od 32 kilograma. Na sebi ima ugrađene ručke koje omogućavaju lakši transport. Postoji izvedba podmornice gdje operater ima upravljačku palicu kojom upravlja podmornicom. Upravljačka palica ima domet do 300 metara. Podmornica je sposobna zaranjati na dubine od 100 m i postiže brzine od 1 do 4 čvora (0.5-2.0 m/s). U tome joj potpomaže propulzija koja se sastoji od brončane propele koju pogoni istosmjerni 48 V servo-motor. Rad podmornice traje od 8 do 14 sati, ovisno o brzini plova. Pri samoj navigaciji pomaže GPS (engl. *Global Positioning System*) modul i dodatna led svjetla kako bi se uređaj vidio pri većim dubinama ili tijekom noćnog rada. Da bi se to postiglo, potrebna je električna energija koja se dobiva iz 800 Wh punjive litij ionske baterije koja je zamjenska. Uređaj se puni pomoću utora za direktnu struju od 24 V s dodatnim USB 2.0 priključcima. Sigurnost električnih komponenti koje se nalaze unutar same podmornice postiže se ugradnjom senzora vlage sa zaštitnim mehanizmom. U slučaju prodora vode, taj mehanizam uzdiže podmornicu na sam vrh vodenoga tijela kako bi se spriječila šteta koju voda može uzrokovati.



Slika 16. Propulzija [33]

Slika 17. Software za upravljanje [33]

Podmornica generira karte koje pokazuju geografske oblike i mjerljive vodene parametre u vodenom tijelu. Na vrhu samoga uređaja nalazi se YSI-ova sonda koja mjeri do 8 mjerljivih

vodenih parametara u stvarnom vremenu. Podmornica dobivene podatke pohranjuje i procesira pomoću kontrolera i šalje ih natrag operateru. Podmornica se spaja na druge uređaje pomoću wireless modula.

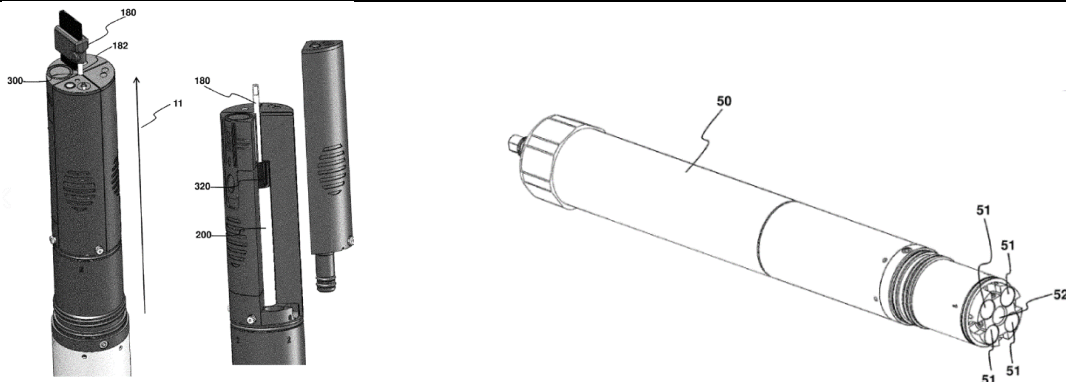
Nakon kratkog pregleda postojećih uređaja na tržištu, pronađena su rješenja koja će se koristiti u daljnjoj razradi. Može se uočiti da uređaji za mjerenje parametara vodenih tijela dolaze u različitim izvedbama. U pregledu je opisan rad štapne sonde, plutače i autonomne podmornice. Ove izvedbe su najzastupljenije na tržištu zbog pristupačne cijene, robusnih funkcija i pouzdanih rezultata mjerenja. Firme koje se bave proizvodnjom senzora proizvode i spomenute uređaje. Zbog toga svaki uređaj koristi modul senzora za mjerenje traženih vodenih parametara. Spojeni su na bazu podataka svojih proizvođača i imaju pristup prijašnjim rezultatima mjerenja. Uz to, dolaze sa svojim software-om koji olakšava njihovo korištenje i izradu algoritama za predviđanje parametara vode. Unatoč tome što je njihov način rada fundamentalno različit, način mjerenja parametara vodenih tijela je isti te se obavlja pomoću senzora.

3.2. Analiza Patenata

Analiza patenata se obavlja kako bi se steklo što bolje razumijevanje rada uređaja za mjerenje malih vodenih tijela. Patenti pružaju uvid u mehanizme i inovativna rješenja koja se koriste kako bi se izvršile funkcije koje rješavaju opisani problem. U sljedećim potpoglavljima opisat će se nekoliko patenata i njihov način rada. Ovo će omogućiti bolje razumijevanje samih proizvoda i ujedno pružiti motivaciju za izradu novih koncepata.

3.2.1. Podvodna više parametarska sonda – Patent US20180120281

Prikazan uređaj (slika 18.) je sonda koja mjeri više vodenih parametara u stvarnom vremenu. Princip rada je identičan onome kao i kod Proteus multi-parameter sonde. Kao i Proteus sonda, dolazi u tri izvedbe. U prvoj se izvedbi ugrađuje unutar telemetrijskih sustava, u drugoj izvedbi dolazi kao modul za mjerenje parametara vode na plutači, a u posljednjoj izvedbi dolazi kao samostalan uređaj. U izvedbi gdje sonda radi kao samostalni uređaj, operater ju postavlja unutar vodenog tijela gdje vrši mjerenje njegovih parametara. Mjerenje se obavlja tako što se vršak sonde postavi unutar vodenog tijela. Glavni okvir je cilindrični s mogućnošću integracije do 4 senzora od kojih svaki mjeri svoju vrijednost parametara vodenoga tijela. Ovisno o načinu izvedbe sonde, može se napajati pomoću baterija koje se nalaze unutar kućišta ili direktno spojiti na mrežu.

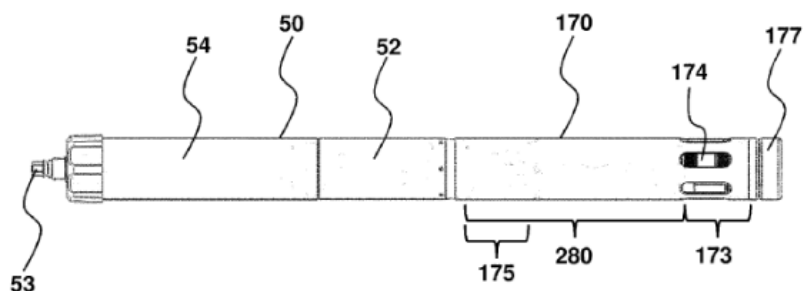


Slika 18. Izometrija Patent US2018012028 [34] **Slika 19. Izometrija 2 PatentUS20180120281[34]**

Ono što karakterizira uređaj su male zračnosti između senzora. To se postiže tako što se senzori ugrađuju u individualna kućišta u obliku kružnih isječaka što omogućava potpuno ispunjavanje volumena cijelog uređaja. Sonda ima četkicu koja se rotira čisteći senzore od raznoraznih čestica i algi. Ovakva izvedba prevenira rast algi i nakupljanje čestica čime se produljuje rad senzora i potreba za njihovom kalibracijom.

Slika 18. prikazuje montažu senzora na kućište sonde. Senzori se oslanjaju na glavnu osovinu (200) te se spajaju na univerzalne utore (51) koji daju električnu energiju potrebnu za rad senzora. Nakon što senzori dobiju potrebnu električnu energiju, spremni su za mjerenje parametara vodenog tijela.

Prikazana četkica (180) je obostrana. Takva izvedba četkice omogućava čišćenje senzora i taloga koji se nalazi unutar mjernog volumena. Zbog redovitoga čišćenja, rad sonde i vrijeme potrebno za kalibriranje senzora je produljeno. Četkica se pomoću utora spaja na pogonsko vratilo (182) pogonjeno elektromotorom. Rotacija vratila omogućuje konstantan prijelaz četkice preko vrška senzora.



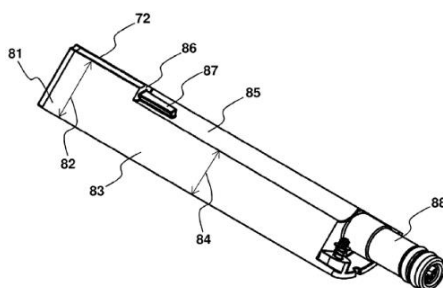
Slika 20. Bokoert Patent US20180120281 [34]

Tijelo sonde (50) prikazano na slici 20. sastoji se od nekoliko dijelova. Unutar donjeg dijela sonde (52) nalaze se univerzalni utori, a unutar gornjeg dijela sonde (54) nalaze se

elektroničke komponente kao mikrokontroler, moduli za senzore i kućište elektromotora. Na gornjem dijelu nalazi se i priključak za punjenje sonde (53).

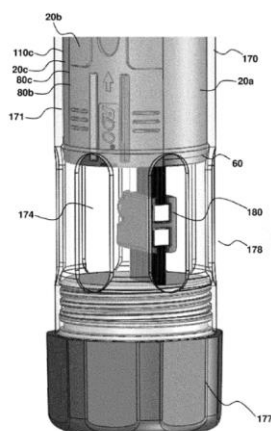
Prije rada sonde, na nju se stavlja zaštitno kućište (170) koje se sastoji od tri dijela. Gornji dio zaštitnog kućišta (175) spaja se s tijelom sonde, na srednjem dijelu zaštitnog kućišta (173) nalaze se vršci senzora, a donji dio kućišta (177) spaja se na srednji pomoću navoja. Unutar srednjeg dijela nalazi se uzorak čiji se parametri mjere. Srednji dio kućišta na sebi ima provrte (174) kako bi voda mogla doći do senzora.

Slika 21. prikazuje oblik senzora namijenjen reduciranju zračnosti koje se stvaraju između ostalih senzora. Napravljen je u obliku kružnog isječka i sastoji se od gornjeg (81) i donjeg dijela senzora (83). Donja širina senzora (84) je manja od gornje širine senzora (82) jer je napravljeno udubljenje (85) na čiju je poprečnu ravninu (86) integriran izlazni klin (87). Klin služi da bi se senzor centrirao za glavnu osovinu (200). Utičnica senzora (88) stavlja se unutar univerzalnih utora što omogućava napajanje samih senzora i njihov rad.



Slika 21. Pregled senzora i vrška sonde Patent US20180120281 [34]

Sklopovi senzora (20a, 20b, 20c, 20d) na slici 22. prikazani su u radnom stanju sa četkicom koja je spojena na rotirajuće vratilo četkice. Prikazan je čep (177) koji se mijenja nakon duljega perioda eksploatacije obzirom da se na njemu skupljaju alge i čestice.

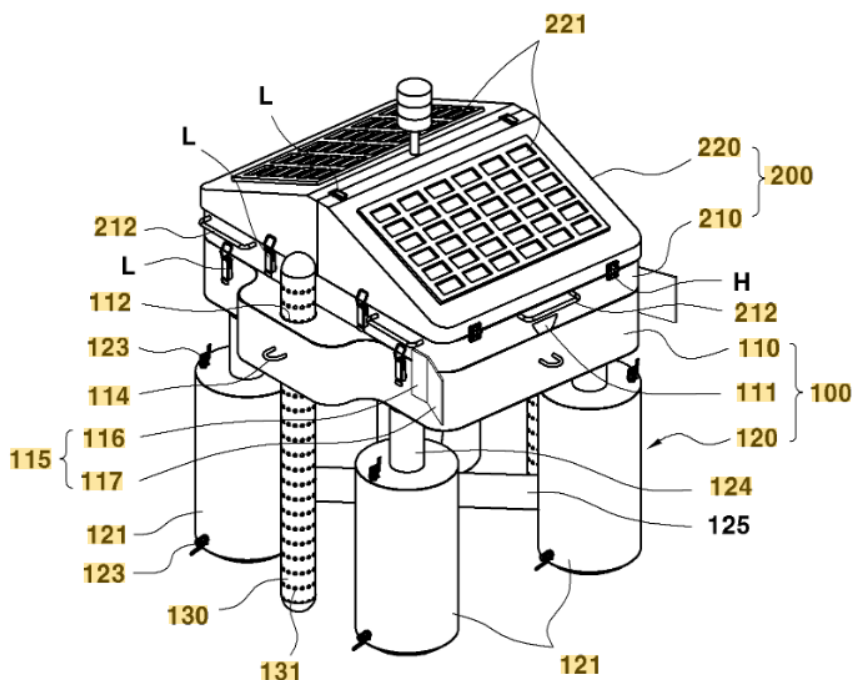


Slika 22. Vrh sa zaštitom US20180120281 [34]

3.2.2. Plutača za mjerenje kvalitete vode i okoliša – Patent KR102165090B1

Predloženi patent prikazuje plutaču koja se koristi za mjerenje parametara vode. Konstrukcija plutače generira dovoljnu silu uzgona što omogućava njezino plutanje. Njena se stabilizacija na vodenom tijelu osigurava pomoću užadi koja se veže za podvodne utege tj. pontone. Plutača pomoću štapne sonde mjeri parametre vodenog tijela. Kako bi se oduljio njen rad, na svojoj konstrukciji ima ugrađene solarne panele čiji rad puni baterije. Baterije napajaju senzore i ostale elektroničke komponente.

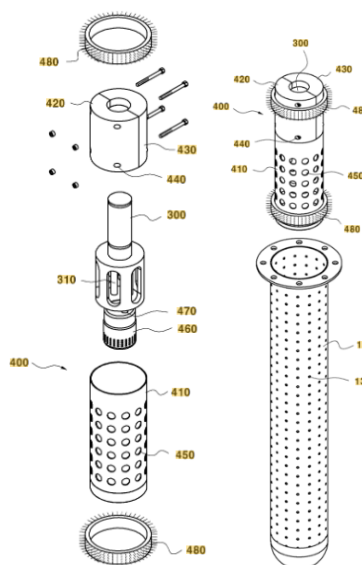
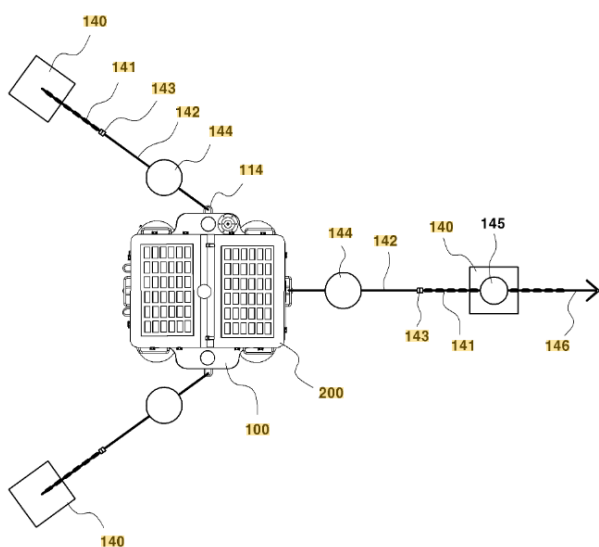
Plutača prikazana na slici 23. sastoji se od dva dijela. Prvi dio čini tijelo plutače (100) koje služi da bi proizvod plutao na vodi, a drugi dio je operativna kutija (200) koja sadrži opremu potrebnu za mjerenje vodenih parametara na koje se montira na tijelo plutače.



Slika 23. Patent KR102165090B1[35]

Tijelo plutače se sastoji od izbačenoga trokutastoga pera (111) koje prolazi vertikalno kroz tijelo i na kojeg se spaja operativna kutija. Ovime se osigurava njezina stabilnost i položaj. Uz klizajuće utore, na svakoj strani proizvoda nalaze se i kopče (L) koje služe za spajanje kutije i tijela plutače. Na svakoj strani plutače nalaze se i prihvatni za stabilizaciju (114) koji se preko užeta (141) vežu za sidro ili ponton (140), kao što je prikazano na slici 24. Prihvati se koriste za prebacivanje plutače iz pozicije na poziciju pomoću užeta koje se veže za brod. Na kućište za držanje ravnoteže (120) dolaze četiri zračna cilindra (121) koja generiraju dodatnu silu uzgona. Oni se na tijelo spajaju preko vertikalne osovine (124). Na svakom kutu tijela, nalazi

se po jedan cilindar kako bi se ostvarila što bolja stabilnost na vodenom tijelu. Međusobno su povezani horizontalnom konzolom (125) koja osigurava čvrstoću konstrukcije. Unutar svakog cilindra nalazi se prostor za komprimiran zrak kojega operater puni ovisno o potrebama pomoću ventila (123). Operativna kutija sastoji se od gornje plutajuće konzole (210) ,koja služi da pruža dodatnu silu uzgona, i od poklopca (200). Na gornjem dijelu plutače također se nalaze i ručke (212) koje potpomažu oko transporta. Unutar same operativne kutije nalaze se elektroničke komponente potrebne za rad plutače i mjerenje vodenih parametara. Prekrivene su poklopcem koji ih štiti od vlage. Prilikom servisiranja plutače poklopac se podiže s gornjeg dijela plutače. Da bi se ovo osiguralo, njihov spoj se izvodi pomoću spojnice (L). Na drugom rubu nalaze se rotirajuće spojnice (H), spojene s gornjim dijelom konzole i poklopcem. Ovakva izvedba omogućava skidanje poklopca tako što se otkopčaju spojnice (L), nakon čega se poklopac rotira oko osovine spojnica (H). Kao dodatak za generiranje dodatne električne energije potrebne za rad same plutače, na samom poklopcu su instalirane solarne ploče (221). Izvedba sa solarnim pločama produljuje radni vijek plutače.



Slika 24. Pozicioniranje KR102165090B1[35] **Slika 25. Senzori KR102165090B1** [35]

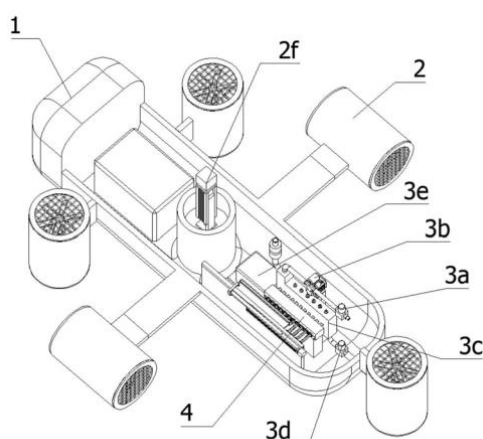
Pozicioniranje plutače prikazano na slici 24. postiže se tako što se plutača veže za tri pontona (140) koja osiguravaju njezin položaj. Plutača se za pontone spaja pomoću lanaca (141) spojenih na uža (142) pomoću užne spojnice (143). Uže se potom veže na spajajući provrt (114) koji se nalazi na tijelu plutače. Na dio konopa može se i spajati mala plutača (144) koja signalizira poziciju samog uređaja. Senzori (300) prikazani na slici 25. mjere parametre vodenih tijela. Spojeni su za plutaču preko zaštitne cijevi (130). Cijev na sebi ima provrte

(131) koji propuštaju vodu čije parametre mjere senzori. U isto vrijeme, štite senzore od mehaničkih udara. Sami se senzori ugrađuju u zaštitnu cijev koja se nalazi unutar senzornog kućišta (400). Detaljna struktura senzora nije opisana, budući da u patentu nije naglašeno koji se tipovi senzora koriste. Senzorno kućište dijeli se na gornji (410) i donji dio (420). Gornji dio izrađuje se iz dva dijela, gornjeg lijevog (420) i gornjeg desnog dijela (430). Međusobno su spojeni pomoću vijka i matice, gdje vijak prolazi kroz provrt (440) nakon što se senzori stave unutar donjega dijela kućišta. Moguća je i izvedba gdje se gornji dio izrađuje iz jednoga dijela. Na donjem dijelu kućišta nalaze se provrti za vodu (450) koji služe za propuštanje mjernog uzorka. Voda dolazi iz provrta na zaštitnom dijelu senzora što omogućava kontakt senzora sa vodom. Na ovaj način, senzori mjere parametre vodenoga tijela na kojemu plutača pluta. Ugrađena je i podvodna pumpa (460) s mlaznicama (470) na donjem dijelu senzornog kućišta. Ova konfiguracija prska senzore i tako ih čisti od algi i prljavštine.

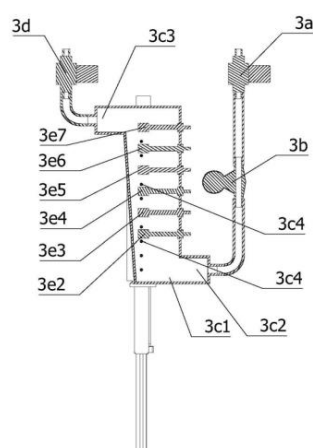
3.2.3. Podmornica za mjerenje kvalitete vode u riječnim kanalima – Patent CN212540374

Prikazani patent opisuje podmornicu čija je svrha ispitivanje i istraživanje malih vodenih tijela. Podmornica snima geografska obilježja rijeka dok mjeri parametre vodenih tijela. Može uzimati uzorke različitih dubina unutar vodenog tijela, čime se dobiva opsežniji uvid u stanje parametara vodenih tijela. Ovakva je izvedba spoj tehnologija vezanih uz mjerenje malih vodenih tijela i autonomnih plovila.

Slika 26. prikazuje kućište unutar kojeg se nalazi upravljačka jedinica, dvije pogonske propulzije (2), modul senzora (3) i mehanizam za pohranu uzoraka (4).

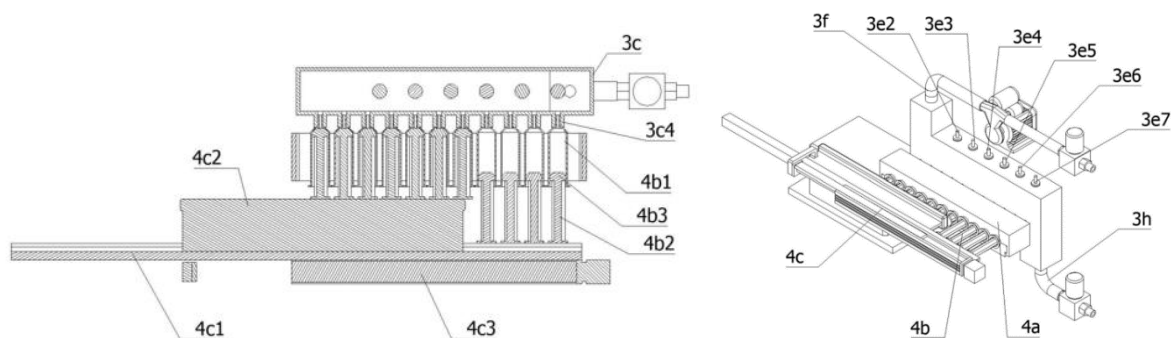


Slika 26. Izometrija CN212540374 [36]



Slika 27. Mehanizam za mjerenje CN212540374 [36]

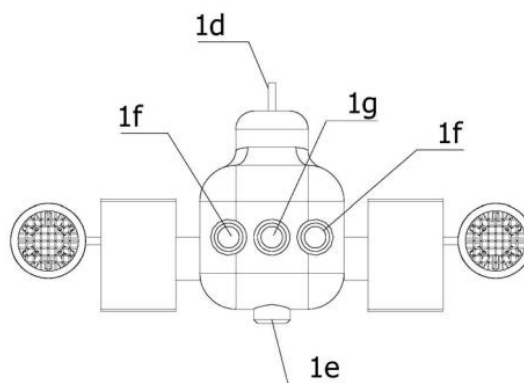
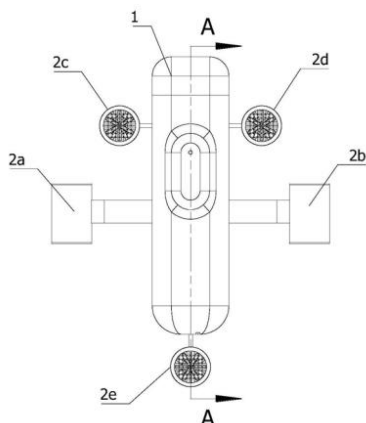
Slika 27. prikazuje mehanizam za prihvat vodenog uzorka. Radi tako što se pomoću pumpe (3b) dovodi voda kroz ventil (3a) koja se zatim vodi u mjerni volumen (3c1), gdje se radi mjerenje pomoću senzora. Patent je zamišljen za rad sa sljedećim sensorima. Senzor za električnu provodnost (3e4), senzor pH vrijednosti (3e5), ORP senzor (3e6) i senzor za zamućenost vode (3e7). Poredani su uzdužno te gledaju prema mjernom volumenu. Kada se mjerni volumen napuni vodom pomoću pumpe (3h), senzori očitavaju vodu unutar njega i šalju informaciju upravljačkoj jedinici. Svi su spojeni za upravljačku jedinicu koja obrađuje njihove signale i šalje ih operateru. Mjerni volumen je trapezoidnog oblika, imajući kosinu na donjoj strani što omogućava brže pražnjenje vode tokom zamjene uzorka. Kada se izvrši mjerenje, upravljačka jedinica šalje signal ispušnom ventilu (3d) koji se otvara. Nakon otvaranja ventila, cijeli se mjerni volumen prazni nakon čega se postupak punjenja opet ponavlja.



Slika 28. Punjenje epruveta CN212540374 [36]

Mehanizam za pohranjivanje prikazan na slici 28. sastoji se od držača (4a) i uzorka (4b). Uzorci se pune kada se otkrije zagađenje u vodi i pohranjuju se unutar podmornice da bi se mogli nositi na detaljnu kontrolu unutar laboratorija. Sam se mjerni uzorak sastoji od mjernog cilindra (4b1) s prihvatnim ventilom (3c4). Ventil je okrenut prema mjernom volumenu. Unutar svakog mjernog cilindra nalazi se klipnjača (4b3) sa svojim tijelom (4b2) koja se spušta kako voda počinje ulaziti unutar mjernog cilindra. Mehanizam koji pomiče klipnjače za posljedicu ima punjenje mjernoga volumena. On se sastoji od pruge (4c1) i aktuatora (4c3). Aktuator pomiče pomičnu ploču (4c2) koja svojim gibanjem omogućuje punjenje mjernih volumena. U prikazanom, pomična ploča se giba u lijevo i omogućava klipnjačama da se spuštaju puneći mjerne cilindre vodom. Regulacija ovog mehanizma obavlja se pomoću upravljačke jedinice. Osiguranje da se voda iz mjernog cilindra ne vraća u mjerni volumen

funkcionira na principu podtlaka. Spuštanjem klipnjače unutar mjernog cilindra generira se podtlak koji drži vodu unutar tijela cilindra.



Slika 29. Tlocrt CN212540374 [36]

Slika 30. Prednji senzori patenta CN212540374[36]

Propulzijski sustav prikazan na slici 29. sastoji se od 5 propelera: lijevi bočni (2a), desni bočni (2b), prednji lijevi (2c), prednji desni (2d) i stražnji (2e). Njihova raspodjela omogućuje gibanje u svim osima unutar vodenoga tijela. Zbog toga podmornica može operirati i pod vodom i uvjetima jakih struja. Prednji dio podmornice, prikazan na slici 30., sastoji se od svjetla (1g) koje pomaže operateru prilikom upravljanja uređaja. Na sebi ima i dvije kamere koje snimaju proces mjerenja i služe operateru za upravljanje uređajem. Tokom rada same podmornice, pri navigaciji, koriste se GPS modul, koji je integriran unutar kućišta, i sonar (1e) za detekciju obližnjih objekata. Podmornica sadrži i modul za komunikaciju (1d) preko kojeg operater upravlja podmornicom.

U analizi tržišta obrađene su štapna sonda, plutača i autonomna podmornica. Da bi se steklo bolje razumijevanje njihovog rada, pretraženi su patenti koji im nalikuju. Patenti daju detaljan uvid u rad uređaja. Postoji velika razlika u opisanim patentima obzirom da se koriste za različite primjene. Unatoč tome što svi opisani patenti mjere vodene parametre u stvarnom vremenu pomoću senzora, to obavljaju na različite načine. Prvo je opisan generalan način rada uređaja i njegova građa. Potom su opisani mehanizmi koji pospješuju preciznost mjerenja i rad uređaja. Patenti su imali različite mehanizme za mjerenje koji će biti uzeti u obzir tokom daljnje razrade. Ono što nije detaljno razrađeno su elektroničke komponente, njihovo spajanje i programiranje.

4. Definiranje problema

U prijašnjim poglavljima dobio se uvid mala vodena tijela, trenutačnu tehnologiju uređaja na tržištu kao i pregled патената koji detaljnije objašnjavaju rad proizvoda za mjerenje parametara vodenoga tijela. Na temelju stečenih informacija, definirat će se osnovni ulazi za fazu koncipiranja uređaja.

Prvo će se opisati osnovni funkcionalni zahtjevi koji služe kao osnova za razvoj uređaja koji mjeri parametre vodenih tijela, a oni su sljedeći:

- Mjerenje više parametara,
- Kontinuirano mjerenje,
- Mjerenje u stvarnom vremenu,
- Mjerenje u mjestima bez infrastrukture,
- Autonomnost uređaja,
- Zaštita senzora i proizvoda.

Za dobivanje pouzdanih informacija o stanju vodenoga tijela, potrebno je vršiti mjerenja više vodenih parametara. Unatoč tomu što su navedeni parametri kao pH vrijednost jako dobar indikator u stanje zagađenosti i bioraznolikosti vodenoga tijela, ne mogu sami ukazati u potpuno stanje. Mjerenjem više parametara moguće je raditi algoritme pomoću kojih se aproksimiraju i drugi parametri (neovisno o tome postoji li senzor za njih). Ovakav način mjerenja kvalitete vode puno je kvalitetniji i pouzdaniji, kako se na temelju iskustvenih mjera može pretpostaviti stanje vodenoga tijela.

Ono što je još nužno za kvalitetna i pouzdana očitavanja jest da se mjerenje vrši kontinuirano. Uz navedeno, javlja se i potreba za redovitim mjerenjem parametara vodenih tijela. Većina faune vezane za vodu razvija se od proljeća kroz ljeto, te umire kroz jesen i zimu [37]. Ovo znači da se tijekom proljeća i ljeta javlja povišena količina biljaka koje obavljaju fotosintezu i stanično disanje i tako direktno utječu na pH vrijednost vode. S obzirom da pH vrijednost direktno korelira s drugim parametrima vode, i ti se parametri također mijenjaju. Na ovaj funkcionalni zahtjev se nadovezuju sljedeća dva.

Kontinuirano mjerenje važno je u stvarnom vremenu tj. konstantno imati uvid u stanje vodenoga tijela čije parametre uređaj mjeri. Zbog siromašnosti malih vodenih tijela vodom,

izloženija su naglim promjenama i zagađenju. Za prevenciju ovoga, nužno je njihovo redovito praćenje.

Izoliranost malih vodenih tijela od čovjekovog utjecaja otežava njihova mjerenja. Unatoč tomu što jesu izolirana, zagađenja se opet mogu javljati u obliku cvjetanja algi [38] ili kiselih kiša te ih je zato važno kontrolirati. Budući da takva mjesta najčešće nemaju signala i pristup energiji, jedan od funkcionalnih zahtjeva je da neovisno o tomu proizvod svakako daje željene rezultate.

Mala vodena tijela su najčešće udaljena od ljudskoga kontakta i zbog toga bi proizvod trebao biti autonoman, odnosno trebao bi obavljati sve navedene funkcije samostalno uz minimalno održavanje od strane operatera. Ovakva izvedba bi zahtijevala povremeno servisiranje čime bi se pojeftinio sam postupak mjerenja. Ovime bi se reduciralo konstanto obilaženje vodenih tijela i njihovo uzrokovanje.

Uz navedeno, mjerenja bi se vršila pomoću senzora koji bi bili uronjeni unutar vode koju ispituju. Kako su senzori dosta osjetljivi na nagle promjene, često se znaju pokvariti ako se ne čiste i izlažu suhom zraku. Na primjer, izlaganje pH senzora suhom zraku, odaziv senzora na promjenu pH vrijednosti postat će spor ili potencijalno nepostojeći [39]. Kako bi se osigurao njihov dulji rad, potrebno je zaštititi senzore od svih vanjskih faktora koji mogu utjecati na kvalitetu očitavanja i njihov rad. Samim time bi se prolongirao rad uređaja, a time i potreba za kalibracijom senzora. U opisanim malim vodenim tijelima u prijašnjem poglavlju, vidjelo se da neka od njih imaju dinamičan tok (potoci i rijeke), dok je kod drugih tok vode bio miran (jezera i bare). Različite brzine strujanja fluida uzrokuju odstupanja u rezultatima senzora. Brzina strujanja fluida ne bi smjela utjecati na rad i očitavanje senzora i zbog toga bi se mjerenje trebalo omogućiti na bilo kojoj vrsti vodenoga tijela.

U uvodu su opisani parametri koji se koriste za mjerenje razine bioraznolikosti i stupnja zagađenja unutar vodenoga tijela. Odabiru su se senzori za mjerenje oksidacijsko redukcijskog potencijala, pH vrijednosti, električne provodnosti i temperature. Kombiniranjem vrijednosti svakog senzora dobiva se opsežna slika o stanju parametara vodenoga tijela jer se međusobnom kombinacijom mogu izraditi algoritmi i predvidjeti ostali parametri. Senzori za biološku razgradnju kisika, potrošnju kisika i prozirnost vode su znatno skuplji od navedenih senzora i često dolaze ugrađeni unutar drugih uređaja i zato se neće koristiti pri danjoj razradi.

Uz osnovne zahtjeve, javljaju se i eksploatacijski zahtjevi koji su vezani uz rad proizvoda unutar ili okolo vodenoga tijela, a oni su sljedeći:

- Zaštita elektroničnih komponenti od vode,
- Prevencija uređaja od potapanja,
- Pozicioniranje uređaja kraj/na vodeno tijelo,
- Brza i laka rastavljaljivost uređaja zbog servisiranja.

Uređaj radi pokraj ili na vodenomu tijelu, a kako u sebi sadrži senzore i druge module koji su potrebni za rad senzora, te je komponente potrebno zaštititi od utjecaja vode kako bi se prevenirao kvar senzora i uređaja.

Samostalan rad uređaja na malih vodenim tijelima treba biti osiguran i izdržati sve vremenske nepogode. Po svojoj bi konstrukciji uređaj trebao plutati i u slučaju da se razina vode podigne za vrijeme jakih oborina. Dizao bi se na površinu i na taj bi se način štitile elektroničke komponente unutar njega.

Za pravilan rad senzora, nužno je da uređaj bude pozicioniran na način na koji su senzori namijenjeni da rade. Ovo ovisi o izvedbi samoga uređaja. Ako se radi o plutači, nužno je da bude osigurana na jednoj poziciji, a ako se radi podmornici nužno je da se ona precizno kreće kroz vodeno tijelo.

Brza i laka rastavljaljivost omogućava servisiranje bržim, što je opet važno za uštedu cijene i vremena održavanja. Redovito servisiranje uređaja je nužno jer senzori imaju tendenciju davanja krivih rezultata nakon određenoga vremena [40].

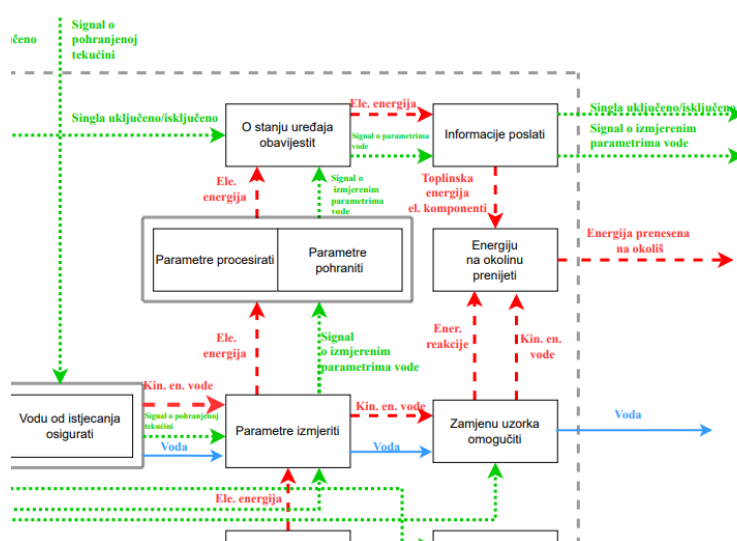
5. Koncipiranje uređaja

U ovom poglavlju kreće se s razvojem uređaja koji će rješavati dobiveni problem. Prvo će se napraviti funkcijska struktura uređaja gdje će se prikazati međusobni odnosi funkcija za obavljanje funkcionalnih zahtjeva. U funkcijskoj strukturi određuju se funkcije za koje se predlažu tehnička rješenja u morfološkoj matrici. Slijedi izrada koncepata kombinacijom tehničkih rješenja za pojedinačne funkcije. Koncepti se potom opisuju i rangiraju po funkcionalnim zahtjevima.

5.1. Funkcijska struktura uređaja

Za dobivanje bolje slike o radu uređaja i međusobnoj povezanosti njegovih podsustava, glavna funkcija uređaja se raščlanjuje na parcijalne funkcije metodom funkcijske dekompozicije. Parcijalne funkcije su preduvjet za obavljanje glavne funkcije. Međusobna povezanost glavnih i parcijalnih funkcija prikazana je u funkcijskoj strukturi uređaja. U njoj se vidi tok energije, materije i signala kroz uređaj s jasno naznačenim ulaznim i izlaznim tokovima. Detalj funkcijske strukture prikazan je na slici 31, dok je cijela dana u prilogu IIa.

U opisu problema napravljena je podjela uređaja na štapne sonde, plutače i autonomna plovila. Ovo su ujedno i tehnička rješenja za funkciju pozicioniranja uređaja. Iz ove funkcije dobiva se oblik uređaja koji predodređuje njegov način rada. Proizvode za mjerenje vodenih tijela potrebno je, uz pomoć ljudske energije, pozicionirati na vodeno tijelo gdje obavljaju mjerenja. Tokom pozicioniranja senzori se okreću prema vodenom tijelu, a proizvod stabilizira na mjestu. Stabilizacijom proizvoda osigurava se mirnoća vode oko senzora čime se dobivaju preciznija mjerenja.



Slika 31. Funkcijska struktura uređaja

Jedan od osnovnih funkcionalnih zahtjeva je mjerenje parametara pomoću senzora. Za rad senzora potreban je prihvata električne energije i njena pohrana. Slanjem signala, električna energija dolazi do senzora koji obavljaju mjerenje. Rad senzora temelji se na zakonima elektrotehnike i optike. Nakon što senzori očitaju mjerni uzorak, šalje se povratni signal u upravljačku jedinicu gdje se električne i optičke veličine preračunavaju u tražene parametre. Nakon izvršenog preračunavanja dobiva se informacija o parametrima vode unutar vodenoga tijela. Produljena eksploatacija proizvoda uzrokuje odstupanje parametara koje daju senzori od nominalne vrijednosti. Stoga je, u svrhu osiguravanja točnosti podataka, potrebno vršenje kalibracije na sensorima.

Kako bi se produljio radni vijek senzora, a samim time i proizvoda, potrebno je čišćenje senzora. Čišćenje senzora prevenirat će nakupljanje algi i čestica po vrhovima senzora. Njihova prisutnost na sensorima onemogućava ispravan rad. Ukoliko se alge nalaze na vršcima senzora, spriječen je direktan kontakt senzora s vodom što uzrokuje dobivanje krivih rezultata. Radi potrebe za autonomnosti uređaja i zaštite senzora, potrebno je čistiti senzore uz dovod mehaničke energije.

Na ovu potrebu nadovezuje se i potreba zaštite senzora od mehaničkih udara. Mehanički udari uzrokovani su česticama unutar turbulentnih strujanje vode. Njihova mehanička energija ovisi o brzini toka i masi čestice te može uzrokovati razornu štetu na senzoru. Kako bi se osigurao pravilan rad uređaja, potrebno je zaštititi senzore od mehaničkih udara te prenijeti mehaničku energiju čestica na okolinu.

Materija mjerenja senzora je voda, stoga je potrebno omogućiti njen prihvata. Ona posjeduje svoju potencijalnu i kinetičku energiju koja se treba pohraniti unutar uređaja. Slijedi njeno vođenje do senzora. U svrhu zaštite elektroničkih komponenata od vode, važno se pobrinuti da ne dođe do njenoga istjecanja. Nakon što voda dođe do senzora, šalje se signal o pohranjenoj tekućini i senzori započinju sa mjerenjem. Obavljanjem mjerenja šalje se povratni signal koji nosi informaciju o zamjeni vode. Taj signal služi da bi se izmjerena voda vratila natrag u okoliš.

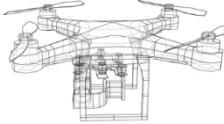


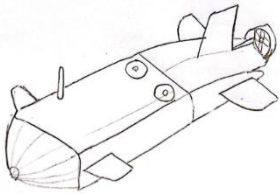




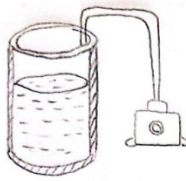
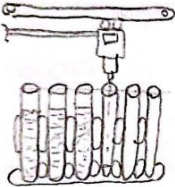

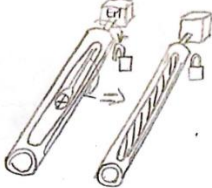
Izvršavanje potrebnih funkcija zahtjeva regulaciju. Za reguliranje potrebna je ljudska energija koja bi postavljala uvjete rada. Zatim bi se slao signal za obavljanje drugih funkcija. Ovime bi se podešavale postavke rada. Podešavanjem postavki rada slao bi se signal o uzimanju uzoraka vode, mjerenju njenih parametara i opuštanju uzoraka vode. Za obavljanje ove funkcije treba se koristiti upravljačka jedinica. Uz navedeno, preračunavala bi parametre

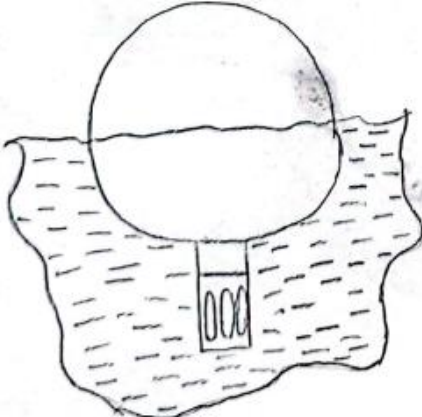
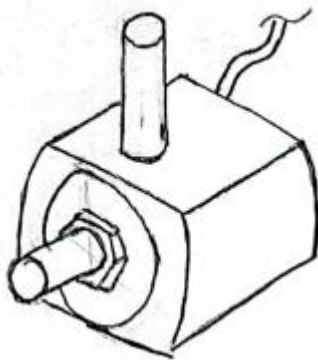

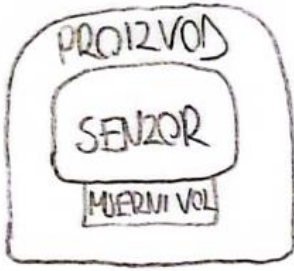
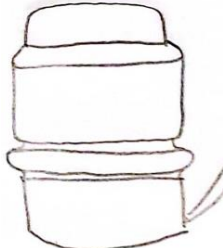
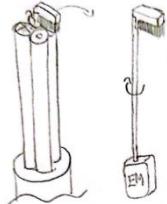

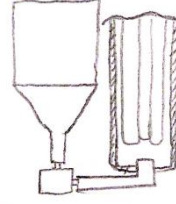
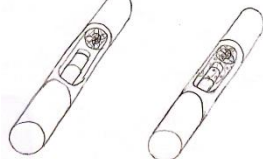
dobivene sensorima, a zatim slala te informacije natrag operateru. Služila bi za regulaciju pohranjene električne energije i rješavala zahtjev prijenosa signala u područjima gdje je on slab.

5.2. Morfološka matrica

Mogućnost da se složeni problem razdijeli na jednostavnije omogućuje veću kreativnost pri traženju parcijalnih rješenja. Sistematizirani prikaz tih rješenja nalazimo u tzv. morfološkoj matrici. Redci te tablice predstavljaju pojedine funkcije, a zapisi u stupcima tehnička rješenja za te funkcije. Kombiniranje tehničkih rješenja ne dovodi spontano do konačnog koncepta, već stimulira razmišljanje o mogućim vezama između tokova materijala, energije i signala.

Tablica 1. Morfološka matrica proizvoda za mjerenje malih vodenih tijela

Funkcija	Rješenje			
F1. Proizvod pozicionira ti	Dron 	Štapni oblik 	Plutača 	Autonomno plovilo 
F2. Podešavan je podstavka rada omogućiti	 Mikrokontroler Arduino Uno	 Mikrokontroler Raspberry Pi 4	 Croduino Basic3	 PLC(Programmable logic controller)
F3. Uzorak vode prihvatiti	 Zatvorena posuda sa pumpom	 Mehanizam koji puni epruvete	 Mjerni volumen unutar vodenoga tijela	 Samo-zaključavajući mehanizam sa elektromotorom

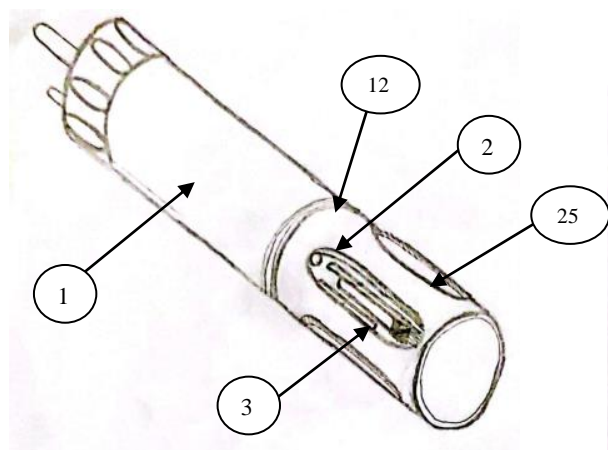
<p>F4.</p> <p>Zamjenu uzorka omogućiti</p>	 <p>Modul senzora uronjen u vodeno tijelo</p>	 <p>Pumpom odvoditi vodu</p>		
<p>F5.</p> <p>Senzore zaštiti od mehaničkih udara</p>	 <p>Zaštita oko senzora</p>	 <p>Senzore i mjerni volumen smjestiti unutar proizvoda</p>	 <p>Koristi sonar za pozicioniranje</p>	
<p>F6.</p> <p>Senzore čistiti</p>	 <p>Četkice spojene na servomotor</p>	 <p>Čišćenje pomoću UV svjetla</p>	 <p>Spojen rezervoar sa čistačkom tekućinom</p>	 <p>Spojen ventilator/elisa na servomotora koja uzrokuje turbulenciju kod vode</p>
<p>F7.</p> <p>Informaciju poslati</p>	<p>LoRa/LoraWLa n</p>	<p>GSM/GPRS/3G/4G/5G</p>	<p>Bluetooth</p>	<p>Narrowband IoT</p>

5.3. Koncepti

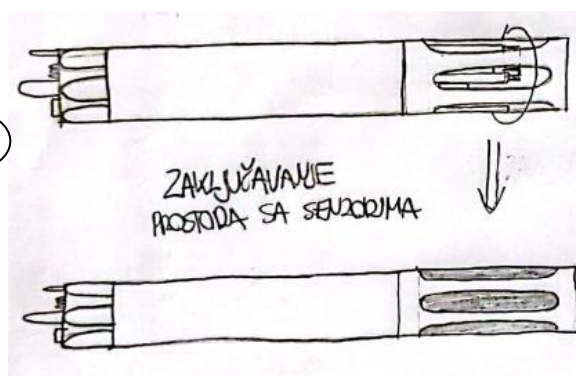
Nakon generiranja morfološke matrice i popisivanja mogućih rješenja za njihove funkcije, slijedi njihovo povezivanje i kombiniranje u različite koncepte. Tu veliku ulogu ima inženjerska mašta i sposobnost stvaranja funkcionalnih koncepata iz ponuđenih rješenja. Kombiniranjem parcijalnih rješenja za glavne funkcije dobivaju se koncepti uređaja za mjerenje parametara vode. U sljedećim poglavljima bit će detaljnije objašnjeni koncepti.

5.3.1. Sonda za mjerenje kvalitete vode

Sonda za očitavanje više vrsta parametara je koncept inspiriran Proteus-multiparameter sondom. Može raditi na dva načina. Prvi način je da se izrađuje mehanička konstrukcija unutar koje je sonda postavljena, a druga izvedba omogućava njenu integraciju unutar mjernih postaja za vodu. Zbog jednostavnog cilindričnoga oblika i malih dimenzija može se spajati na plutače i plovila ili ugrađivati na bazene. Sonda radi na način da se njen vrh uroni u tekućinu čime se omogućava kontakt vode sa sensorima. Senzori potom šalju signal upravljačkoj jedinici koja obrađuje podatke i šalje ih operateru. Sonda (slika 32.) je cilindričnog oblika. Ovakav oblik reducira slobodan međuprostor između senzora obzirom da su i oni cilindrične građe. Takvom izvedbom štedi se na materijalu i ukupnoj masi uređaja što snižava njegovu cijenu i olakšava transport. Sonda se sastoji od gornjeg dijela (1) i donjeg dijela (2) koji su međusobno povezani pomoću navoja (12). U gornjem dijelu sonde nalaze se elektroničke komponente, a u donjem senzori s potrebnim modulima. Da bi uređaj radio, potrebno je donji dio sonde postaviti unutar vode. Ovo bi omogućilo vodi da prođe kroz otvore (25) te da dođe do vrška senzora (3) koji bi započeli mjerenje propuštene vode.



Slika 32. Koncept 1-izometrija 1

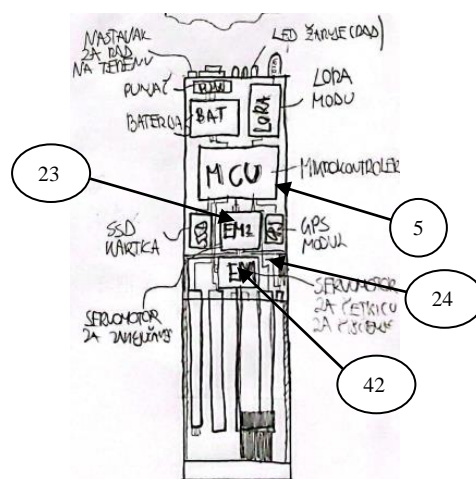
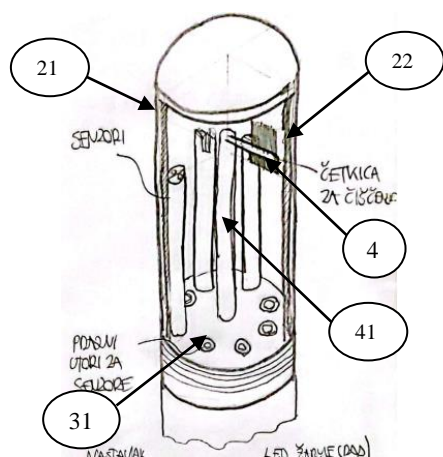


Slika 33. Koncept 1- Mehanizam za zaštitu senzora

Rad sonde je predviđen i za rijeke koje zbog svog turbulentnog toka nose sitne čestice velike mehaničke energije. Čestice posjeduju visoku mehaničku energiju i mogu naštetiti sondi i

senzorima. Uz navedeno, mala vodena tijela su sklona presušivanju. Izlaganje senzora suhom zraku uzrokuje njihov kvar. Za zaštitu senzora od navedenih problema predložen je mehanizam koji bi štitio senzore od štete uzrokovane mehaničkim udarima i presušivanjem (slika 33.). Mehanizam radi tako što se zaštitna membrana (22) rotira za određen broj stupnjeva oko okvira donjeg dijela kućišta (21). Ovo sprječava izlazak vode van mjernoga volumena. Rezultat je zaštita senzora od presušivanja obzirom da voda ne može izaći van mjernoga volumena te zaštita senzora od mehaničkih udara uz pomoć membrane. Na slici 35. prikazan je elektromotor 2 (23) koji okreće spojnicu (24) koja se spaja na zaštitnu membranu. Pokretanjem elektromotora zaštitna membrana se rotira dok se otvori ne zatvore. Nakon što membrana zatvori otvore koji se nalaze na donjem dijelu kućišta, prevenira se izlazak vode iz mjernog volumena.

Slika 34. prikazuje mehanizam za čišćenje senzora. On se sastoji od četkice (4) koja je spojena na vratilo (41) koje se pogoni pomoću elektromotora (42). Mikrokontroler Arduino Uno (5) šalje signal elektromotoru koji pruža moment vratilu i uzrokuje njegovu rotaciju oko svoje osi. Četkica i vratilo su spojeni steznim spojem što omogućuje prijenos rotacijskog gibanja vratila na četkicu. Četkica se rotira i čisti mjerni volumen. Obostrana izvedba četkice omogućava čišćenje senzora i mjernog volumena od algi i čestica. Ovakav mehanizam čišćenja prolongira rad senzora i uređaja. Senzori se povezuju na mikro kontroler pomoću utora (31) koji služe za spajanje različitih tipova senzora na proizvod čime se proširuje primjena proizvoda.



Slika 34. Koncept 1 – prikaz mehanizma za čišćenje

Slika 35. Koncept 1- Shema

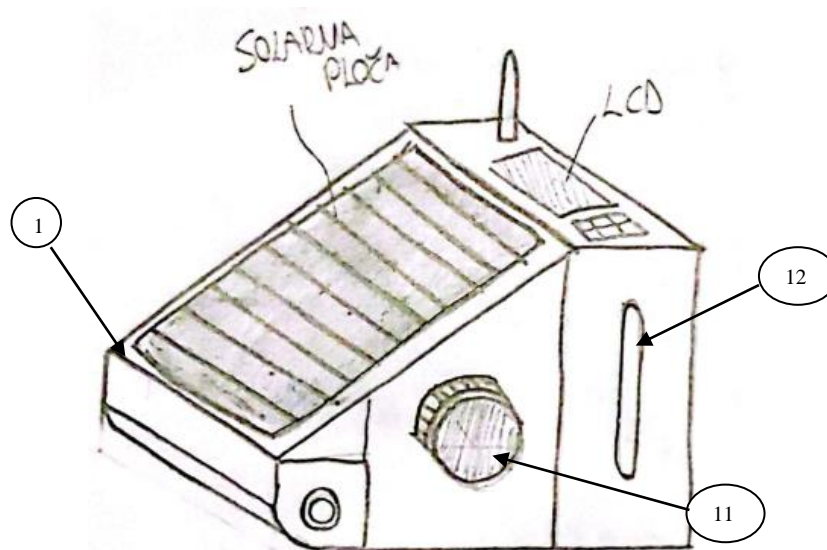
Slika 35. prikazuje elektroničke module potrebne za rad proizvoda. Za slanje informacija o parametrima vode na mjestima gdje nema signala koristi se Lora modul. Modul omogućava

prijenos podataka na velike udaljenosti s niskom potrošnjom električne energije. Ugrađena je i SSD kratica koja pohranjuje vrijednosti parametra vode u slučaju da se informacija ne može poslati. Potrebne su i baterije koje bi napajale senzore, elektromotore i mikro kontroler. Baterije se pune tijekom servisiranja uređaja pomoću punjača za baterije koji se spaja na mrežu. Za signalizaciju rada samoga proizvoda koriste se led žarulje zbog njihove niske potrošnje.

5.3.2. Prijenosna postaja za mjerenje kvalitete vode

Prijenosna postaja za mjerenje parametara vode postavlja se kraj vodenog tijela gdje obavlja mjerenja. Hidraulička pumpa dovodi vodu unutar svog mjernog volumena gdje senzori obavljaju mjerenja. Nakon što senzori izmjere uzorak, šalje se signal drugoj pumpi koja vraća vodu natrag u okoliš.

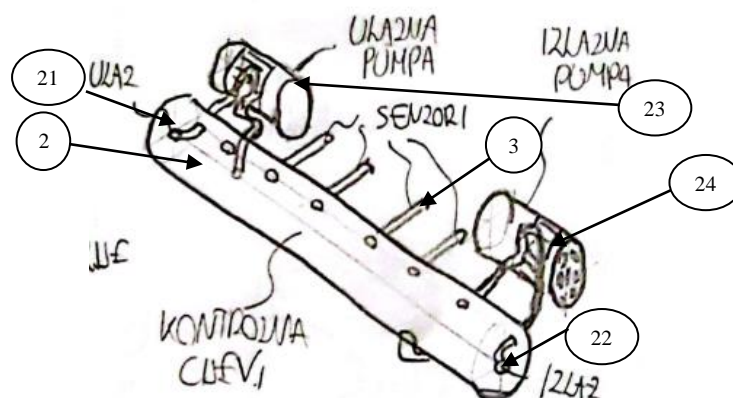
Slika 36. prikazuje tijelo postaje (1). Na tijelu se nalaze ručke (12) koje služe za transport postaje do mjerne pozicije. Postaja se postavlja pored vodenog tijela gdje se spaja s cijevima pomoću utora (11) kako bi pompe mogle dovoditi vodu u mjerni volumen.



Slika 36. Koncept 2 – izometrija

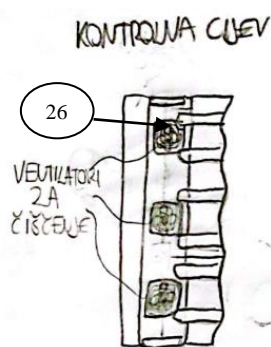
Slika 37. prikazuje mjerni volumen gdje se mjere parametri vode. Mehanizam za mjerenje radi na način da ulazna pumpa (23) preko cijevi uvodi vodu kroz ulaz (21) nakon čega voda ulazi u kontrolnu cijev (2). Unutar mjernog volumena senzori (3) rade mjerenja i šalju signal upravljačkoj jedinici. Upravljačka jedinica šalje povratni signal izlaznoj pumpi (24) kako bi se voda izvela van pomoću druge cijevi kroz izlaz (22). Položaj senzora unutar proizvoda štiti

senzore od mehaničkih udara. Količina vode unutar mjernoga volumena ovisi o radu pumpe. U slučaju presušivanja vodenog tijela ona ostaje unutar kontrolne cijevi. Ovakva izvedba pruža zaštitu senzora od presušivanja. Senzori su zaštićeni od mehaničkih udara obzirom da se nalaze unutar uređaja.

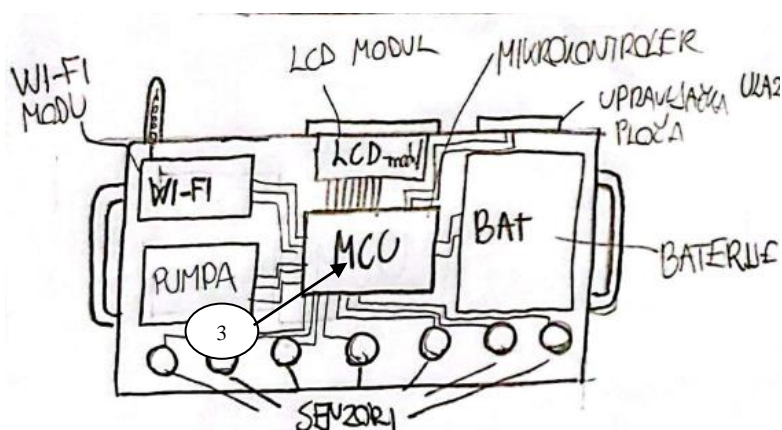


Slika 37. Koncept 2- prikaz mjernog volumena

Slika 38. prikazuje mehanizam za čišćenje senzora. On se sastoji od ventilatora (26) koji su spojeni na kontrolnu cijev okomito na senzore. Ventilator uzrokuje turbulentno strujanje vode koje bi generira turbulenciju vode. Voda sa svojom visokom kinetičkom energijom čisti senzore od algi i čestica koji se nalaze na njima. Te bi alge i čestice padale na dno kontrolne cijevi i pomoću izlazne pumpe bi se odvodile natrag u okoliš.



Slika 38. Koncept 2- prikaz mehanizma za čišćenje



Slika 39. Koncept 2-Shema

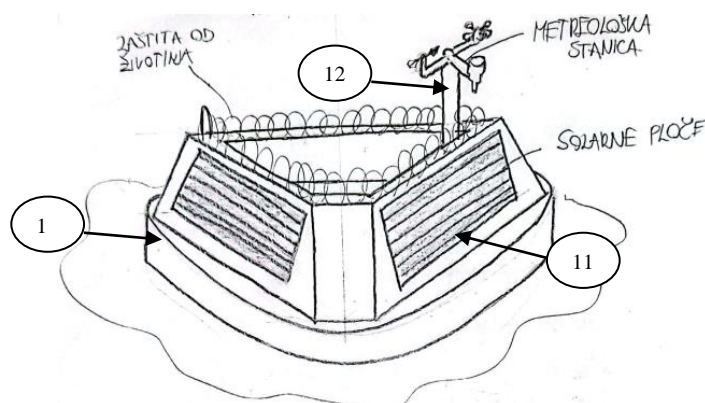
Slika 39. prikazuje shematsku sliku elektroničkih komponenti unutar proizvoda. Regulaciju pumpe, ventilatora i preračunavanje signala senzora izvršava mikrokontroler Raspberry Pi 4. On regulira rad opisanih mehanizama. Na njega se spaja i wi-fi modul koji omogućava prijenos podataka od pozicije mjerenja natrag prema operateru. Za lakše upravljanje uređajem spojen je i LCD (engl. *Liquid Crystal Display*) modul pomoću kojega operater može postavljati postavke rada i kalibraciju senzora na mjestu mjerenja. Unutar kućišta proizvoda

nalazi se i baterija koja bi opskrbljivala električne komponente potrebnom energijom za njihov rad.

5.3.3. Plutača sa dronom

Plutača sa dronom prikazana na slici 40. predstavlja uređaj za mjerenje parametara vode kod ribnjaka, jezera i močvara. Pozicija mjerenja zadaje se pomoću drona koji skenira vodeno tijelo s visine te šalje informaciju upravljačkoj jedinici. Plutača se sastoji od propulzijskog sustava koji dobiva signal od upravljačke jedinice. Propulzija zatim pogoni plutaču do zadane pozicije. Plutača na sebi ima ugrađeno vitlo na koje je spojen modul sa sensorima. To omogućava spuštanje senzora na veće dubine čime se dobivaju parametri vodenoga tijela na većim dubinama. Nakon što senzori obave mjerenja, njihove vrijednosti se šalju natrag upravljačkoj jedinici koja ih obrađuje i šalje operateru.

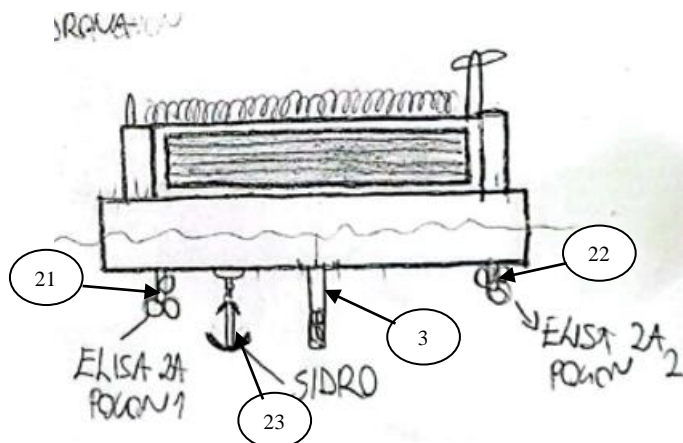
Plutača je tetraedarske konstrukcije (1) čiji oblik omogućava dovoljnu silu uzgona i stabilizaciju na vodenom tijelu. Dovoljna sila uzgona i stabilizacija trebaju se osigurati kako plutača ne bi potonula uslijed vlastite težine i djelovanja vanjskih sila. Na tijelu plutače nalaze se solarne ploče (11) koje generiraju dodatni izvor električne energije za rad plutače. Na vrhu same konstrukcije nalazi se i meteorološka stanica (12) koja mjeri količinu oborina, temperaturu i vlagu zraka. Ovi parametri, kombinirani s dobivenim parametrima od senzora za vodu, omogućuju bolje razumijevanje vodenog tijela obzirom da postoji korelacija između stanja atmosfere i vodenoga tijela.



Slika 40. Koncept 3-izometrija

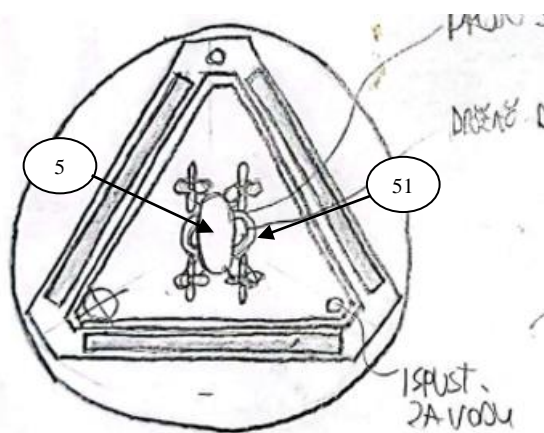
Njezina plovidba po vodenom tijelu postiže se propulzijskim sustavom prikazanim na slici 41. Propulzijski sustav sastoji se od dvije elise, elisa 1 (21) i elisa 2 (22) koje su spojene na zasebna vratila gonjena elektromotorima. Kada plutača dođe na zadanu lokaciju, njen se položaj osigurava pomoću sidra (23). Sidro se spušta na dno vodenog tijela pomoću bubnja

kojeg pogoni elektromotor. Težina sidra drži plutaču na stalnoj poziciji dok ona radi mjerenja pomoću senzora (3).



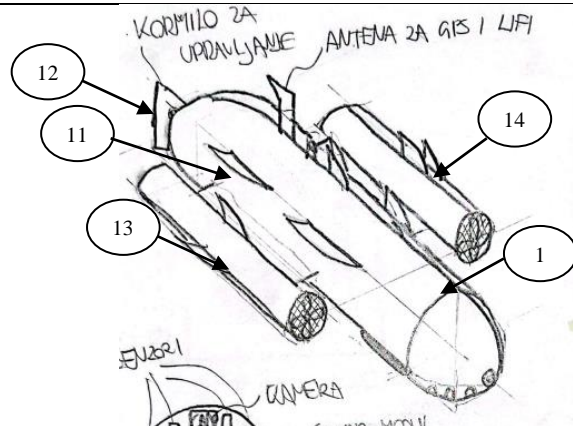
Slika 41. Koncept 3- nacrt

Slika 42. prikazuje dron (5) koji pregledava vodeno tijelo i traži najkritičniju poziciju pomoću kamere za mjerenje. Dron je zaseban proizvod koji je integriran na plutaču. Operater njime može upravljati i odrediti gdje se plutača treba pozicionirati. Dron ima stanicu za prihvata i punjenje na plutači (51). Njegove se funkcije neće opisivati u ovom konceptu obzirom da se on koristi kao gotov proizvod.



Slika 42. Koncept 3 Tlocrt

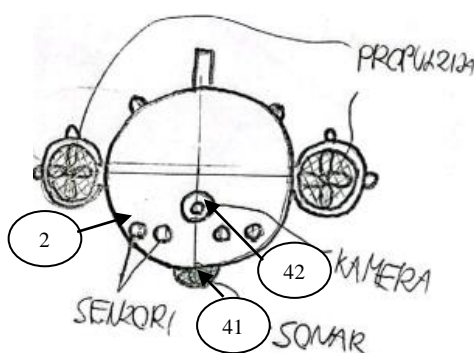
Modul za senzore je Proteus Mutliparameter sonda koja je spojena za vitlo pogonjeno pomoću elektromotora. Slika 43. prikazuje spoj modula senzora za vitlo (32) pomoću užeta (31). Bujanj omogućava spuštanje senzora na veće dubine čime se postiže mjerenje površinskih i dubinskih parametara vode.



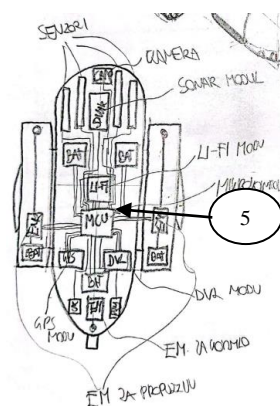
Slika 45. Koncept 4-izometrija

Na prednjem dijelu podmornice (slika 46.) vidljivi su senzori (2), kamera (41) i sonar (42). Nakon što se plutača postavi unutar vodenog tijela, senzori počinju sa mjerenjem. Njihov rad traje onoliko koliko je podmornica uronjena u vodu. Nakon izvršenog mjerenja, podmornica se vadi van vodenog tijela gdje se senzori kalibriraju i čiste. Kamera služi kako bi operater mogao upravljati njome tijekom rada s upravljačkom palicom. Uloga sonara je slanje signala o objektima koji bi mogli oštetiti tijelo podmornice. On se primjenjuje pri autonomnom načinu rada.

Slika 47. prikazuje shemu elektroničkih komponenti podmornice potrebnih za njen rad. Upravljačka jedinica podmornice je mikro kontroler Croduino (5). On služi za reguliranje propulzijskog sustava i obrađivanje podataka senzora. Ti se podaci potom spremaju na SSD (engl. *Solid-state drive*) karticu te očitavaju nakon završetka rada podmornice. Unutar tijela podmornice nalazi se i Li-fi modul koji služi za prijenos signala prema podmornici dok se ona nalazi pod vodom. Unutar kućišta su smještene i baterije čija je svrha napajanje električnih komponenti potrebnih za rad podmornice.



Slika 46. Koncept 4-nacrt



Slika 47. Koncept 4-shema

5.4. Predodabir koncepta

Predodabirom koncepta priprema se matrica čija je svrha odabir koncepta koji će se dalje razrađivati na temelju zahtjeva koji su zadani. U tom postupku odabire se referentni koncept (R) u odnosu na kojeg se ocjenjuju svi drugi koncepti, a kao referentni koncept uzima se onaj najjednostavniji. Prilikom pripreme matrice u redke se upisuju funkcionalni i eksploatacijski zahtjevi te u stupce njihove relativne ocjene. U svako polje matrice stavlja se relativna ocjena pojedinog koncepta u odnosu na referenti gdje (+) predstavlja da je bolji od referentnog koncepta, (0) da je jednak kao referentni koncept, a (-) da je lošiji od referentnog koncepta. Cilj ovog postupka je pronalaženje uređaja koji ima najvišu ocjenu. Uređaj s najvišom ocjenom se potom dalje razrađuje. Na temelju rečenoga, generira se matrica za predodabir koncepta.

Tablica 2. Matrica za predodabir koncepta

Kriterij odabira	Koncepti			
	Koncept 1(R)	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4
Mjerenje više parametara	0	+	0	-
Kontinuirano mjerenje	0	+	+	-
Mjerenje u stvarnom vremenu	0	+	+	0
Mjerenje u mjestima bez infrastrukture	0	-	+	0
Autonomnost uređaja	0	0	+	0
Zaštita senzora i proizvoda	0	0	+	-
Zaštita elektroničkih komponenti od vode	0	-	+	0
Prevenција uređaja od potapanja	0	-	+	0
Brza i laka rastavlјivost uređaja	0	-	-	-

Net zbroj	0	-1	7	-4
Rang	2.	3.	1.	4.
Nastaviti?	Kombinirati	NE	Unaprijediti	NE

Iz zbrajanja ukupnih ocjena za pojedinačne zahtjeve dobiva se da je proizvod s najvećim net zbrojem koncept 3, odnosno plutača s dronom. Obzirom da plutača koristi koncept 1, on će se u daljnjoj razradi kombinirati s konceptom 3.

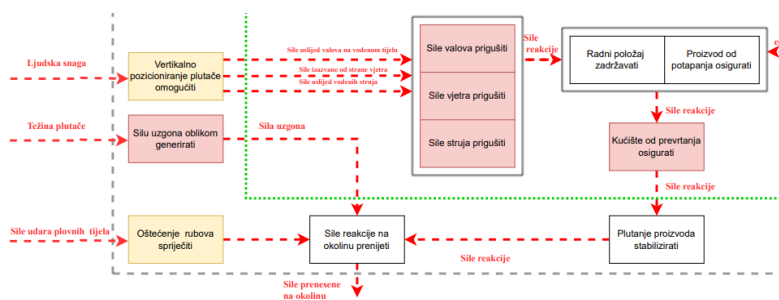
U prvom dijelu faze koncipiranja prošlo se kroz što raznolikije proizvode na tržištu kako bi se steklo što bolje razumijevanje problema. U sljedećem dijelu će se krenuti s razradom plutače tako što će se napraviti novi koncepti, ali ovoga puta samo plutače, koji će se ponovno rangirati. Za to je potrebno napraviti novu funkcijsku strukturu i morfološku matricu uređaja.

5.5. Funkcijska struktura plutače

Za izradu funkcijske strukture plutače nadograđuje se postojeća funkcijsku strukturu s funkcijama potrebnim za rad plutače.

Detalj funkcijske dekompozicije prikazan je na slici 48., dok je ona u potpunosti prikazana u prilogu Iib.

Prva glavna funkcija je generiranje sile uzgona pomoću oblika gdje ulaz energije predstavlja težina plutače. Za obavljanje ove funkcije bitan je oblik tj. volumen plutače. Pravilnom konstrukcijom tijela plutače uspijeva se generirati dovoljna sila uzgona koja će omogućiti njeno stabilno plutanje na površini. Kako bi plutača uspravno stajala na vodenom tijelu, kućište treba osigurati od prevrtanja tj. treba se osigurati njezino vertikalno pozicioniranje. Ovime bi se osigurao pravilan rad senzora i uređaja. Plutača treba imati rješenja koja će reducirati utjecaj sile valova, vjetra i strujanja vode na rad plutače. Sile uslijed ovih utjecaja prigušuje i prenosi na okoliš i u međuvremenu zadržava stabilan položaj.



Slika 48. Funkcijska struktura plutače

Plutača se pozicionira na vodenom tijelu i izložena je udarima vjetra, valova i struja. Svojom masom, krutosti i silom uzgona plutača bi trebala prenositi te sile natrag u okoliš zadržavajući svoju poziciju. Za dodatno osiguravanje površinskog pozicioniranja potrebno je implementirati tehnička rješenja koja će dodatno povećavati njenu krutost i stabilnost na poziciji.

Predviđeno je da plutača obavlja rad tokom duljeg vremenskog perioda. Dugotrajna eksploatacija u uvjetima vlage čini elektroničke i mehaničke komponente sklonije trošenju. Kako bi se preveniralo trošenje navedenih komponenti potrebno ih je izolirati od utjecaja vlage i osigurati brzo rastavljanje plutače. Uz pomoć ljudske energije plutača bi se brzo rastavila i napravila se zamjena potrebnih komponenata.

Kućište plutače se izrađuje iz gornjega i donjega dijela koji se međusobno spajaju. Njihov spoj treba biti čvrst i zabrtvljen kako voda ne bi ulazila unutar tijela plutače. Ulazak vode u tijelo plutače bi mogao potonuti cijeli uređaj i oštetiti elektroničke komponente. Uređaj se treba dodatno zaštititi od udara plovnih objekata koji se nalaze na vodenom tijelu. Ti plovni objekti posjeduju mehaničku energiju i mogu oštetiti tijelo plutače. Kako bi se prevenirala šteta uzrokovana sudaranjem plovnih objekata sa tijelom plutače potrebno je dodatno zaštititi rubove plutače.

Glavna funkcija plutače je mjerenje parametara vodenoga tijela koje se vrši pomoću senzora. Za rad senzora potrebna je električna energija i njena pohrana. Kada senzori prime signal i električnu energiju oni započinju sa mjerenjem i šalju informaciju o izmjerenoj vodi nazad upravljačkoj ploči. Električna energija služi i za napajanje svih mehaničkih komponenti koji su potrebni za precizan rad proizvoda.

Zaštita senzora je od iznimne važnosti kako su oni najskuplji i najosjetljiviji dijelovi uređaja. Kako bi se produljio njihov životni vijek potrebno je čišćenje i kalibracija senzora od strane operatera. Ulazni materijal u međuprostoru je voda koja sa sobom nosi alge i čestice koje onečišćuju senzore. Njihovo onečišćivanje utječe na rad senzora tako što senzori daju krive rezultate. Zbog navedenoga treba se omogućiti čišćenje senzora čime bi se poboljšao rad i kvaliteta plutače.

Senzori se trebaju zaštititi i od presušivanja i mehaničkih udara. Kao što je već naglašeno u prethodnoj funkcijskoj dekompoziciji suhi zrak i mehanički udari malih čestica mogu imati razoran utjecaj na rad senzora.

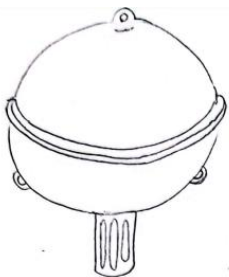
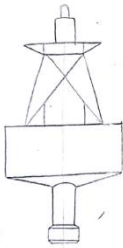

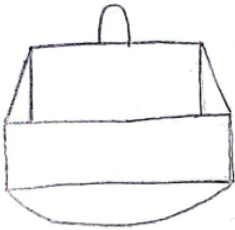
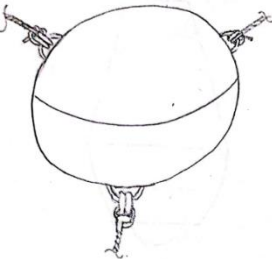
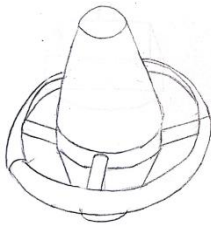

Za regulaciju objašnjenih funkcija i za izračun signala senzora potrebno je podešavati postavke rada plutače. Podešavanje rada bi se vršilo preko upravljačke jedinice koju bi operater programirao. Ona bi zatim slala i distribuirala potrebne signale za rad funkcija i mjerenje senzora.

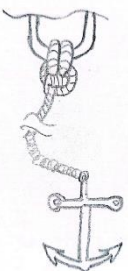
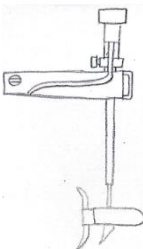
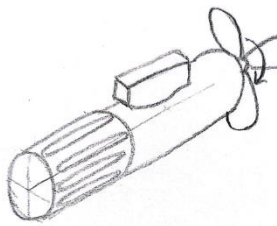
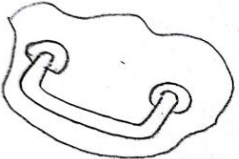
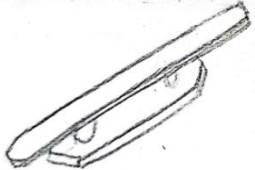
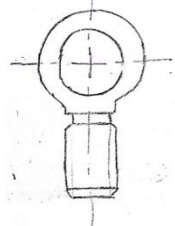


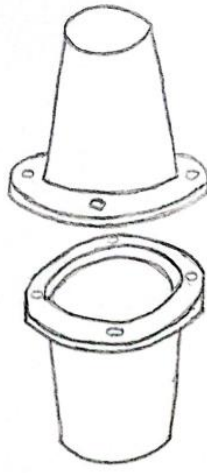
Plutača radi na vodenom tijelu i trebao bi se osigurati bežično spajanje plutače sa operaterom. Ovim putem bi operater dobivao uvid u stanje plutače i parametre vodenoga tijela.

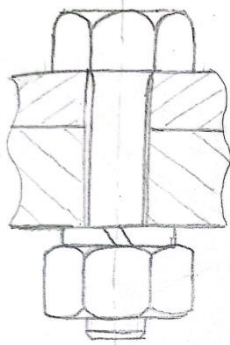
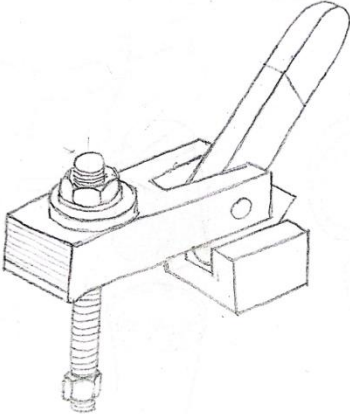
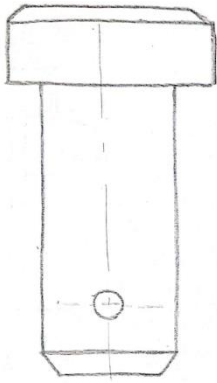
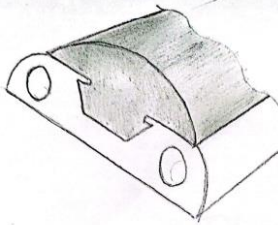
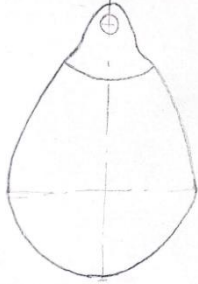
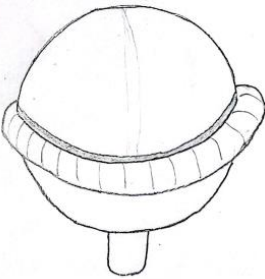
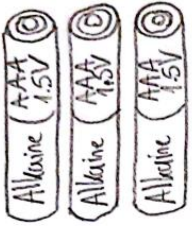
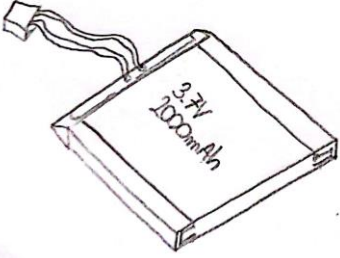
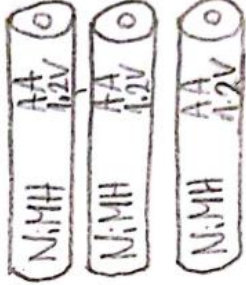




5.6. Morfološka matrica plutače

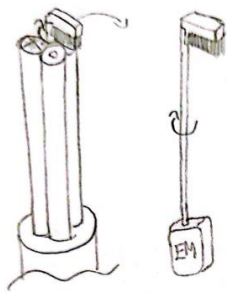

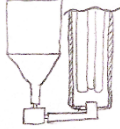
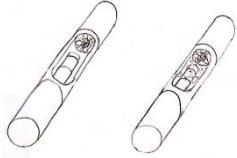
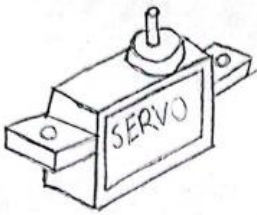
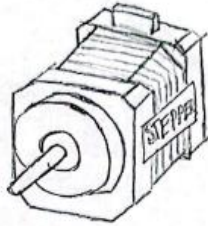
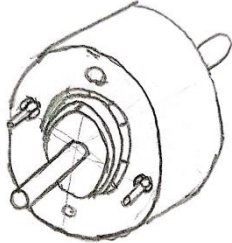
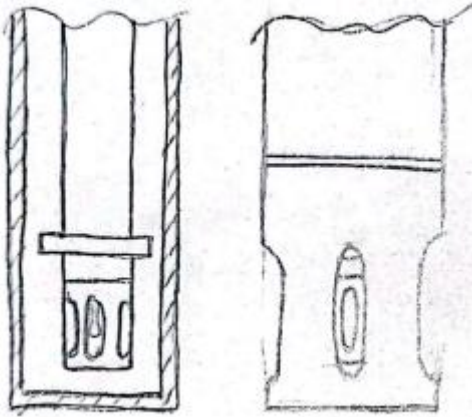
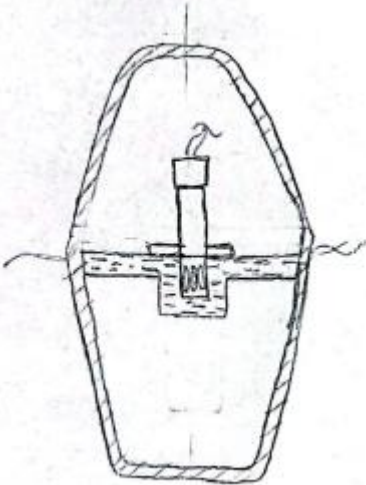
Slijedi ponovna izrada morfološke tablice. Ovaj put sa više funkcija koje su nužne za rad plutače. Predložena su i tehnička rješenja za glavne funkcije. Redci te tablice predstavljaju pojedine funkcije, a zapisi u stupcima tehnička rješenja za te funkcije.

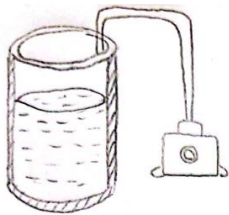
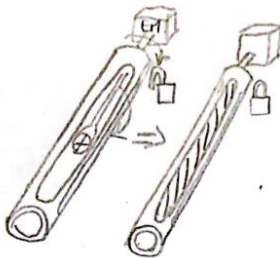
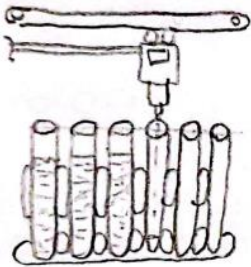
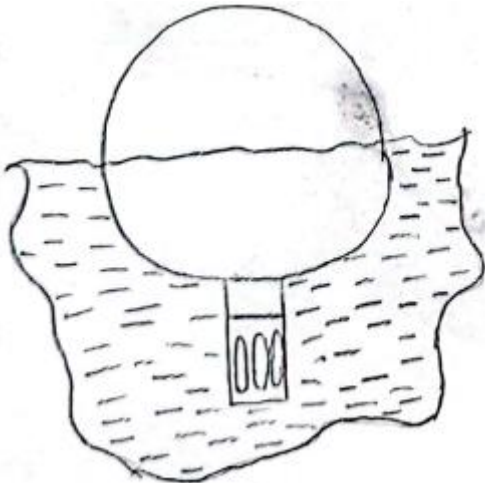
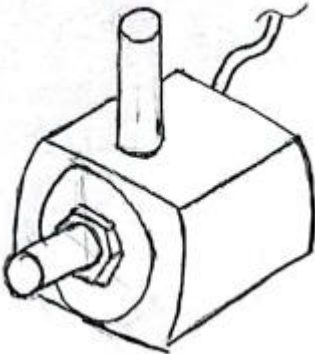
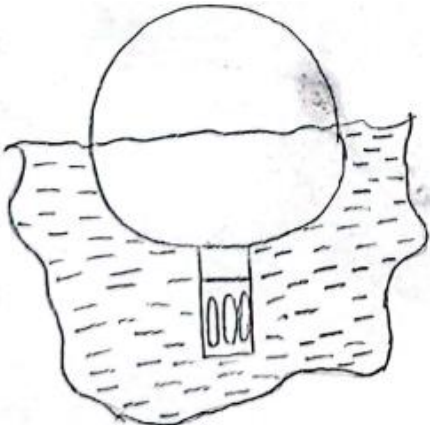
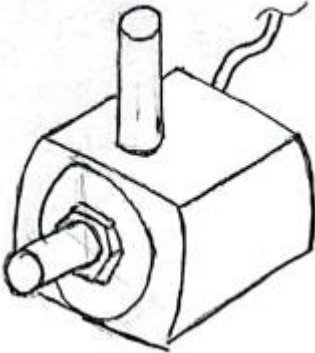
Tablica 3. Morfološka matrica plutače

Funkcija	Rješenje			
F1. Silu uzgona oblikom generirati	 Sferna izvedba iz dva dijela	 Rešetkasta izvedba sa valjkastom bazom	 Valjkasta izvedba	 Prizmasta izvedba
F2. Vertikalno pozicionira nje uređaja omogućiti	 3 pozicije plutače osigurati sa užadi	 Cilindričan prsten koji će povećavati krutost i stabilnost		 Centar mase smjestiti unutar vode i tako osigurati stabilnost

<p>F3. Površinsko pozicionira nje plutače omogućiti</p>	 <p>Sidrom se vezati</p>	 <p>Trolling motori</p>	 <p>Sustavi propulzije</p>
<p>F4. Prihvate za pozicionira nje osigurati</p>	 <p>Prihvatne ručke</p>	 <p>Brodске bitve</p>	 <p>Očni vijci</p>
<p>F5. Brzo rastavljanje plutače osigurati</p>	 <p>Plutača iz 2 dijela koja su spojena navojem</p>	 <p>Gornji i donji dio plutače spojeni zglobovom koja omogućava brzo rastavljanje</p>	 <p>Gornji i donji dio spojeni prirubnicom i vijčanim spojem</p>

<p>F6. Dijelove od ispadanja osigurati</p>	 <p>Vijčani spoj</p>	 <p>Mehanička kopča</p>	 <p>Svornjak</p>	
<p>F7. Oštećenje rubova izbjeći</p>	 <p>Gumeni elementi na rubnim profilima</p>	 <p>Bokobrani na rubovima</p>	 <p>Zračni jastuk na rubovima</p>	
<p>F8. Električnu energiju pohraniti</p>	 <p>Alkalne baterije</p>	 <p>Litij-ionska baterija</p>	 <p>NiMH baterije</p>	
<p>F9. Podešavanje i podstavka rada omogućiti</p>	 <p>Mikrokontroler Arduino Uno</p>	 <p>Mikrokontroler Raspberry Pi 4</p>	 <p>Croduino Basic3</p>	 <p>PLC(Programmable logic controller)</p>

<p>F10. Senzore čistiti</p>	 <p>Četkice spojene na servomotor</p>	 <p>Čišćenje pomoću UV svijetla</p>	 <p>Spojen rezervoar sa čistačkom tekućinom</p>	 <p>Spojen ventilator/elisa na servomotoru za stvaranje turbulentnog strujanja</p>
<p>F11. Električnu energiju u mehaničku pretvoriti</p>	 <p>Servomotor i reduktor na vratilo</p>	 <p>Stepper motor direktno na vratilo</p>	 <p>Vratilo spojeno na solenoid</p>	
<p>F12. Senzore od mehaničkih udara zaštititi</p>	 <p>Zaštitna membrana oko senzora</p>		 <p>Senzore integrirati unutar plutače</p>	

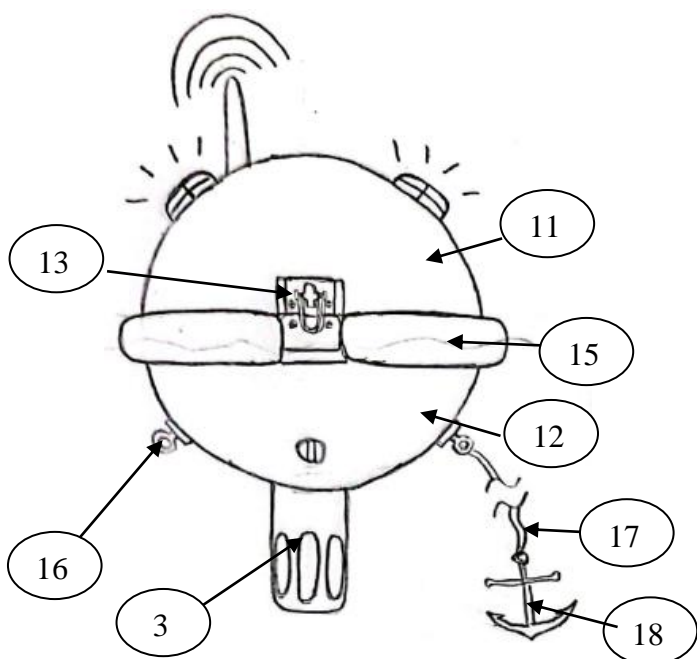
<p>F13. Senzore od presušivanj a zaštiti</p>	 <p>Pumpa i zatvorena posuda</p>	 <p>Samo-zaključavajući mehanizam sa elektromotorom</p>	 <p>Mehanizam koji puni epruvete</p>	
<p>F14. Uzorak vode prihvatiti</p>	 <p>Modul senzora uronjen u vodeno tijelo</p>	 <p>Pumpom dovoditi vodu</p>		
<p>F15. Zamjenu uzorka omogućiti</p>	 <p>Modul senzora uronjen u vodeno tijelo</p>	 <p>Pumpom odvoditi vodu</p>		
<p>F16. Informaciju poslati</p>	LoRa/LoRaWlan	GSM/GPRS/3G/4G /5G	Bluetooth	Narrowband IoT

5.7. Koncepti plutača

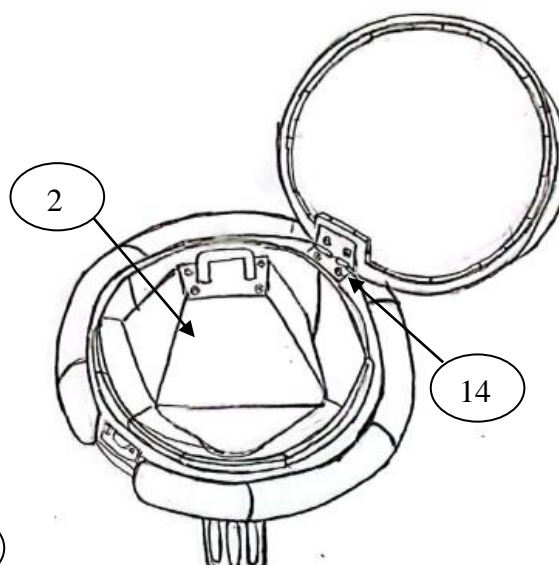
Nakon generiranja druge morfološke matrice slijedi ponovna izrada koncepata plutače. Kombiniranjem tehničkih rješenja za glavne funkcije dobivaju se koncepti uređaja za plutaču koja mjeri parametre vode. U sljedećim poglavljima koncepti će biti detaljnije opisani.

5.7.1 Koncept I

Slika 49. pokazuje koncept I, odnosno sfernu plutaču za mjerenje malih vodenih tijela. Plutača se postavlja na vodeno tijelo na kojem pluta i radi mjerenja. Njena konstrukcija, zajedno sa zračnim jastukom, osigurava silu uzgona. Pozicioniranje plutače se osigurava pomoću dva očna vijka za koje se veže uža. Uže se veže za sidra ili podvodne pontone. Senzori se nalaze na donjem dijelu plutače što omogućava njihov konstantan kontakt s vodom. Modul senzora na sebi ima utore za propuštanje vode. Kada se voda propusti, senzori rade mjerenja i šalju signal mikrokontroleru koji ih izračunava te šalje informaciju LoRa modulom operateru.



Slika 49. Koncept I-načrt



Slika 50. Koncept I-izometrija otvoreno

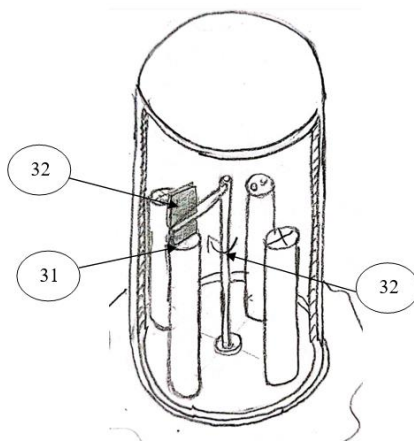
Plutača je modularne izvedbe i sastoji se od donjeg dijela kućišta (11) i gornjeg dijela kućišta (12) koji su spojeni kopčom (13). Kada se kopča otvori, gornji dio kućišta (slika 50.) se rotira oko spojnice (14) i plutača se otvara. Unutar tijela plutače nalazi se upravljačka kutija (2). Upravljačka kutija, koja je odvojena od plutače, ubrzava njeno održavanje i montažu.

Prilikom servisiranja uređaja operater otvara tijelo plutače i može zamijeniti cijelu upravljačku kutiju sa novom.

Plutača je sfernog oblika sa zračnim jastukom koji je paralelan s razinom vode. Ovakva izvedba osigurava dodatnu silu uzgona potrebnu da bi plutača ostvarila vertikalno pozicioniranje na vodenom tijelu. Zračni jastuk također služi za zaštitu ruba plutače od mehaničkih udara uzrokovanih od strane plovnih tijela.

Plutača se pozicionira na površini tako što su u donji dio kućišta ugrađena tri očna vijka (16) na koja se vežu užad (17) i sidro (18). Umjesto sidra, također se može vezati za podvodne pontone ili druge objekte koje se nalaze u vodi.

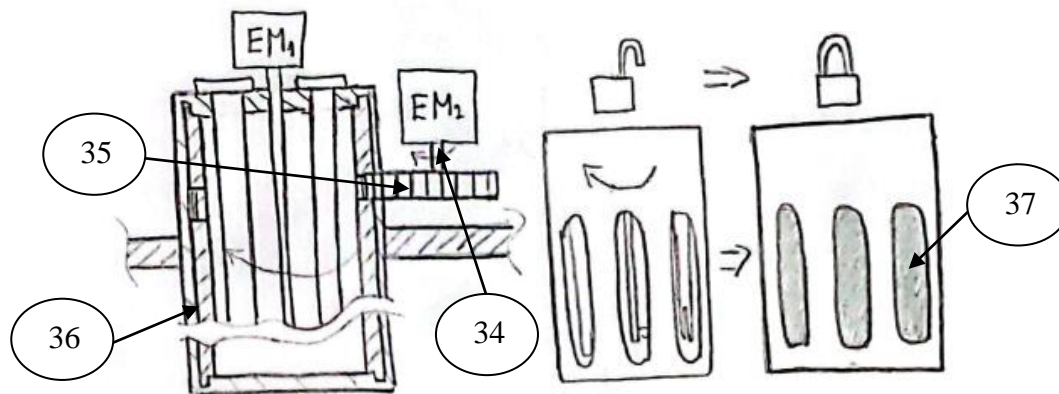
Modul sa sensorima (3), detaljnije prikazan na slici 51., sastoji se od senzora (31), četkice (32) i vratila za četkicu (33). Uloga četkice je čišćenje vrška senzora od nakupina algi i drugih malih čestica koje bi mogle ometati rad senzora. Četkica je spojena na vratilo koje se spaja na elektromotor čija rotacija omogućuje prolazak četkice oko vrška senzora. Ovime se čiste nakupine na sensorima i unutar mjernog volumena što produljuje rad uređaja i senzora.



Slika 51. Koncept I-izometrija senzora sa četkicom

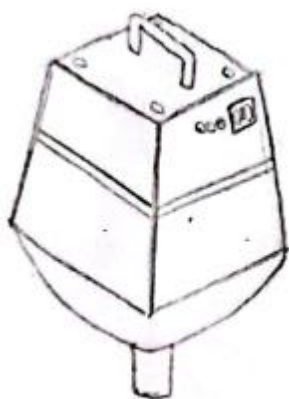
Prilikom rada plutače modul sa sensorima je uvijek okrenut prema vodi. Ovo omogućava sensorima da uvijek imaju pristup novom uzorku vode i da rade mjerenje mnogo brže.

Slika 52. prikazuje samo zaključavajući mehanizam s elektromotorom koji štiti senzore od mehaničkih udara i presušivanja. Sastoji se od elektromotora 2 (34) na kojeg je spojen zupčanik (35) koji okreće zaštitnu membranu (36) oko svoje osi. U slučaju nevremena ili presušivanja upravljačka jedinica šalje signal servo motoru. Servo motor dobiva signal i rotira se za određeni broj stupnjeva. Posljedica rotacije servo motora je okretanje zupčanika koji zatim okreće zaštitnu membranu, a ona zatvara provrte (37) na modulu za senzore.

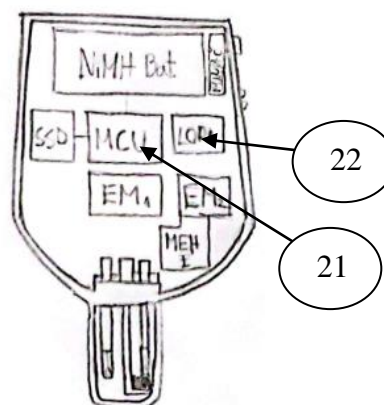


Slika 52. Mehanizam za zaključavanje mjernog volumena

Upravljačka kutija (slika 53.) predstavlja zaseban dio koji se montira unutar donjega dijela kućišta. Da bi se olakšao proces montaže na njoj je ugrađena ručka. Pomoću ručke operater vrši montažu i transport upravljačke kutije. Unutar upravljačke kutije nalaze se potrebni moduli (slika 54.) za upravljanje plutačom. Upravljačka jedinica je mikro kontroler Mikrokontroler Raspberry Pi 4 (21). On regulira rad servo motora i računa parametre vodenog tijela koji se šalju pomoću LoRa modula (22) operateru. LoRa modul se koristi za slanje podataka na mjestima gdje je signal slab. Ugrađena je i SSD kratica koja prikuplja informacije o vodenom tijelu tokom eksploatacije. Plutača samostalno obavlja navedene funkcije tokom duljeg vremenskog perioda. Za njihovo obnavljanje potrebna je električna energija koja se skladišti unutar NiMH (engl. *Nickle-metal hydride*) baterije. One pružaju potrebnu energiju elektromotorima i sensorima za rad. Uz navedeno, na gornjem dijelu plutače su ugrađena svjetla za noćni rad koja signaliziraju položaj plutače tokom noći.



Slika 53. Koncept I-upravljačka kutija

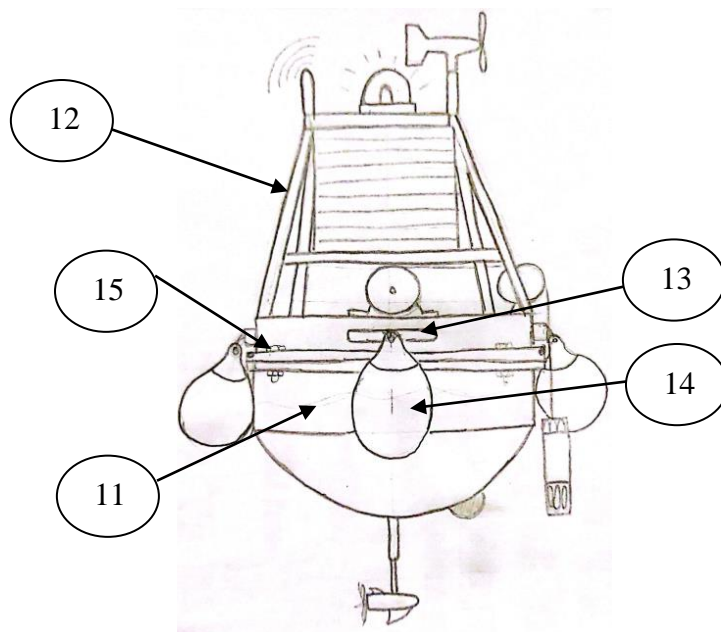


Slika 54. Koncept I-shema

5.7.2. Koncept II

Koncept II prikazan na slici 55. prikazuje plutaču s cilindričnom bazom i rešetkastom strukturom. Plutača se pozicionira pomoću trolling motora. Na svojoj bazi ima ugrađen mehanizam koji spušta modul sa sensorima na veće dubine što daje opsežnije očitavanje parametara vodenoga tijela jer se dobivaju uzorci sa površine i dubine. Modul senzora je štapna sonda koja dolazi kao zaseban proizvod. PLC koji se nalazi unutar kućišta bove služi za regulaciju rada trolling motora i vitla.

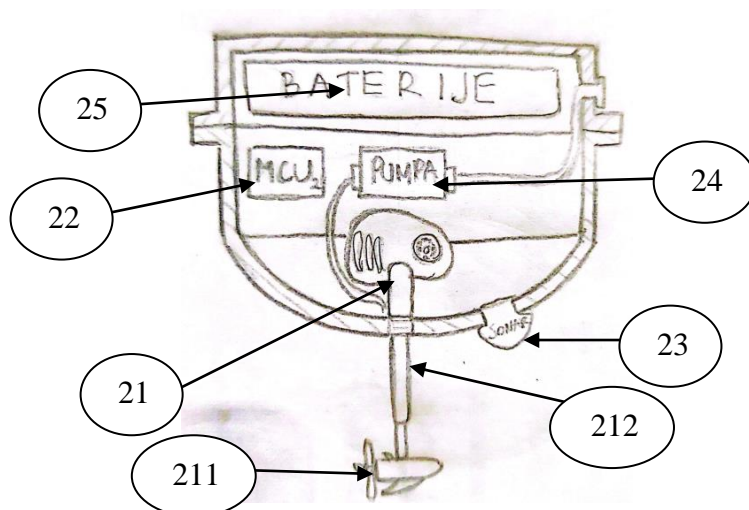
Plutača (slika 55.) sastoji se od donjeg dijela (11) i gornjeg rešetkastoga dijela (12). Međusobno su povezani vijčanim spojem (15) koji omogućava brzo rastavljanje i servisiranje elektroničkih komponenti koje se nalaze unutar kućišta. Ovakva izvedba omogućava stabilnost plutače obzirom da se centar mase proizvoda nalazi u donjem dijelu. Njegov položaj ispod linije vode prevenira prevrtanje i potapanje plutače. Ručke (13) služe za dovod plutače na radnu poziciju i za vezanje bokobrana (14). Bokobrani štite plutaču od sudara s drugim plovnim tijelima i tako preveniraju štetu na kućištu plutače. Na gornjem rešetkastom dijelu se ugrađuje solarna ploča koja omogućava dodatan izvor električne energije potrebne za rad plutače. Uz solarnu ploču nalazi se i meteorološka stanica za mjerenje stanja atmosfere te svjetla za signalizaciju.



Slika 55. Koncept II-nacrt

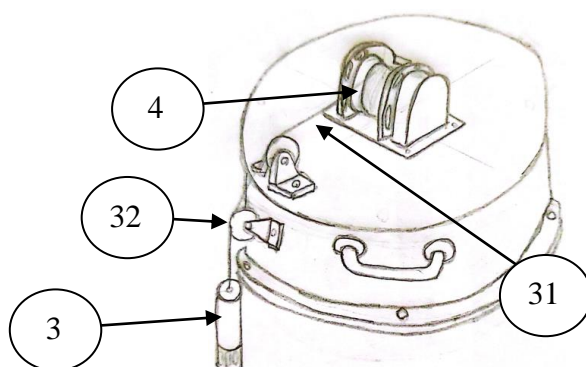
Slika 56. prikazuje presjek donjeg dijela plutače. U presjeku se vide trolling motor (21), PLC (22), sonar (23), pumpa (24) i litij-ionske baterije (25). Trolling motor se sastoji od elise (211) koja se može slobodno okretati oko svog vratila (212). Okretanje elise u svim

smjerovima omogućava kretanje plutače u svim osima na vodenom tijelu. Rad trolling motora regulira PLC. Sonar služi kako bi detektirao objekte u blizini. Nakon što detektira da je plutača u blizini plovnoa objekta šalje signal PLC-u. PLC zatim daje informaciju trolling motoru da promijeni smjer i da izbjegne potencijalnu koliziju s drugim plovim objektom. Tokom eksploatacije uređaja može doći do proboja vode unutar kućišta. Za dodatnu zaštitu elektroničkih komponenti unutar plutače postavlja se pumpa. Pumpa bi višak vode izbacivala van i tako štitila elektroničke komponentne.



Slika 56. Koncept II-shema

Slika 57. prikazuje mehanizam s vitlom (4) koji spušta modul senzora (3) pomoću užeta (31). Uže se prebacuje preko užnice (32) koja prenosi gibanje i spušta modul senzora na određenu dubinu. Spuštanjem senzora na dubinu dobiva se pregled parametara vode na različitim dubinama u vodenom tijelu.

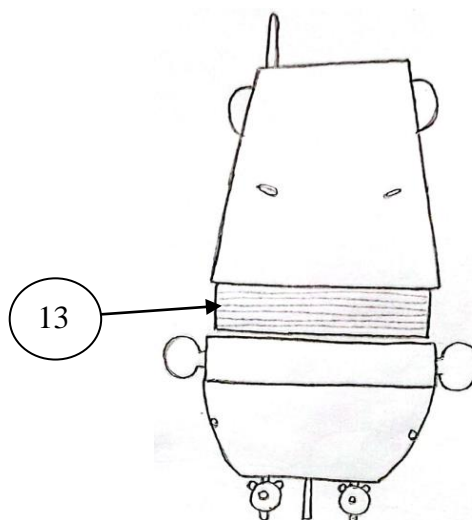
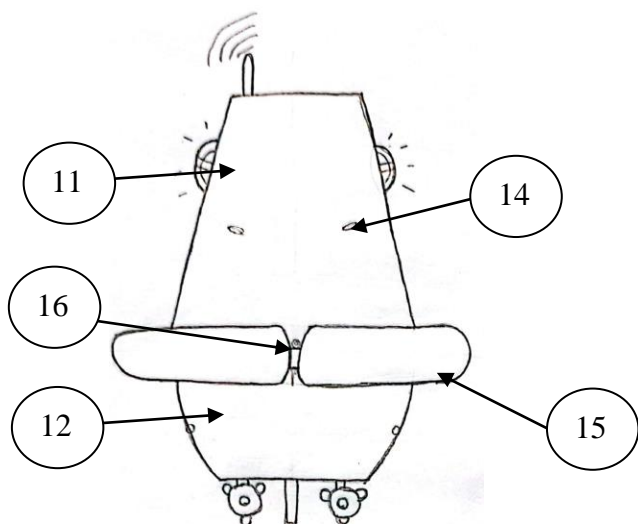


Slika 57. Koncept II-Vitlo sa modulom za senzore

Rad elektromotora bubnja, trolling motora i pumpe regulira PLC. PLC šalje informacije operateru pomoću Narrowband IoT modula.

5.7.3. Koncept III

Koncept III je plutača stožaste izvedbe koja pohranjuje uzorke vode iz malog vodenog tijela. Plutača se postavlja na vodeno tijelo na kojemu se giba pomoću propulzijskoga sustava. Njeno gibanje određuje operater pomoću software-a. Tokom gibanja plutača uzima uzorke vode koje mjeri i pohranjuje unutar svog kućišta. Nakon što plutača izmjeri vodene parametre, te vrijednosti šalje natrag operateru.



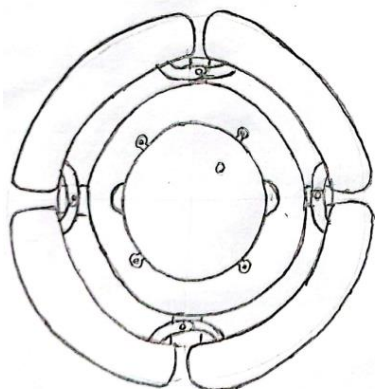
Slika 58. Koncept III-izometrija

Slika 59. Koncept III-spajanja kućišta iz dva dijela

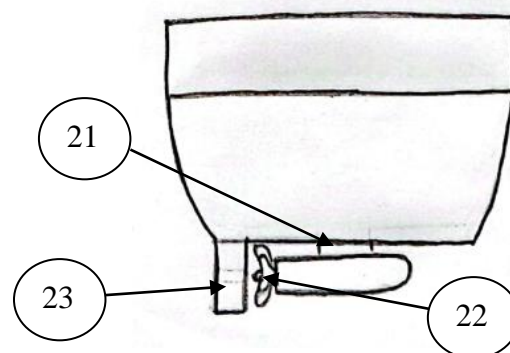
Tijelo plutače (slika 58.) sastoji se od dva dijela. Donjeg dijela (11) i gornjeg dijela (12) koji su međusobno spojeni navojem (13). Spoj navojem reducira broj ukupnih komponenti na samom uređaju i ubrzava proces montaže. Na gornjem dijelu nalaze se očne vijci (14) koji služe za vezanje užeta. Uže se koristi prilikom postavljanja plutače unutar vodenog tijela. Na gornjem dijelu plutače nalaze se i svjetla koja signaliziraju poziciju plutače tokom noćnog rada.

Vertikalno pozicioniranje plutače osigurava se pomoću njenog oblika i zračnog vijenca (15). Kombinacija stožastog izgleda i zračnoga vijenca omogućava dovoljnu silu uzgona i tromost koji osiguravaju stabilnost plutače na vodenom tijelu. Zračni vijenac se sastoji od četiri dijela koja su zatikom (16) spojena za konstrukciju.

Slika 61. prikazuje sustav propulzije koji se sastoji od 2 elektromotora (21). Svaki elektromotor pomoću vratila pogoni svoju elisu (22). Elektromotori daju potrebnu snagu plutači za njeno gibanje po vodenom tijelu. Za njeno orijentiranje po vodenom tijelu koristi se kormilo (23). Sustav propulzije omogućava plutači da obilazi vodeno tijelo u potpunosti i da na taj način uzima što veći broj uzoraka.

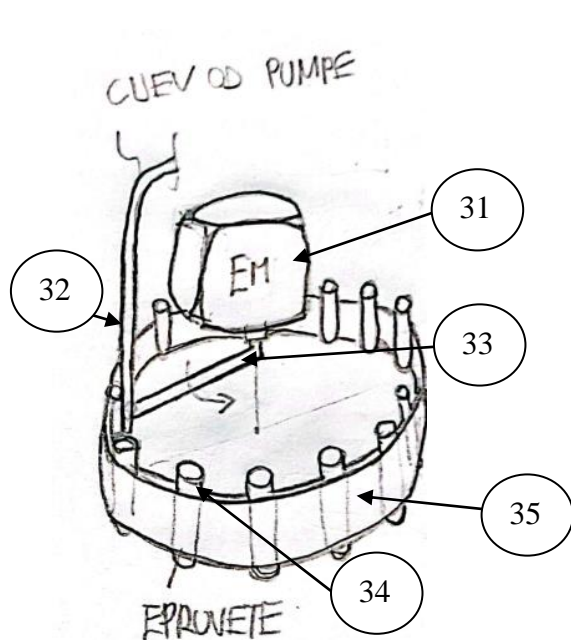


Slika 60. Koncept III-tlocrt

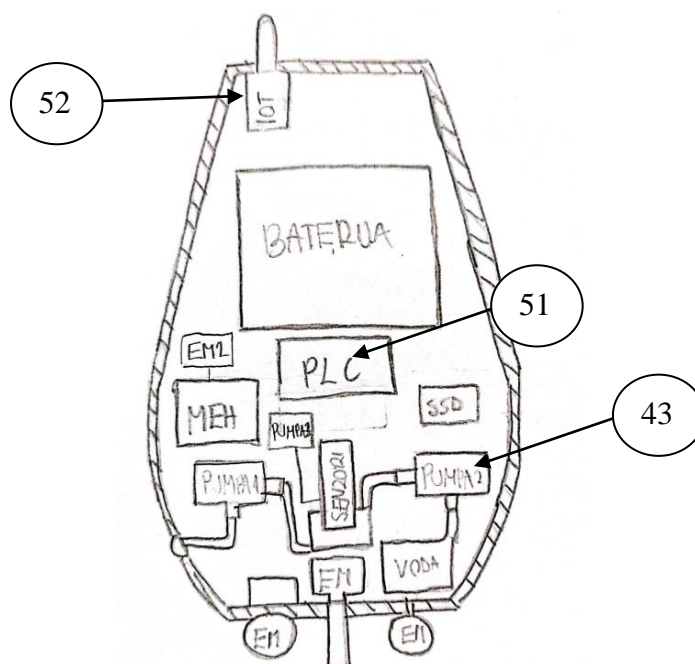


Slika 61. Koncept III-prikaz sustava propulzije

Mehanizam za uzorkovanje vode (slika 62.) se sastoji od elektromotora (31), cijevi pumpe (32), okretne osovine (33), epruveta (34) i držača (35). Radi tako što voda ulazi u mjerni volumen gdje se radi mjerenje njenih parametara. Ako je voda zagađena, šalje se signal pumpi koja vodi vodu iz mjernoga volumena do epruvete. Epruveta se puni zagađenim uzorkom nakon čega se servo motor okreće. Rotacija motora okreće i osovinu koja je spojena na njega. Ovime se pozicionira cijev od pumpe na sljedeću epruvetu.



Slika 62. Koncept III- prikaz mehanizma za pohranu



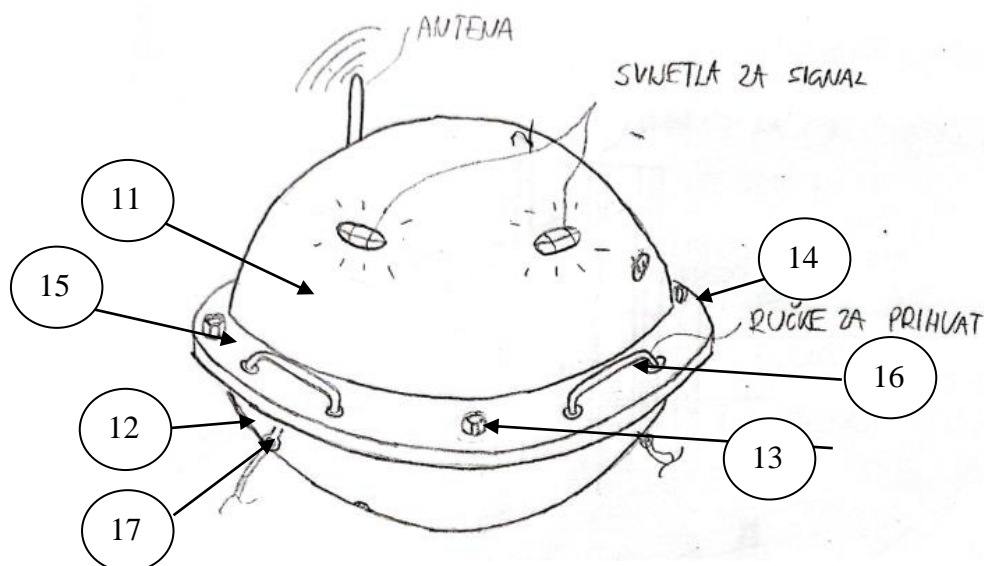
Slika 63. Koncept III-shema

Senzori (3) su integrirani unutar same plutače (slika 63.) što ih štiti od mehaničkih udara drugih čestica. Pumpa 2 (43) vodi vodu do mjernoga volumena unutar kojeg su uronjeni vršci senzora. U slučaju presušivanja vodenoga tijela, plutača zadržava zadnji uzorak unutar

mjernog volumena. Ovo omogućava konstantan kontakt senzora sa fluidom i štiti ih od suhoga zraka. Unutar plutače se nalazi PLC (51) koji regulira rad propulzijskog sustava, sustava za punjenje epruveta i izračunava podatke koji se šalju pomoću 4G modula (52) natrag operateru.

5.7.4 Koncept IV

Koncept IV je sferoidna plutača za mjerenje malih vodenih tijela. Plutača obavlja mjerenja nakon što je operater postavi na vodeno tijelo. Veže se za pontone, sidra ili druge objekte u vodenom tijelu. Nakon što se pozicionira, pumpa dovodi vodu do mjernog volumena koji se nalazi unutar tijela plutače. Unutar mjernog volumena nalaze se senzori koji očitavaju parametre vode. Senzori šalju signal o izmjenjenim parametrima upravljačkoj jedinici. Ona javlja rezultate operateru i šalje signal pumpi da izvrši zamjenu uzorka.

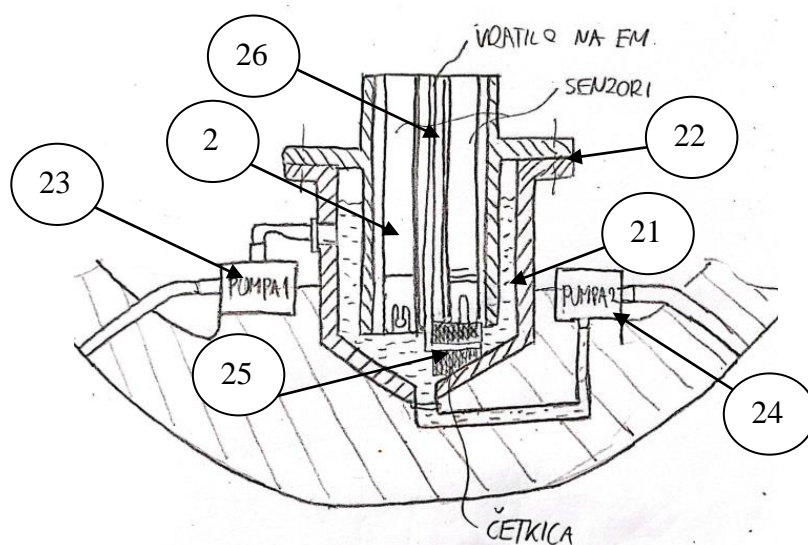


Slika 64. Koncept IV. Izometrija

Kućište plutače (slika 64.) izrađeno je od gornjeg dijela (11) i donjeg dijela (12). Međusobno se spajaju vijčanim spojem (13). Da bi se osiguralo centriranje prilikom montaže stavljaju se dva konična zatika. Oni osiguravaju pravilno preklapanje gornjeg i donjeg dijela. Donji dio plutače je većeg volumena kako bi se plutača stabilno pozicionirala na vodenom tijelu i generirala dovoljnu silu uzgona. Plutača se dodatno stabilizira na vodenom tijelu pomoću prstena (15). On generira dodatnu tromost plutače i sprječava prevrtanje. Na spoju su ugrađene ručke (16) koje služe za transport plutače. Ručke hvata operater i nosi plutaču s pozicije na poziciju. Služe i za vezanje užadi ako se plutača želi prihvatiti za neku poziciju. Ugrađeni su i očni vijci (17) za koje se veže uže. Uže se zatim veže za sidro ili ponton koji se nalazi pod vodom. Ovime se osigurava pozicioniranje plutače na vodenom tijelu. Na samom

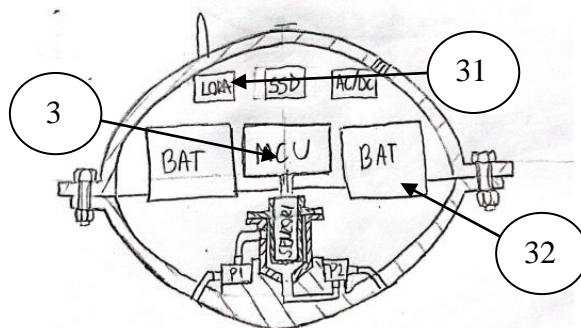
rubu spojnice se nalazi i gumena zaštita (18) koja štiti plutaču od mehaničkih udara plovnih tijela.

Slika 65. prikazuje mehanizam za mjerenje vode. Senzori (3) se nalaze unutar mjerne čaše (21) koja se puni vodom. Senzori su sa svojim kućištem spojeni za mjernu čašu pomoću vijaka (22). Dovodna pumpa (23) služi za dovod vode unutar mjerne čaše. Kada voda dođe u mjernu čašu, senzori mjere vodu i šalju informaciju upravljačkoj jedinici. Nakon što se dobiju rezultati, odvodna pumpa (24) odvodi vodu natrag u okoliš. Oko senzora se nalazi i obostrana četkica (25) s vratilom (26) kojeg pokreće elektromotor. Pokretanje elektromotora uzrokuje rotaciju vratila s četkicom što omogućava čišćenje vrška senzora i mjernog volumena.



Slika 65. Koncept IV-mehanizam za mjerenje vode

Smještaj senzora unutar tijela plutače štiti ih od mehaničkih udara uzrokovanim kinetičkom energijom nošenih čestica. U slučaju presušivanja vodenog tijela upravljačka jedinica bi poslala signal odvodnoj pumpi da ne odvodi vodu van mjernoga volumena. Ovo bi zaštitilo senzore od štete uzrokovane suhim zrakom.



Slika 66. Koncept IV- shema

Slika 66. prikazuje potrebne module za rad plutače. Mikrokontroler Arduino Uno (3) radi mjerenje parametara i regulira rad pumpe i elektromotora. Pomoću Lora modula (31) šalje informaciju o vodenom tijelu natrag operateru. Pak Litij-ionska baterija (32) opskrbljuje plutaču i njene komponente s potrebnom električnom energijom nužnom za obavljanje opisanih funkcija.

5.8. Vrednovanje koncepta plutača

Nakon što je osmišljeno nekoliko koncepata, radi se njihova evaluacija te odabire jedan koncept za daljnju razradu. Koncepti će se rangirati prema funkcionalnim i eksploatacijskim zahtjevima definiranim u opisu problema. Koncepti će se međusobno usporediti i rangirati. Koncept koji je najbolji dalje će se razvijati u fazi konstrukcije razrade. Zbog navedenoga dodjeljujemo ocjenu važnosti u kojoj broj 10 predstavlja najveću važnost, a broj 1 najmanju.

Tablica 4. Težinski faktori problema

Zahtjev	Važnost
Mjerenje više parametara	10
Kontinuirano mjerenje	8
Mjerenje u stvarnom vremenu	8
Mjerenje u mjestima bez infrastrukture	10
Autonomnost uređaja	10
Zaštita senzora	10
Zaštita elektroničkih komponenti	8
Prevenција uređaja od potapanja	10
Pozicioniranje uređaja	8
Brzo i lagano rastavljanje	6

Zahtjevi su objašnjeni u opisu problema. Slijedi postupak evaluacije proizvoda gdje će se odabrati najbolji koncept za daljnji razvoj prema sljedećem kriteriju. Svakom se konceptu prvo dodjeljuje ocjena (O) od 1 do 5 ovisno o tome koliko dobro ispunjava određeni zahtjev. Zatim se ta ocjena množi s težinskim faktorom i dobiva se ponderirana ocjena (PO). Ukupna ocjena koncepta je suma ponderiranih ocjena svih zahtjeva tog koncepta. Na temelju sume

ponderirane ocjene svakom se konceptu dodjeljuje rang. Koncept koji bude najbolje ocjenjen ide u daljnju zaradu.

Tablica 5. Evaluacija koncepta

Kriterij	Težinski faktor	Koncept I		Koncept II		Koncept III		Koncept IV	
		O	PO	O	PO	O	PO	O	PO
Mjerenje više parametara	10	5	50	5	40	5	50	5	50
Kontinuirano mjerenje	8	4	32	3	24	3	32	5	40
Mjerenje u stvarnom vremenu	8	5	40	5	40	5	40	5	40
Mjerenje u mjestima bez infrastrukture	10	5	50	4	40	3	30	5	50
Autonomnost uređaja	10	3	30	5	50	5	50	3	30
Zaštita senzora i uređaja	10	3	30	3	30	3	30	5	50
Zaštita elektroničkih komponenti	8	4	32	4	32	5	40	5	40
Prevenција uređaja od potapanja	10	5	50	5	50	5	50	5	50
Pozicioniranje uređaja	8	3	24	5	40	5	40	3	24
Brzo i lagano rastavljanje	6	5	30	3	18	5	30	3	18
Ukupna ocjena		368		364		382		392	
Rang		3.		4.		2.		1.	

Kod kriterija mjerenja više vodenih parametara svi su koncepti dobili maksimalnu ocjenu. Svaki koncept na sebi ima modul senzora koji unutar sebe ima integrirane senzore za mjerenje različitih veličina.

Kontinuirano mjerenje najbolje izvršava koncept IV. Njegova stabilizacija na vodenom tijelu u kombinaciji sa pumpom koja konstantno dovodi nove uzroke u mjerni volumen omogućava najveći kontinuitet u mjerenju vodenih parametara. Koncept I je dobio nižu ocjenu obzirom

da može vršiti mjerenja kontinuirano, ali njegov sustav protiv presušivanja nije pouzdan kao sustav koncepta IV. Koncepti II i III se gibaju po vodenom tijelu. Tokom gibanja ne mjere parametre vode. Mjerenja započinju tek kada završe s gibanjem. Zbog toga su dobili nižu ocjenu.

Sva četiri koncepta izvršavaju funkciju mjerenja u stvarnom vremenu izvrsno. Ugradnja modula za prijenos signala na daljinu je omogućila direktnu vezu između operatera i plutače. S ovim operater ima direktan uvid u parametre vodenih tijela u stvarnom vremenu.

Koncepti I i IV su plutače koje se vežu za poziciju pomoću užeta. Nemaju propulzijske sustave koje zahtijevaju velike količine električne energije. Zbog ovoga njihove su baterije manje i lakše se mijenjaju. Koncepti II i III imaju veće baterije i zahtijevaju češće punjenje i mijenjanje. Ovo povećava količinu potrebnih servisa na plutači za što je potrebna bolja infrastruktura.

Koncepti II i III imaju najveći stupanj autonomnosti i dobili su najveću ocjenu. Programiraju se od strane operatera i mogu samostalno pretraživati cijelo vodeno tijelo. Obavljaju više kompleksnih funkcija samostalno uz pomoć upravljačke jedinice. Koncepti I i IV su također autonomni, ali nemaju kompleksne funkcije kao ostali koncepti. Zbog toga su dobili nižu ocjenu.

Koncept IV ima najbolju zaštitu senzora. Senzori su mu smješteni unutar kućišta dokle je on stacioniran. Ovime su senzori zaštićeni od mehaničkih udara, a uređaj od sudara s drugim plovnim tijelima. Koncept I ima otvoren modul senzora, što povećava mogućnost mehaničkih udara od čestica vođenih vodenim tijelom. Koncepti II i III se gibaju po vodenom tijelu što povećava mogućnost sudara sa drugim plovnim objektima. Zato je konceptu I, II i III dana ocjena 3.

Koncepti I i II imaju senzore van svoga kućišta kao zasebne module. To znači da se cijeli modul uranja pod vodu što povećava mogućnost oštećenja elektroničkih komponenti. Koncepti III i IV imaju integrirane senzore unutar svog kućišta. Ovakva izvedba otežava proboj vode do elektroničkih komponenti obzirom da su samo vršci senzora uronjeni u vodeno tijelo.

Sva četiri koncepta generiraju dovoljnu silu uzgona svojim tehničkim rješenjima. Koncept I i IV sa zračnim jastukom, koncept II sa valobranima i koncept IV sa diskom. Ove izvedbe omogućavaju dovoljnu silu uzgona i stabilnost na površini vode.

Koncepti II i III se kreću po vodenom tijelu s vlastitom propulzijom. Ovime se gibanje i pozicioniranje plutače omogućuje po cijelom vodenom tijelu. Koncepti I i IV nemaju sustav propulzije te se užetom vežu za jednu poziciju i zbog toga imaju nižu ocjenu.

Koncepti I i III se najlakše rastavljaju. Koncept I ima kopču koja otvara cijeli uređaj, a u konceptu III kućište je spojeno navojem. Zbog ovakvih izvedbi koncept I i koncept III su dobili najvišu ocjenu. Kućišta koncepta II i IV se spajaju vijčanim spojem što usporava njihovu montažu te zbog toga imaju nižu ocjenu.

Najveći zbroj ocjena je dobio koncept IV te će se s njim ići u danju razradu.

6. Konstrukcijska razrada

U konstrukcijsku razradu se kreće sa konceptom IV. U sljedećim poglavljima će se opisati odabrana rješenja za pojedine sustave.

Za 3D modeliranje korišten je programski paket *Solidworks 2020*. Uz konstrukcijsku razradu provedeni su i potrebni kontrolni proračuni.

6.1. Razrada tijela plutače

Proces konstruiranja započinje s razradom donjeg dijela tijela plutače. Za njen proračun koristit će se osnovni zakoni i znanja iz hidrostatičke. Pomoću navedenih zakona može se dobiti potreban volumen i oblik donjeg dijela plutače. Poznavanje oblika donjeg dijela direktno utječe na oblikovanje gornjeg dijela jer će se kasnije oba dijela međusobno spojiti preko spojnice, odnosno prstena. Nakon oblikovanja cjelokupnog tijela plutače izvršit će se proračun vijaka koji pritežu ručke za prijenos plutače.

Dimenzioniranje tijela plutače radi se prema zahtjevu za potrebnom silom uzgona koja omogućava plutanje plutače. Za proračun je potrebno poznavati gustoću fluida u kojem se plutača nalazi te težinu uređaja. Za dobivanje potrebnog volumena postavlja se sljedeća jednadžba:

$$F_{uzg} > G. \quad (1.1)$$

Iznos sile uzgona je jednak:

$$F_{uzg} = \rho g V, \quad (1.2)$$

gdje je gustoća vode $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, gravitacijska konstanta $g = 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ i V volumen uronjenoga tijela.

Ukupna težina uređaja jednaka je:

$$G = mg. \quad (1.3)$$

Za masu plutače m pretpostavlja se da je jednaka $m = 16,5 \text{ kg}$. Ova pretpostavka postaje konstrukcijski zahtjev na uređaju.

Uvrštavanjem (1.3) i (1.2) u (1.1) dobiva se sljedeći izraz

$$\rho g V > mg. \quad (1.4)$$

Nakon sređivanja, dobiva se potrebna vrijednost volumena plutače koji treba biti uronjen u fluid kako bi ona plutala.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{16.5}{1000} = 0,0165 \text{ m}^3. \quad (1.5)$$

Ova vrijednost postaje uvjet pri dimenzioniranju plutače. Volumen uronjenoga dijela plutače treba biti veći od uvjetnog, zbog čega vrijedi:

$$V_{plut} > V. \quad (1.6)$$

U sferoidnoj izvedbi plutače je samo donji dio kućišta uronjen u fluid, dok se vanjski dio nalazi iznad vodene linije. Za dobivanje dimenzija donjeg dijela kućišta koristi se formula za računanje volumena polovice sfere:

$$V_{plut} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi R^3, \quad (1.7)$$

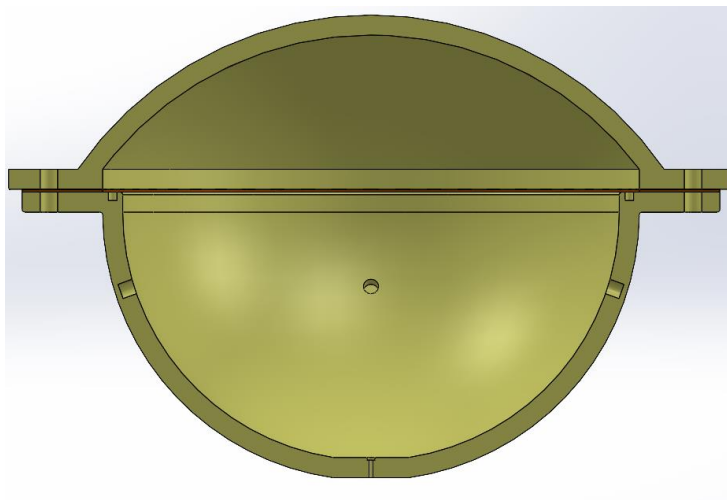
gdje se za radijus sfere uzima $R=0,2\text{m}$ kako bi se dobio volumen što bliži minimalnom potrebnom za plutanje uređaja.

$$V_{plut} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi R^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,2^3 = 0,01676 \text{ m}^3. \quad (1.8)$$

Kada se (1.8) i (1.5) uvrste u (1.6) dobiva se:

$$0,01676 > 0,0165. \quad (1.9)$$

Ovakvim oblikom zadovoljeno je plutanje plutače na vodenom tijelu. Vrijednosti potrebnog volumena za plutanje i volumena donjeg dijela plutače su bliske. Ova činjenica osigurava da se donji dio plutače nalazi pod vodom, dok se gornji nalazi iznad razine vode. Slika 67. prikazuje tijelo plutače.

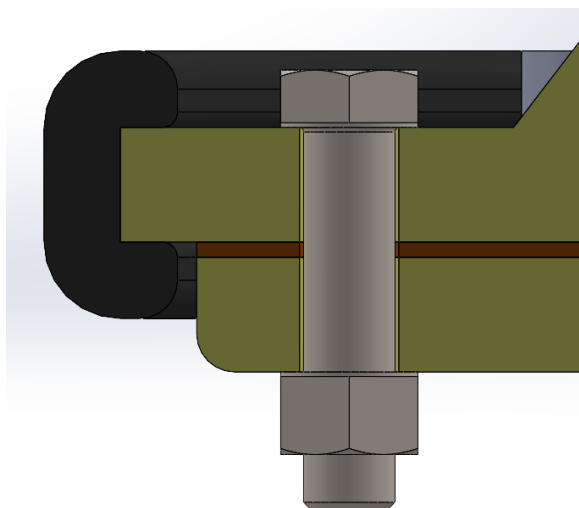


Slika 67. Tijelo plutače

Za stabilizaciju i plutanje plutače, nije bitan oblik gornjeg dijela kućišta plutače. Za oblik gornjega dijela izabran je sferni odsječak kojim se postiže potrebna masa za predviđeni rad uređaja. Gornji i donji dio plutače su međusobno spojeni prstenom. Prsten, osim što služi za spajanje, generira i dodatnu tromost plutače na vodenom tijelu, čime poboljšava njenu stabilnost.

6.1.1. Spajanje gornjeg i donjeg dijela plutače

Prilikom spajanja gornjeg i donjeg dijela plutače treba obratiti pažnju na tri stvari. Prvo se treba omogućiti rastavljanje gornjeg od donjeg dijela. Ovakva izvedba je bitna kako bi se osiguralo brzo servisiranje i zamjena komponenti. Zatim se treba ugraditi zaštitna guma koja se nalazi oko najvećeg promjera plutače, koja će štititi uređaj od mehaničkih udara uzrokovanih plovnim tijelima koja se nalaze na vodenom tijelu. Posljednja stvar koja se treba osigurati jest brtvljenje gornjeg i donjeg dijela, kako bi se spriječio prodor vode u tijelo plutače.



Slika 68. Spoj gornjeg i donjeg dijela plutače

Slika 68. prikazuje spoj gornjeg i donjeg dijela plutače. Spoj se ostvaruje s vijcima i pripadajućim maticama između kojih se nalazi CR (Neoperen guma) kružna brtva.

Vijčani spoj se koristi kako bi se osigurao dovoljan pritisak na brtvu. Generiran pritisak osigurava kvalitetno brtvljenje plutače. Za materijal gume odabran je materijal Neopren. On se preporučuje za brtvljenje proizvoda koji se nalaze u vodi i ima odličnu otpornost na promjenu temperature te manju potrebu za zamjenom jer se sporije troši od drugih sličnih materijala [41]. Štitnik plutače od udara drugih objekata napravljen je od EPDM (engl. *ethylene propylene diene monomer*) gume. Ona se koristi za zaštitu plovnih tijela zbog svojih mehaničkih karakteristika, otpornosti na vremenske uvjete i vlagu [42].

6.1.2. Proračun vijka za transport plutače

Za prijenos plutače od mjesta montaže do malog vodenog tijela potrebno je osigurati noseće ručke. Ručke služe za prihvat užeta, kuke ili ljudske ruke. Ručke također služe za pozicioniranje plutače na vodenom tijelu jer se za njih može vezati užad koja se veže za druga tijela unutar i oko vodenoga tijela.

Ručke su osigurane vijcima koji se nalaze na spojnicama gornjega dijela plutače. Potrebno je izvršiti njihov proračun na vlak kako bi se mogao osigurati transport plutače do vodenoga tijela. Odabran je M4 vijak je ISO 1207 čvrstoće 4.8.

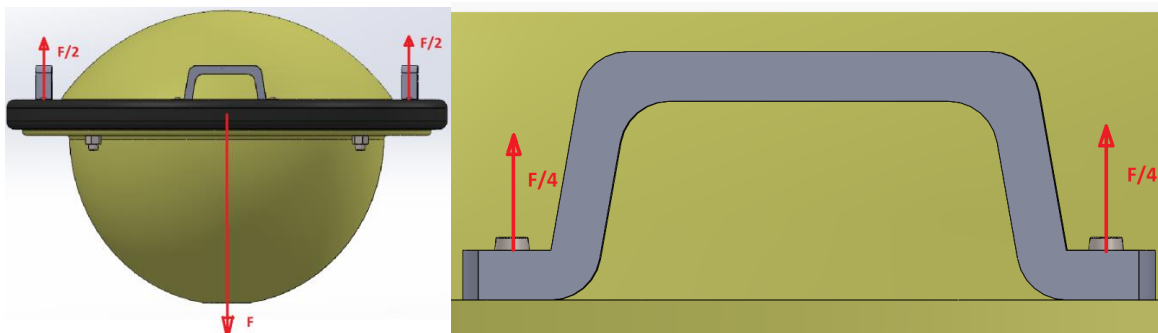
U oznaci vijka prvi broj pomnožen sa 100 označava R_m tj. vlačnu čvrstoću, a prvi broj pomnožen sa drugim i brojem 10 označava R_e tj. granicu tečenja.

Vrijednosti čvrstoće vijka iznose:

$$R_m = 100 \cdot 4 = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (1.10)$$

$$R_e = 4 \cdot 8 \cdot 10 = 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (1.11)$$

Plutača se tokom transporta prenosi s dvije ručke. Da bi se dobila ukupna sila koja djeluje na vijak potrebno je ukupnu masu plutače pomnožiti sa gravitacijskom konstantom i podijeliti je sa brojem nosivih vijaka. Ručke su simetrične izvedbe i nalaze se jedna nasuprot druge (slika 69.). Radi se pretpostavka da na svaki vijak djeluje ista sila. U ovom slučaju svaka je ručka spojena s dva vijka, što znači da će svaki vijak nositi četvrtinu težine ukupnog uređaja.



Slika 69. Prijenos sile na vijak

Iznos vlačne sile na pojedinom vijku iznosi:

$$F = \frac{1}{4} mg = \frac{1}{4} \cdot 15 \cdot 9,81 = 36,78 \text{ N}. \quad (1.12)$$

Proračun vijka se radi po strojarском priručniku za opterećene vijka na vlak [43].

Za prenapregnute vijke uzima se:

$$F_{max} = 1,6F = 1,6 \cdot 36,7875 = 58,86 \text{ N.} \quad (1.13)$$

Ta će sila u jezgri vijka izazivati naprezanje na vlak koje iznosi:

$$\sigma_v = \frac{F}{A_1}, \quad (1.14)$$

gdje je A_1 površina jezgre vijka i iznosi:

$$A_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}. \quad (1.15)$$

Unutarnji promjer navoja vijka d_1 očitao je iz [43] i iznosi $d_1 = 3,242$ mm. Uvrštavanjem u izraz (1.15) dobiva se:

$$A_1 = \frac{3,242^2 \cdot \pi}{4} = 8,2550 \text{ mm}^2. \quad (1.15)$$

Uvrštavanjem (1.15) i (1.13) u izraz (1.14) dobiva se vrijednost naprezanja:

$$\sigma_v = \frac{58,86}{8,255} = 7,13022 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (1.16)$$

Dobiveno naprezanje mora biti manje od dopuštenoga kako vijci ne bi pukli tokom eksploatacije. Dopušteno naprezanje vijka σ_{dop} , se određuje prema naprezanju tečenja odnosno [43].

$$\sigma_{dop} = 0,3R_e = 0,3 \cdot 320 = 96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (1.17),$$

pri čemu će vijci zadovoljavati ako je faktor sigurnosti, odnosno rezultat dijeljenja dopuštenoga naprezanja sa dobivenim naprezanjem veći od 1.

$$S = \frac{\sigma_{dop}}{\sigma_v} = \frac{96}{7,13022} = 13,4638. \quad (1.18)$$

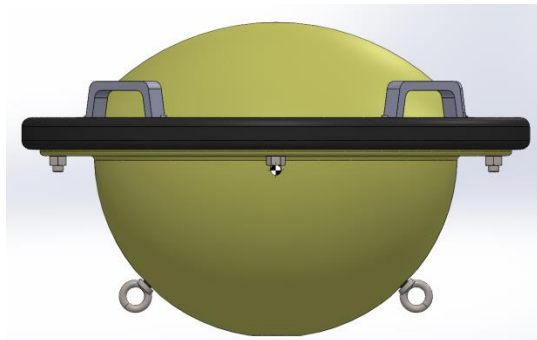
Vijci zadovoljavaju čvrstoću sa visokom sigurnošću.

6.1.3. Provjera stabilnosti plutače

Da bi se provjerilo je li plutača u stabilnom stanju prvo se ono treba definirati. Definicija stabilnoga stanja glasi da je sustav stabilan ako se pomakne iz postojećega stanja za određeni mali iznos i vrati natrag u početno stanje [44]. Ukoliko se sustav ne vrati, već ostane u novom stanju onda kažemo da je u indiferentnom stanju ravnoteže. Treći slučaj je labilno stanje ravnoteže kod kojeg sustav nakon pobude još više povećava svoj pomak.

Da bi se u slučaju plutače znalo je li ona u stabilnom stanju, mora se znati gdje je težište sustava.

Iz razloga jer je težište ispod prstena (spoja gornjega i donjega dijela plutače), ali prilično blizu samom spoju, odnosno mjestu gdje se nalazi razina vode, prokomentirat će se dva slučaja. Slika 70. prikazuje položaj težišta plutače.



Slika 70. Položaj težišta plutače

Ako se pretpostavi da je težište u središtu polukugle prstena, onda sve dokle se prsten ne uroni u vodu, sustav je u indiferentnoj ravnoteži jer su težište i metacentar u istoj točki, pa je metacentarska visina jednaka nuli. Iz toga slijedi da se ne stvara moment stabiliteta, koji bi plutaču vraćao natrag [45].

Kada se jedan dio prstena počne uranjati, taj uronjeni dio počinje stvarati uzgon. Taj dodatan uzgon na uronjenom dijelu prstena, nastoji dio prstena vratiti natrag, tj. izdići iz vode. Dakle, prsten se sada suprotstavlja nagibanju, pa je to stabilna ravnoteža. No, čim prsten potpuno izroni, njegov utjecaj prestaje i sustav se opet nađe u indiferentnoj ravnoteži, makar prsten nije došao u horizontalni položaj.

Ako je ipak težište ispod centra polukugle, onda je metacentarska visina pozitivna i sustav je u stabilnoj ravnoteži već i kod malih nagiba, tj. već i prije nego li se prsten uroni u vodu.

Zbog toga što je centar mase ispod prstena, a sama plutača uronjena do prstena, može se reći da je stabilnost plutače osigurana.

6.1.4. Montaža centralnih ploča na plutaču

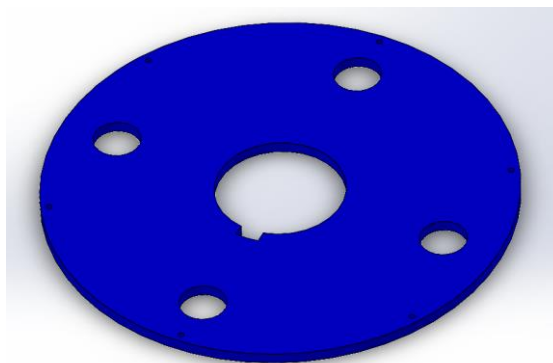
Plutača ima dvije centralne ploče koje služe kao nosač elektroničkih komponenata i modula za elektromotor, pumpe, senzore i slanje signala.

Gornja centralna ploča (slika 71.) spojena je vijcima za donji dio plutače. Ona nosi mehanizam za mjerenje parametara vodenih tijela, mikrokontroler Arduino i module potrebne za rad elektroničkih komponenti koje obavljaju predviđene funkcije uređaja. Mikrokontroler Arduino Uno i elektroničke komponente su prikazani na modelu kao crne kutije. Pretpostavlja se da su vijcima pričvršćeni za centralnu ploču i zabrtvljeni tako da ih vlaga ne može oštetiti.

Gornja centralna ploča na sebi ima utor koji sprječava rotaciju mjernoga volumena kada se on upusti u njen središnji provrt (slika 72).

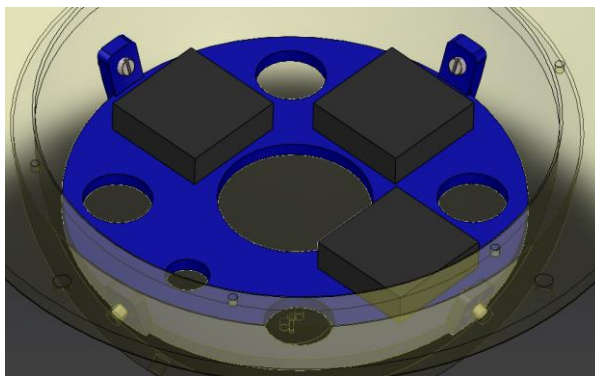


Slika 71. Gornja centralna ploča



Slika 72. Gornja centralna ploča izolirana

Da bi se dodatno osigurala stabilnost plutače, baterije su stavljene na donju ploču (slika 73.) Zbog veće mase baterija od ostalih električnih komponenti njihov položaj stvara niži centar mase koji pospješuje stabilnost plutače. Baterije su prikazane kao crne kutije koje su vijcima spojene za donju ploču. Zabrtvljene su i tako zaštićene od vlage. Donji dio ploče ima ušice sa provrtima. Ušice se savijaju te se vijcima spajaju sa donjim dijelom plutače. Ovo osigurava stabilnost i čvrstoću donje ploče.



Slika 73. Donja centralna ploča

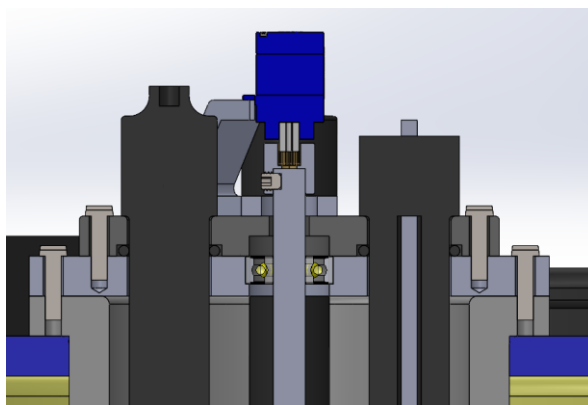
6.2. Mehanizam za mjerenje parametara vode

Mehanizam za mjerenje parametara vodenih tijela sastoji se od mjernog volumena, pumpe, senzora i četkice za čišćenje. Rad započinje tako što mikrokontroler šalje signal pumpi koja dovodi vodu u mjerni volumen. Kada mjerni volumen primi određenu količinu vode, senzori mjere vodene parametre. Senzori šalju signal mikrokontroleru koji izračunava parametre na temelju dobivenih vrijednosti. Nakon dobivanja vrijednost parametara vodenoga tijela, elektromotor pokreće vratilo na koje je spojena četkica, čisteći tako mjerni koje je spojeno na

elektromotor pomoću spojnice počinje se rotirati. Četkica koja se nalazi na vrhu vratila, rotira se zajedno sa vratilom čisteći mjerni volumen i vrške senzora. Nakon što se mjerenje izvršilo, voda se pomoću pumpe izbacuje van mjernog volumena i uzima se novi uzorak. U slučaju da se plutača nađe u situaciji da je vodeno tijelo presušilo, uzorak ostaje unutar mjernoga volumena i tako štiti senzore od štete uzrokovane presušivanjem.

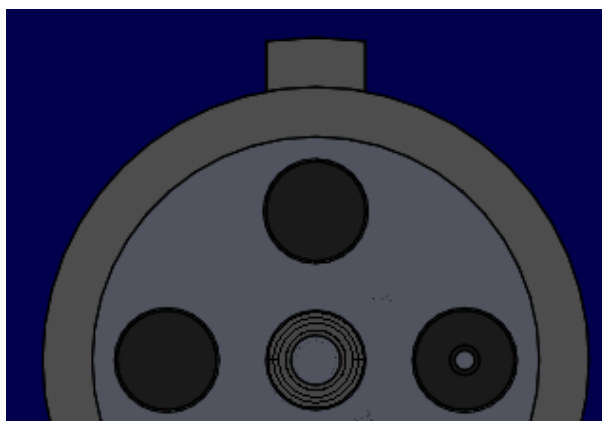
6.2.1. Postavljanje Senzora

Slika 76. prikazuje montažu senzora unutar 4 provrta labavog dosjeda koji se nalaze na senzornoj ploči. Senzori su žičano spojeni na module i mikro kontroler. Na senzornu ploču se spaja poklopac pomoću vijaka. Poklopac na sebi ima stupnjevane provrte unutar kojih dolaze kružne brtve. Te kružne brtve služe za brtvljenje senzora i zaštitu elektroničkih dijelova. Senzorna ploča se spaja vijcima za mjerni volumen. Ovo omogućava zamjenu mjernoga volumena koji se nakon duljega vremena zagađuje i troši. Nesterilan mjerni volumen ima značajan utjecaj na očitavanje parametara vodenoga tijela.



Slika 76. Poklopac za senzore

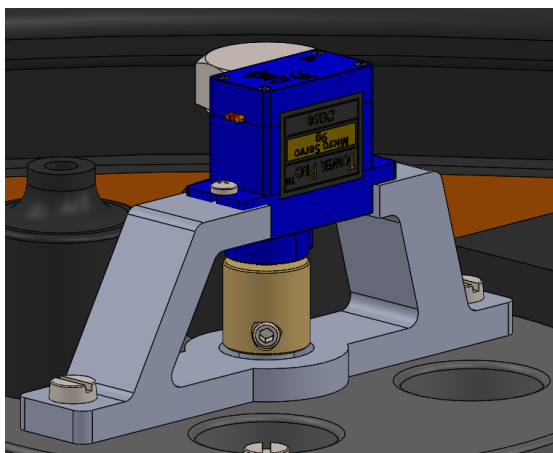
Mjerni volumen se oslanja na centralnu ploču i centrira pomoću zuba. Zub se naslanja na utor centralne ploče kao što je prikazano na slici 77.



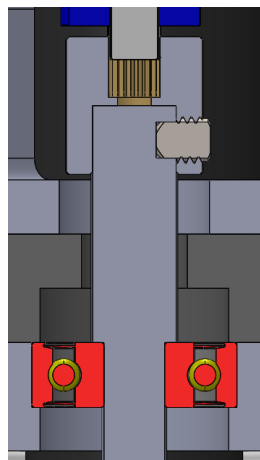
Slika 77. Centriranje mjernog volumena na centralnoj ploči.

6.2.2. Mehanizam za čišćenje

Mehanizam za čišćenje sastoji se od elektromotora, vratila i četkice koja se nalazi na vrhu vratila. Elektromotor dobiva signal od mikrokontrolera i prenosi moment na vratilo. Vratilo se počinje rotirati, a četkica koja je spojena na njegov vrh se rotira zajedno s njim. Rotacija uzrokuje prelazak četkice preko vrška senzora i dna mjernoga volumena. Ovakva izvedba čisti mjerni volumen i senzore od algi i malih čestica. Čišćenjem senzora se reducira potreba za njihovom kalibracijom i smanjuje frekvencija mijenjanja mjernoga volumena. Za uležištenje elektromotora, aditivnom proizvodnjom se napravio nosač (slika 74.). Nosač je vijcima spojen za poklopac senzora. Na sebi ima nosiva rebra na koje se vijcima spaja elektromotor.

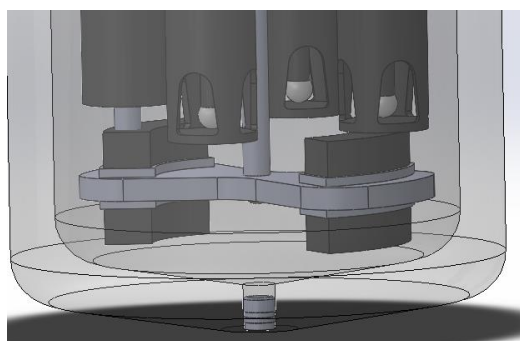


Slika 74. Nosač elektromotora



Slika 75. Spajanje vratila sa elektromotorom

Slika 75. prikazuje spajanje vratila na elektromotor pomoću spojnice od proizvođača Servocity [46]. Spojnica je napravljena da se spaja na izlaze malih servo motora koji su ozubljeni. Vratilo se ovakvom izvedbom osigurava od ispadanja. Vratilo je stupnjevano kako bi se mogao ugraditi ležaj. Stupnjevano vratilo omogućava oslanjanje na ležaj kako bi se prijelila sila težine vratila. Odabran ležaj je 626-2RSH [47]. Zbog povremenog rada i malih radijalnih sila uzrokovanim ekscentricitetom četkice, proračun ležaja se nije provodio.

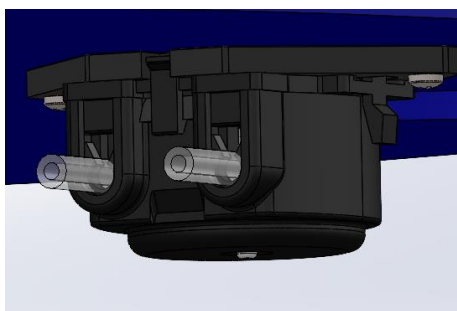


Slika 76. Prikaz četkica senzora

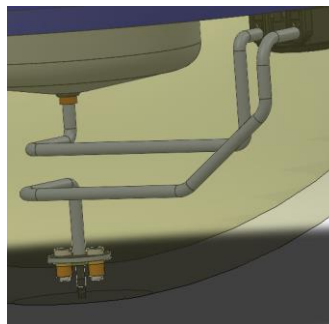
Slika 76. prikazuje obostranu četkicu. Njena funkcija je da svojom rotacijom čisti senzore i mjerni volumen od algi i prljaštvine. Rotira se zajedno sa vratilom koje je spojeno na elektromotor.

6.2.3. Pumpa

Slika 77. prikazuje peristaltičku pumpu čiji je režim rada u oba smjera. To znači da može dovoditi i odvoditi vodu mjernom volumenu unutar kojega se nalaze senzori. Vijcima se spaja na donju ploču i na nju se spajaju najlonske cijevi koje dolaze u sklopu pumpe.

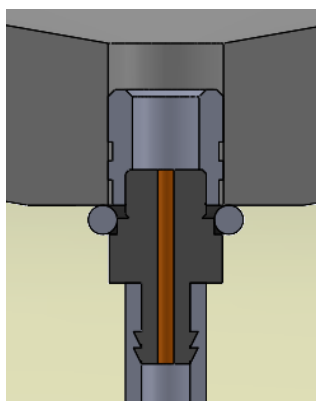


Slika 77. Peristaltičku pumpa



Slika 78. Cijevi pumpe

Na slici 78. prikazan je raspored najlonskih cijevi koji se spajaju na pumpu i mjerni volumen. Cijevi se spajaju na mjerni volumen i otvor plutače pomoću ventila (slika 79.) proizvođača Tameson [48]. Pomoću navoja, ventil se spaja na mjerni volumen, dok se na suprotnoj strani postavlja cijev. Ventil na sebi ima zube koji osiguravaju cijev od ispadanja nakon što se ona upreša na njega.



Slika 79. Prikaz gornjega ventila na mjernom volumenu

6.3. Popis standardnih komponenti

Pri izradi plutače koriste se standardne komponente koje postoje na tržištu, a koje služe za obavljanje funkcija plutače.

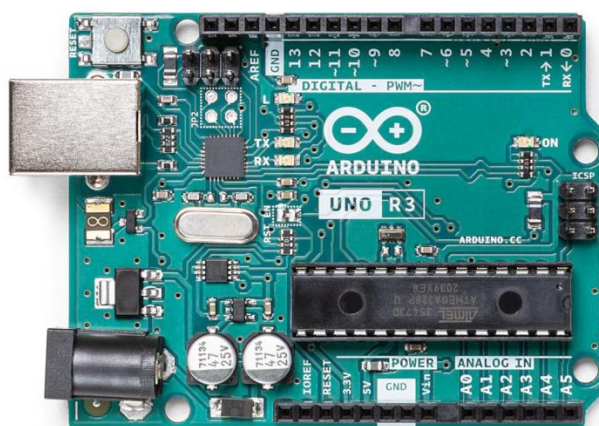
Da bi se odabranim sensorima dovodila voda unutar mjernoga volumena trebala se odabrati pumpa. Kako se napajanje uređaja vrši na istosmjernu struju tj. preko baterija, od interesa je odabrati pumpu koja će trošiti što manju količinu električne energije, a opet zadovoljavati funkciju. Glavni uvjet kojeg pumpa treba zadovoljiti je njen obostrani rad.

Za čišćenje senzora potrebna je rotacija četkice sa vratilom. Da bi se to postiglo vratilo je spojeno na elektromotor. Kako zahtjevi na snagu elektromotora ne postoje, bira se najjeftiniji elektromotora koji će obavljati zadanu funkciju.

Da bi se cijeli proces mogao regulirati i parametri preračunavati, potrebno je imati upravljačku jedinicu koja će biti sposobna za obavljanje tih funkcija. Ovdje se odlučilo za mikro kontroler Arduino Uno kako on može regulirati cijeli proces, a ujedno i vršiti pretvorbu signala kojega šalju senzori u mjerljive parametre.

6.3.1. Odabrana upravljačka jedinica

Arudino Uno je mikrokontroler (slika 80.) sa 14 digitalnih ulaza i izlaza i 6 analognih ulaza. Na sebi ima ugrađen USB konektor i utičnicu za napajanje.



Slika 80. Arduino Uno [49]

Ploča Arduina se najčešće koristiti za početničke projekte koje zahtijevaju elektroničke komponente koji se trebaju regulirati. Preko USB-a se spaja na računalo gdje se programiraju električne koje se spajaju na njega preko digitalnih i analognih ulaza. Napona je 5V što omogućava spajanje raznih elektroničkih komponenti. Na njega se mogu spajati različiti moduli kao što su bluetooth modul, Internet modul, moduli za senzori, moduli za motore i ostali. Zbog pristupačne cijene se često nalazi unutar projekata koji zahtijevaju nekakvu vrstu regulacije. Tehničke specifikacije Arduina su dane u tablici 6.

Tablica 6. Specifikacije Arduino Uno

Radni napon	5 V
Ulazni napon	7-20V
Digitalni ulazi/izlazi	14
Analogni izlazi	6
Struja pri 3.3V	50mA
Brza memorija	32KB

6.3.2. Odabrani modul za prijenos signala

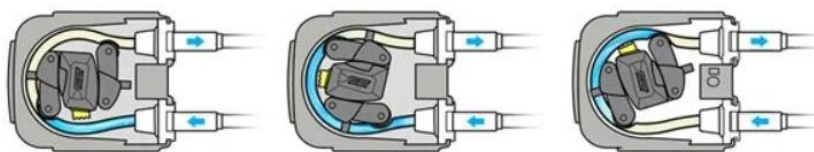
Za prijenos signala odabrao se LoRa modul proizvođača MultiTech [50] (slika 81.). To je RF (engl. *Radio-frequency*) male snage koji pruža povezanost velikoga dometa i niske brzine prijenosa podataka sa sensorima. Generalno se koristi za bežičnu komunikaciju na velikim udaljenostima uz vrlo malu potrošnju baterije. Li-Fi modul se odabrao kako pruža komunikaciju između uređaja i operater do udaljenosti od 15 kilometara što je znatno veći domet od ostalih modula za komunikaciju.



Slika 81. MutliTech mDot LoRa modul [50].

6.3.3. Odabrana pumpa

Odabrana pumpa je peristaltička pumpa koja je volumetrijska pumpa bez osovine brtve i ventila. Medij koji se transportira je u dodiru isključivo sa crijevom pumpe, a naizmjeničnim pritiskanjem crijeva pomoću rolera ili ekscentra stvara se vakuum za usisavanje medija i tlak za istiskivanje (Slika 82.)



Slika 82. Način rada peristaltičke pumpe [51]

Pumpa se odabire iz uvjeta za njezinim režimom rada u oba smjera tj. mora pumpati vodu unutar radnoga volumena i odvoditi je vani. Izabrana je peristaltična pumpa od 12V proizvođača Gikfun [52] kako je kompatibilna sa mikro kontrolerom Arduino Unom (slika 83.). Spajanjem na Arduino i dodatne module (tranzistorime i releje) postiže se zahtjevan režim rada u oba smjera. Pumpa dolazi sa svojim cijevima unutarnjeg promjera $\Phi=5\text{mm}$ i proizvoljnih duljina.



Slika 83. Gikfun 12V DC Dosing Peristaltic Pump [52]

Dane specifikacije pumpe su prikazane u tablici 7.

Tablica 7. Tehničke specifikacije Gikfun 12V DC pumpe

Broj okretaja motora	5000 RPM
Napon pumpe	12V
Protok	0-100 ml/min
Promjer cijevi	3mm – 5mm

6.3.4. Odabran elektromotor

Odabran koračni elektromotor je SG90 (slika 84.) od proizvođača Seedstudio [53]. Odabire se ovaj elektromotor kako se on najčešće koristi za projekte koji se temelje na mikro kontroleru Arduino. Iz razloga što za prijenos momenta i rotaciju vratila ne postoje nikakvi zahtjevi. Bitno je jedino da se vratilo slobodno rotira i da četkice samim vrškom prelaze preko

senzora, zahtjevi na snagu elektromotora nisu bitni. Rotacija motora se vrši za 180° nakon čega se vraća u početnu poziciju.



Slika 84. SG90 elektromotor [49]

Tehničke specifikacije elektromotora su dane u tablici 8.

Tablica 8. Tehničke specifikacije SG90 elektromotora

Moment	2.2kg/cm(6V)
Brzina	0.08s/60°
Radni napon	4.8/6V

6.3.5. Odabrani senzori

U poglavlju 2. detaljnije su opisani najvažniji parametri vodenoga tijela. U ovom poglavlju će se odabrati senzori i njihove karakteristike. Svi senzori su od proizvođača Seedstudio [53] kako se rad uređaja temelji na njemu.

Uzimajući u obzir konstrukcijske zahtjeve, a ujedno i cijenu samog uređaja odabiru se sljedeći senzori:

- Senzor za mjerenje oksidacijsko redukcijskog potencijala,
- Senzor za mjerenje pH vrijednost,
- Senzor za mjerenje električne provodnosti,
- Senzor za mjerenje temperature.

Senzori za očitavanje ostalih obrađenih parametara su skuplji od navedenih i često dolaze u sklopu već gotovih proizvoda. Uz male modifikacije na plutači moguće je i njih integrirati

unutar uređaja. Kombinacijom odabranih senzora, vrijednosti tih parametara se mogu kvalitetno aproksimirati. Ovakva kombinacija senzora će omogućiti operateru izradu algoritama na temelju kojih će se moći pretpostaviti i ostale vrijednosti unutar vodenoga tijela, koje će ukazivati na stupanj bioraznolikosti i zagađenja unutar vodenoga tijela.

Odabran senzor za oksidacijsko redukcijski potencijal jest Groove- ORP Sensor Kit(501Z) prikazan na slici 85. Senzor potencijala redukcije kisika mjeri aktivnost oksidansa i reduktora u vodenoj otopini, te mjeri sposobnost jezera ili rijeke da se očiste ili razgrade otpadne proizvode. Vrlo je pogodan za Arduino projekte zbog svoje oblika i cijene.



Slika 85. Groove-ORP Sensor Kit [54]

Njegove specifikacije su dane u tablici 9.

Tablica 9. Specifikacije ORP senzora

Električni potencijal	245-270mv
Raspon unutarnjeg otpora referentne elektrode	$\leq 10k$
Razlučivost stabilnosti elektrode	$\pm 8mv/24$
Indikator elektrode	Dobar kontinuitet
Radni napon	3.3V/5V
Radna temperatura	5°C-70°C

Odabran senzor za mjerenje pH vrijednost je pH sensor Kit(E-201C-blue) prikazan na slici 86. pH senzor mjeri aktivnost vodikovih iona u otopinama unutar vode i koristi za mjerenje pH vrijednosti. Koristi se u raznim industrijama gdje je potrebno ispitivanje kiselosti i lužnatosti. Zbog niske cijene i kompatibilnosti s Arduinom koristi se unutar plutače.



Slika 86. Groove – pH Sensor Kit [55]

Njegove tehničke specifikacije su prikazane u tablici 10.

Tablica 10. Specifikacije pH senzora

Radni napon	3.3V/5V
Raspon mjerenja	0-14pH
Preciznost	$\pm 0.15\text{pH}$
Vrijeme odziva	< 1min
Mjerna temperatura	0-60°C
Unutarnji otpor	$\leq 250\text{M}\Omega$

Odabran senzor za mjerenje električne provodnosti je EC sensor kit prikazan na slici 87.

EC sensor kit je analogni mjerac električne provodnosti fluida i često se koristi za mjerenje kvalitete vode. Napravljen je kao jeftino rješenje sa visokom točnosti koje može pokriti većinu primjena. Zbog svoga oblika i cijene često se koristi u projektima sa mikro kontrolerom Arduinom.



Slika 87. EC Sensor Kit [56]

Njegove specifikacije su dane u tablici 11.

Tablica 11. Specifikacije EC senzora

Radni napon	3.3V/5V
Raspon električne provodnosti	0-2000us/cm
Točnost	±5%
Vrijeme odziva	< 10 sec
Radna temperatura	5-80°C

Odabran senzor za mjerenje temperature Waterproof 1- Wire DS18B20 Digital temperature sensor prikazan je na slici 88. Odabrani senzor za temperaturu se koristi za mjerenje temperature vode. Sastoji se od metalnoga cilindra na kojega je spojen kabel koji prenosi signal do mikrokontrolera. Zbog drugačije građe od ostalih senzora za njega je napravljen poseban utor



Slika 88. Waterproof 1- WireDS18B20 senzor za temperaturu

U tablici 12. su prikazane specifikacije senzora

Tablica 12. Specifikacije WireDS18B20 senzora za temperaturu

Radni napon	3.3V/5V
Raspon mjerenja	-55°C do +125°C
Preciznost	±0.5°C
Vrijeme odziva	< 750ms

7. Zaključak

U ovom radu prikazan je razvoj uređaja za mjerenje parametara malih vodenih tijela. Opisana su mala vodena tijela, njihova važnost i njihovi mjerljivi parametri. Opisan je problem trenutnog načina mjerenja vodenih tijela i napravljena analiza postojećih rješenja. Postojeća rješenja su poslužila za postavljanje funkcionalnih i eksploatacijskih zahtjeva koje bi uređaj za mjerenje malih vodenih tijela trebao imati.

Na temelju zahtjeva, koncepti su generirani i ocijenjeni. Evaluacija koncepata pokazala je da plutača najbolje udovoljava zadanim zahtjevima pa je ona detaljno razrađena. Tokom konstruiranja plutače provjerena je njena plovnost i stabilizacija na vodenom tijelu. Izvršeni su potrebni proračuni u svrhu postizanja optimalnog rada plutače. Unutar nje nalazi se mehanizam koji služi za mjerenje parametara vodenog tijela. U mehanizam su integrirani senzori koji su odabrani prema traženim zahtjevima. Detaljno je opisan rad mehanizma te funkcija njegovih dijelova. Na samom završetku, popisane su standardne komponente potrebne za rad plutače.

Praćenje malih vodenih tijela od velikog je značaja za održavanje bioraznolikosti obzirom da omogućuje regulaciju ljudskog utjecaja na okoliš. Kako bi praćenje bilo uspješno, potrebno je kontinuirano prikupljati podatke o kvaliteti vode. Uređaj razvijen u ovom radu ispunjava upravo navedene zahtjeve obzirom da omogućuje autonomno uzorkovanje i mjerenje parametara vode te njihovo kontinuirano daljinsko praćenje čime znatno unaprjeđuje i olakšava održavanje malih vodenih tijela.

LITERATURA

- [1] J. Biggs, S. von Fumetti, M. Kelly-Quinn, The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers, *Hydrobiologia* 2016 793:1. 793 (2016) 3–39. <https://doi.org/10.1007/S10750-016-3007-0>.
- [2] 84% collapse in Freshwater species populations since 1970 | WWF, (n.d.). https://wwf.panda.org/wwf_news/?804991/84-collapse-in-Freshwater-species-populations-since-1970 (accessed February 20, 2023).
- [3] S. and C.O. United Nations Educational, Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat, Ramsar, Iran. (1971).
- [4] V. Neergheen-Bhujun, A.T. Awan, Y. Baran, N. Bunnefeld, K. Chan, T.E. dela Cruz, D. Egamberdieva, S. Elsässer, M.V. v. Johnson, S. Komai, A.L. Konevega, J.H. Malone, P. Mason, R. Nguon, R. Piper, U.B. Shrestha, M. Pešić, A. Kagansky, Biodiversity, drug discovery, and the future of global health: Introducing the biodiversity to biomedicine consortium, a call to action, *J Glob Health*. 7 (2017). <https://doi.org/10.7189/JOGH.07.020304>.
- [5] Rijeke jadranskoga sliva (slijeva) - DINARSKO GORJE, (n.d.). <https://www.dinarskogorje.com/rijeke-jadranskoga-sliva-slijeva.html> (accessed February 20, 2023).
- [6] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 14. 11. 2022. <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=29119>>, (n.d.).
- [7] Ponds are good for biodiversity - Game and Wildlife Conservation Trust, (n.d.). <https://www.gwct.org.uk/farming/research/ponds-are-good-for-biodiversity/> (accessed February 15, 2023).
- [8] Predicting the biodiversity of rivers | Nature Portfolio Ecology & Evolution Community, (n.d.). <https://ecoevocommunity.nature.com/posts/predicting-the-biodiversity-of-rivers> (accessed February 15, 2023).
- [9] Potok – Wikipedija, (n.d.). <https://hr.wikipedia.org/wiki/Potok> (accessed February 15, 2023).
- [10] J. Bartram, R. Ballance, Water Quality Monitoring-A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes Edited by, (1996).
- [11] mjerno osjetilo | Hrvatska enciklopedija, (n.d.). <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45689> (accessed February 20, 2023).
- [12] Three Main Types of Water Quality Parameters Explained - Sensorex, (n.d.). <https://sensorex.com/2021/09/20/three-main-types-of-water-quality-parameters-explained/> (accessed February 20, 2023).
- [13] Water Temperature - Environmental Measurement Systems, (n.d.). <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature/> (accessed February 20, 2023).
- [14] How do water temperatures affect fish and fishing ? – Lines on the Water, (n.d.). <https://linesonthewater.anglingtrust.net/2019/07/23/how-do-water-temperatures-affect-fish-and-fishing/> (accessed February 15, 2023).
- [15] Turbidity and Water | U.S. Geological Survey, (n.d.). <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water> (accessed February 20, 2023).
- [16] (PDF) Ecosystem services associated with a mosaic of alternative states in a Mediterranean wetland: Case study of the Doñana marsh (southwestern Spain), (n.d.). https://www.researchgate.net/publication/232871918_Ecosystem_services_associated_

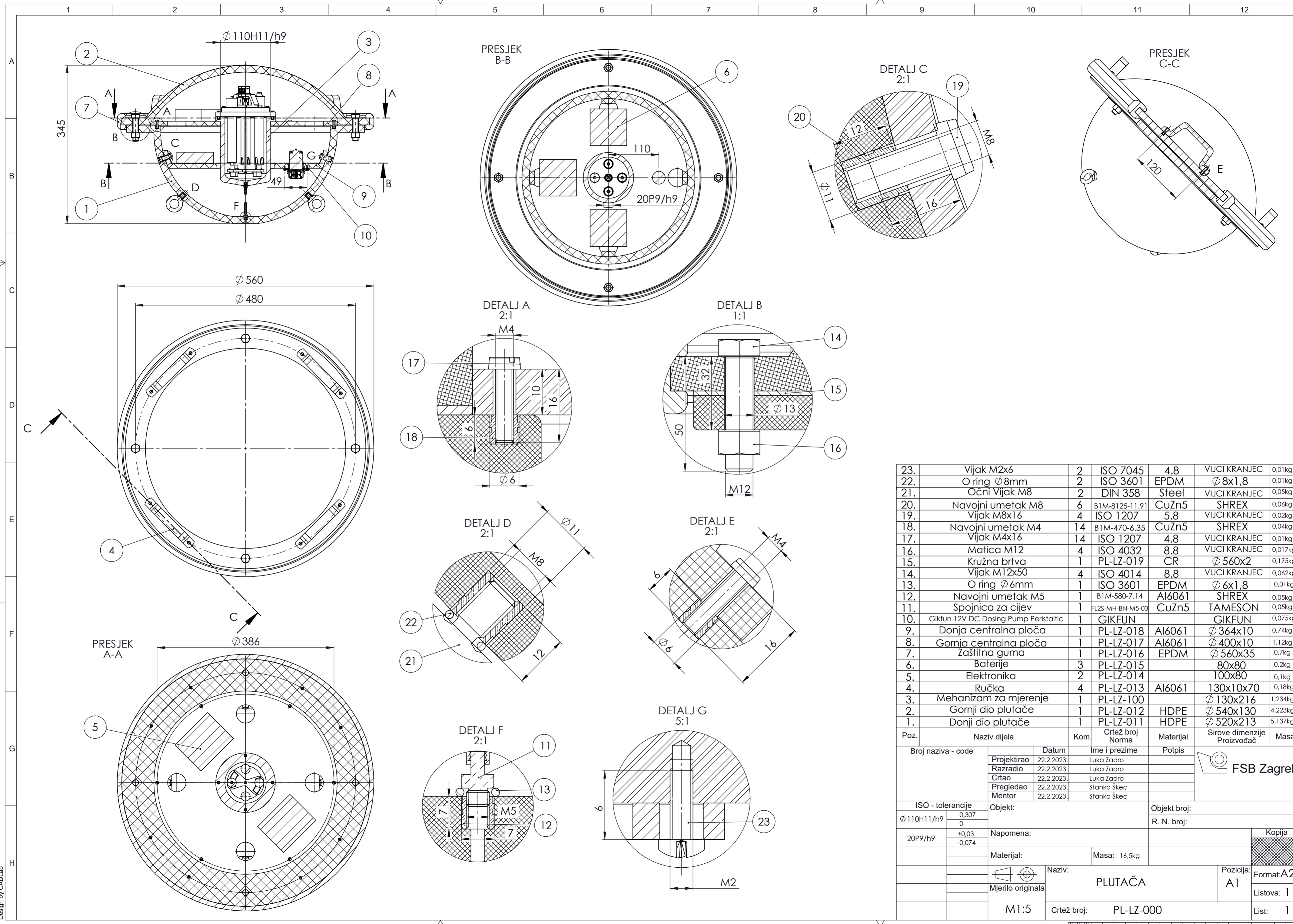
- with_a_mosaic_of_alternative_states_in_a_Mediterranean_wetland_Case_study_of_the_Donana_marsh_southwestern_Spain (accessed February 15, 2023).
- [17] električna provodnost | Hrvatska enciklopedija, (n.d.). <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69718> (accessed February 20, 2023).
- [18] Species richness in relation to electrical conductivity for each water... | Download Scientific Diagram, (n.d.). https://www.researchgate.net/figure/Species-richness-in-relation-to-electrical-conductivity-for-each-water-body-at-the_fig3_255180683 (accessed February 9, 2023).
- [19] M. Kaya, D. Fontaneto, H. Segers, A. Altındağ, Temperature and salinity as interacting drivers of species richness of planktonic rotifers in Turkish continental waters, *J Limnol.* 69 (2010) 297–304. <https://doi.org/10.3274/JL10-69-2-11>.
- [20] pH | Hrvatska enciklopedija, (n.d.). <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=48063> (accessed February 20, 2023).
- [21] pH of Water - Environmental Measurement Systems, (n.d.). <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/> (accessed February 15, 2023).
- [22] Dissolved Oxygen (DO), (n.d.). <https://datastream.org/en/guide/dissolved-oxygen> (accessed February 15, 2023).
- [23] Biological Oxygen Demand (BOD) and Water | U.S. Geological Survey, (n.d.). <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/biological-oxygen-demand-bod-and-water> (accessed February 20, 2023).
- [24] Dissolved Oxygen (DO), n.d. <http://www.h2ou.com/h2otrqual.htm#Oxygen>.
- [25] Oxidation-Reduction Potential (ORP), (n.d.). <http://www.flickr.com/photos/kthomason/375296752/in/photostream/> (accessed February 15, 2023).
- [26] Bakterije – Wikipedija, (n.d.). <https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakterije> (accessed February 20, 2023).
- [27] Alge – Wikipedija, (n.d.). <https://hr.wikipedia.org/wiki/Alge> (accessed February 20, 2023).
- [28] Virusi – Wikipedija, (n.d.). <https://hr.wikipedia.org/wiki/Virusi> (accessed February 20, 2023).
- [29] Proteus Multiparameter Water Quality Meter, (n.d.). <https://proteus-instruments.com/proteus-bod-multiparameter-water-quality-meter/> (accessed February 15, 2023).
- [30] S.K. Barik, B.B. Kar, P.R. Dixit, T.K. Bastia, WATER QUALITY INDEX AS A CRITICAL TOOL FOR AN ASSESSMENT OF BIODIVERSITY OF INLAND WATER ECOSYSTEM, *Journal of Water Engineering and Management.* 1 (2020). <https://doi.org/10.47884/JWEAM.V1I1PP44-54>.
- [31] MPC-Buoy | Monitor and Control Harmful Algal Blooms - LG Sonic, (n.d.). <https://www.lgsonic.com/products/mpc-buoy/> (accessed February 15, 2023).
- [32] How Does Temperature Affect pH?, (n.d.). <https://www.westlab.com/blog/how-does-temperature-affect-ph> (accessed February 20, 2023).
- [33] EcoMapper AUV Autonomous Underwater Vehicle | ysi.com, (n.d.). <https://www.ysi.com/ecomapper> (accessed February 15, 2023).
- [34] US20180120281 Submersible multi-parameter sonde having a high sensor form factor sensor, (n.d.). https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US215309437&_cid=P20-LE5SL7-88846-1 (accessed February 15, 2023).

- [35] KR102165090B1 - Separate pontoon system for water quality measurement - Google Patents, (n.d.).
<https://patents.google.com/patent/KR102165090B1/en?q=KR102165090B1> (accessed February 15, 2023).
- [36] CN212540374 Underwater robot for river channel area water quality detection, (n.d.).
https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN318574490&_cid=P20-LE5SM8-89410-1 (accessed February 15, 2023).
- [37] » Weather Whiplash: How Extreme Winters Impact Wildlife, (n.d.).
<https://www.wildlifehc.org/weather-whiplash-how-extreme-winters-impact-wildlife/> (accessed February 20, 2023).
- [38] What do you know about algal blooms?, (n.d.). <https://www.unep.org/news-and-stories/story/what-do-you-know-about-algal-blooms> (accessed February 20, 2023).
- [39] Hamilton pH Probe & ORP Sensor Storage | Hamilton Company, (n.d.).
<https://www.hamiltoncompany.com/process-analytics/ph-and-orp-knowledge/ph-orp-sensor-storage-and-regeneration> (accessed February 20, 2023).
- [40] News Story - Why is calibration of water quality testing equipment so important?, (n.d.). <https://in-situ.com/en/news/why-is-calibration-of-water-quality-testing-equipment-so-important> (accessed February 21, 2023).
- [41] Neoprene gasket for potable water, (n.d.).
<https://www.alanto.co.uk/latest/news/neoprene-gasket-for-potable-water> (accessed February 16, 2023).
- [42] What is EPDM Rubber? - Your guide to secure sealing with EPDM, (n.d.).
<https://www.ccm-europe.com/blog/what-is-epdm-rubber/?lang=en> (accessed February 16, 2023).
- [43] Bojan Kraut, Strojarski Priručnik, 11th ed., 2009.
- [44] Stabilitet broda – Wikipedija, (n.d.). https://hr.wikipedia.org/wiki/Stabilitet_broda (accessed February 16, 2023).
- [45] Metacentar – Wikipedija, (n.d.). <https://hr.wikipedia.org/wiki/Metacentar> (accessed February 16, 2023).
- [46] ServoCity - Servos, Actobotics, Gears, Motors and More!, (n.d.).
<https://www.servocity.com/> (accessed February 21, 2023).
- [47] 626-2RSH - Deep groove ball bearings | SKF, (n.d.).
<https://www.skf.com/my/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-626-2RSH> (accessed February 21, 2023).
- [48] Tameson - We Simplify Industrial Supply | Tameson.co.uk, (n.d.).
<https://tameson.co.uk/> (accessed February 21, 2023).
- [49] Arduino Official Store | Boards Shields Kits Accessories, (n.d.).
<https://store.arduino.cc/> (accessed February 17, 2023).
- [50] Long Range RF Module for Sale | MultiTech mDot, (n.d.).
<https://www.multitech.com/brands/multiconnect-mdot> (accessed February 22, 2023).
- [51] Peristaltic pumps - how do they work? | Watson-Marlow | WMFTS, (n.d.).
<https://www.wmfts.com/en/support/pump-principles/how-do-peristaltic-pumps-work/> (accessed February 16, 2023).
- [52] Gikfun Official Online Store (Arduino compatible product), (n.d.). <https://gikfun.com/> (accessed February 22, 2023).
- [53] Seeed Studio Bazaar, The IoT Hardware enabler., (n.d.). <https://www.seeedstudio.com/> (accessed February 23, 2023).
- [54] Grove - ORP Sensor Kit (501Z) - Seeed Wiki, (n.d.).
<https://wiki.seeedstudio.com/Grove-ORP-Sensor-kit/> (accessed February 15, 2023).

- [55] Grove - PH Sensor Kit (E-201C-Blue) - Seeed Wiki, (n.d.). <https://wiki.seeedstudio.com/Grove-PH-Sensor-kit/> (accessed February 15, 2023).
- [56] Grove - EC Sensor Kit - Seeed Wiki, (n.d.). <https://wiki.seeedstudio.com/Grove-EC-Sensor-kit/> (accessed February 15, 2023).

PRILOZI

- I. CD-R disc
- IIa. Funkcijska dekompozicija uređaja
- IIb. Funkcijska dekompozicija plutače
- III. Tehnička dokumentacija



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
23.	Vijak M2x6	2	ISO 7045	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
22.	O ring Ø8mm	2	ISO 3601	EPDM	Ø8x1,8	0,01kg
21.	Očni vijak M8	2	DIN 358	Steel	VIJCI KRANJEC	0,05kg
20.	Navojni umetak M8	6	B1M-8125-11.91	CuZn5	SHREX	0,06kg
19.	Vijak M8x16	4	ISO 1207	5.8	VIJCI KRANJEC	0,02kg
18.	Navojni umetak M4	14	B1M-470-6.35	CuZn5	SHREX	0,04kg
17.	Vijak M4x16	14	ISO 1207	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
16.	Matica M12	4	ISO 4032	8.8	VIJCI KRANJEC	0,017kg
15.	Kružna brtva	1	PL-LZ-019	CR	Ø560x2	0,175kg
14.	Vijak M12x50	4	ISO 4014	8.8	VIJCI KRANJEC	0,062kg
13.	O ring Ø6mm	1	ISO 3601	EPDM	Ø6x1,8	0,01kg
12.	Navojni umetak M5	1	B1M-580-7.14	Al6061	SHREX	0,05kg
11.	Spojnica za cijev	1	FL2S-MH-BN-M5-03	CuZn5	TAMESON	0,05kg
10.	Gikfun 12V DC Dosing Pump Peristaltic	1	GIKFUN		GIKFUN	0,075kg
9.	Donja centralna ploča	1	PL-LZ-018	Al6061	Ø364x10	0,74kg
8.	Gornja centralna ploča	1	PL-LZ-017	Al6061	Ø400x10	1,12kg
7.	Zaštitna guma	1	PL-LZ-016	EPDM	Ø560x35	0,7kg
6.	Baterije	3	PL-LZ-015		80x80	0,2kg
5.	Elektronika	2	PL-LZ-014		100x80	0,1kg
4.	Ručka	4	PL-LZ-013	Al6061	130x10x70	0,18kg
3.	Mehanizam za mjerenje	1	PL-LZ-100		Ø130x216	1,234kg
2.	Gornji dio plutачe	1	PL-LZ-012	HDPE	Ø540x130	4,223kg
1.	Donji dio plutачe	1	PL-LZ-011	HDPE	Ø520x213	5,137kg

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekтираo		22.2.2023.	Luka Zadro	
Razradio		22.2.2023.	Luka Zadro	
Crtao		22.2.2023.	Luka Zadro	
Pregledao		22.2.2023.	Stanko Škec	
Mentor		22.2.2023.	Stanko Škec	

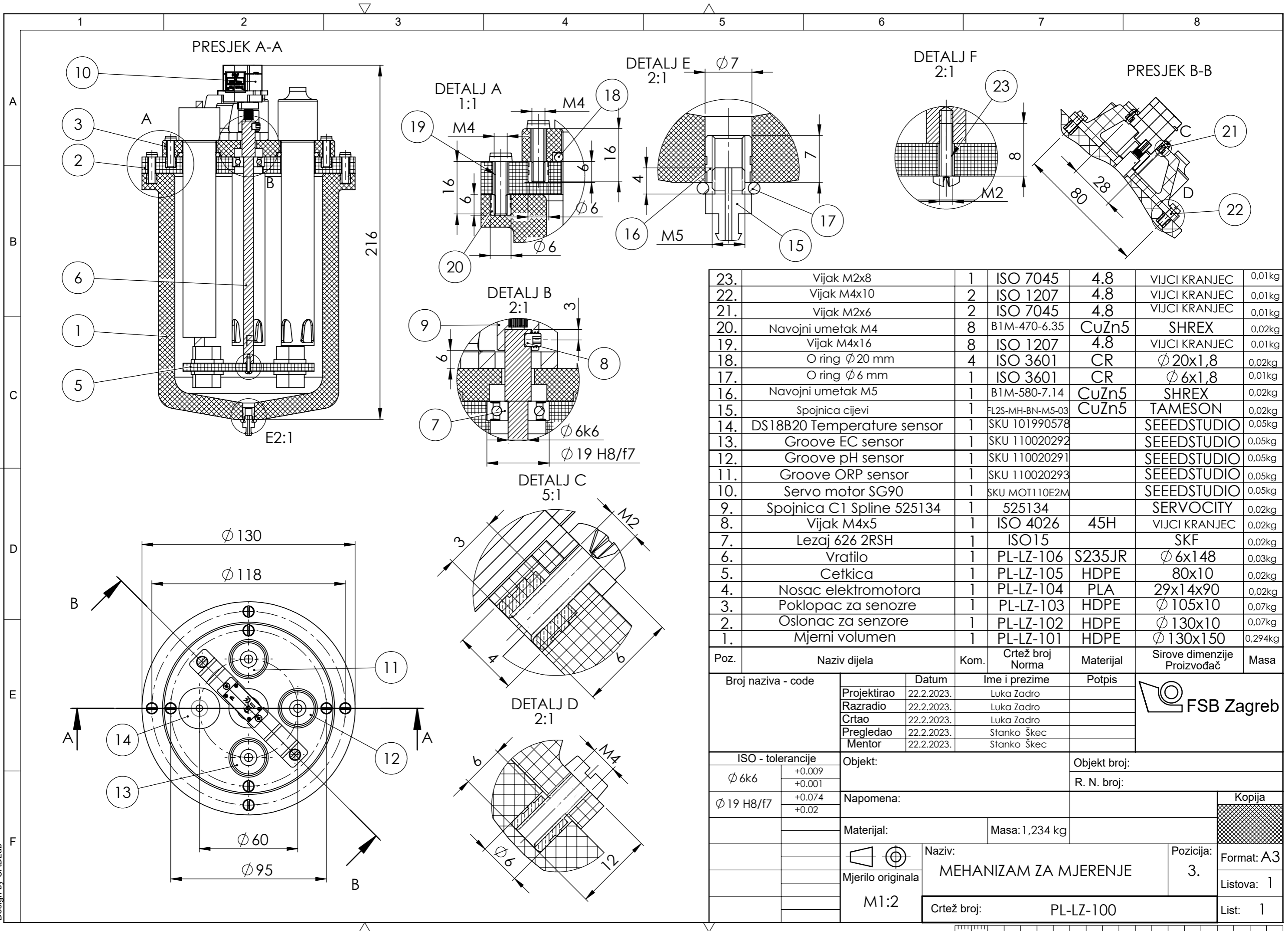
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
Ø110H11/h9	0,307 0		
20P9/h9	+0,03 -0,074		

Napomena:		Materijal:	Masa: 16,5kg

Mjerilo originala		Naziv:	Pozicija:
M1:5		PLUTAČA	A1

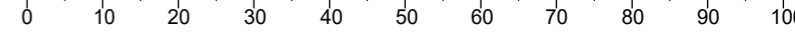
Crtež broj:		Kopija
PL-LZ-000		

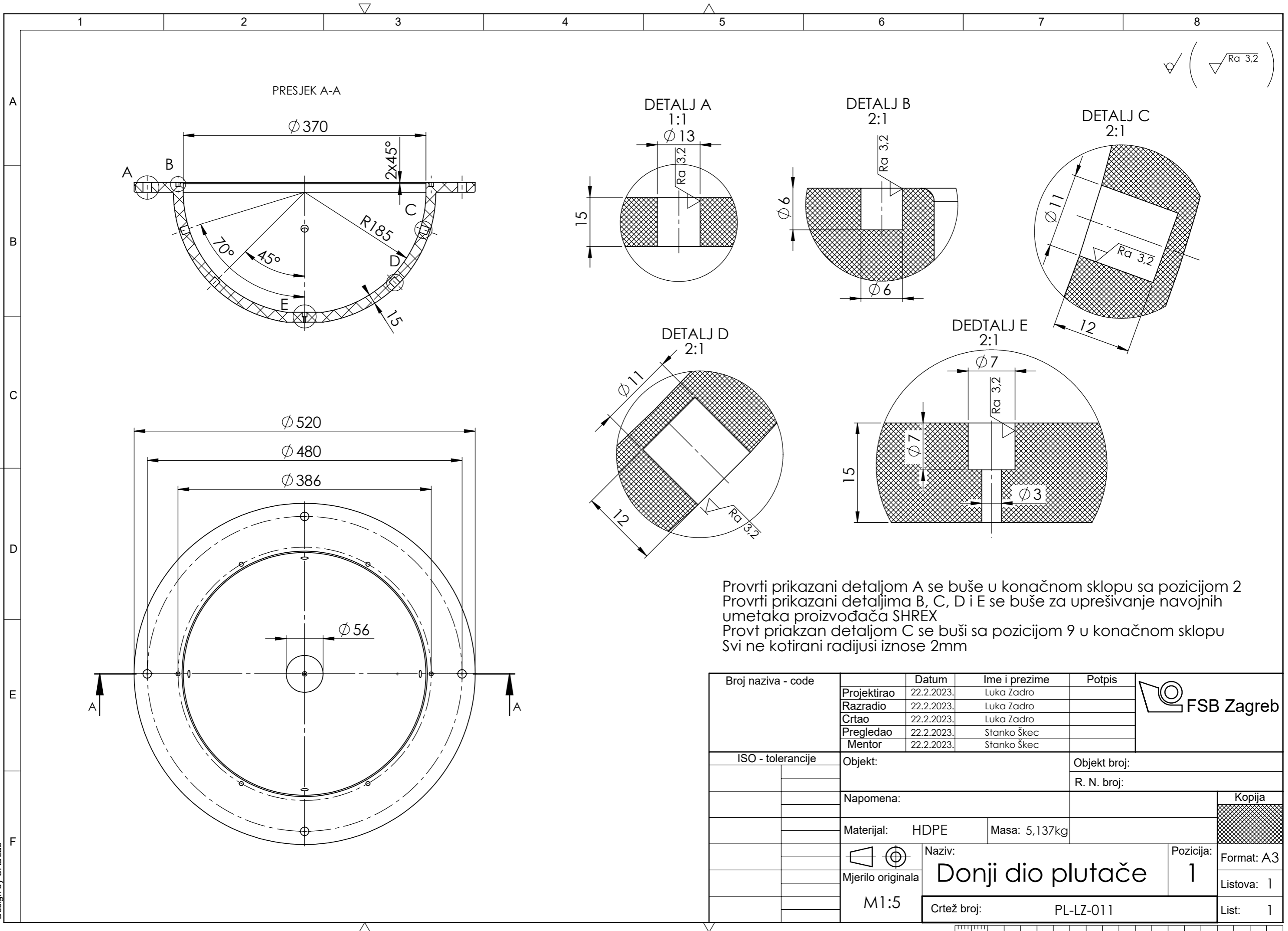
Format:		Listova:	List:
A2		1	1



23.	Vijak M2x8	1	ISO 7045	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
22.	Vijak M4x10	2	ISO 1207	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
21.	Vijak M2x6	2	ISO 7045	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
20.	Navojni umetak M4	8	B1M-470-6.35	CuZn5	SHREX	0,02kg
19.	Vijak M4x16	8	ISO 1207	4.8	VIJCI KRANJEC	0,01kg
18.	O ring ϕ 20 mm	4	ISO 3601	CR	ϕ 20x1,8	0,02kg
17.	O ring ϕ 6 mm	1	ISO 3601	CR	ϕ 6x1,8	0,01kg
16.	Navojni umetak M5	1	B1M-580-7.14	CuZn5	SHREX	0,02kg
15.	Spojnicica cijevi	1	FL2S-MH-BN-M5-03	CuZn5	TAMESON	0,02kg
14.	DS18B20 Temperature sensor	1	SKU 101990578		SEEDSTUDIO	0,05kg
13.	Groove EC sensor	1	SKU 110020292		SEEDSTUDIO	0,05kg
12.	Groove pH sensor	1	SKU 110020291		SEEDSTUDIO	0,05kg
11.	Groove ORP sensor	1	SKU 110020293		SEEDSTUDIO	0,05kg
10.	Servo motor SG90	1	SKU MOT110E2M		SEEDSTUDIO	0,05kg
9.	Spojnicica C1 Spline 525134	1	525134		SERVOCITY	0,02kg
8.	Vijak M4x5	1	ISO 4026	45H	VIJCI KRANJEC	0,02kg
7.	Lezaj 626 2RSH	1	ISO 15		SKF	0,02kg
6.	Vratilo	1	PL-LZ-106	S235JR	ϕ 6x148	0,03kg
5.	Cetkica	1	PL-LZ-105	HDPE	80x10	0,02kg
4.	Nosac elektromotora	1	PL-LZ-104	PLA	29x14x90	0,02kg
3.	Poklopac za senozre	1	PL-LZ-103	HDPE	ϕ 105x10	0,07kg
2.	Oslonac za senzore	1	PL-LZ-102	HDPE	ϕ 130x10	0,07kg
1.	Mjerni volumen	1	PL-LZ-101	HDPE	ϕ 130x150	0,294kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		22.2.2023.	Luka Zadro		
Razradio		22.2.2023.	Luka Zadro		
Crtao		22.2.2023.	Luka Zadro		
Pregledao		22.2.2023.	Stanko Škec		
Mentor		22.2.2023.	Stanko Škec		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
ϕ 6k6	+0.009 +0.001	Napomena:		R. N. broj:	
ϕ 19 H8/f7	+0.074 +0.02	Materijal:		Masa: 1,234 kg	
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:	
M1:2		MEHANIZAM ZA MJERENJE		3.	
Crtež broj:		PL-LZ-100		List: 1	





✓ (Ra 3,2)

PRESJEK A-A

DETALJ A
1:1

DETALJ B
2:1

DETALJ C
2:1

DETALJ D
2:1

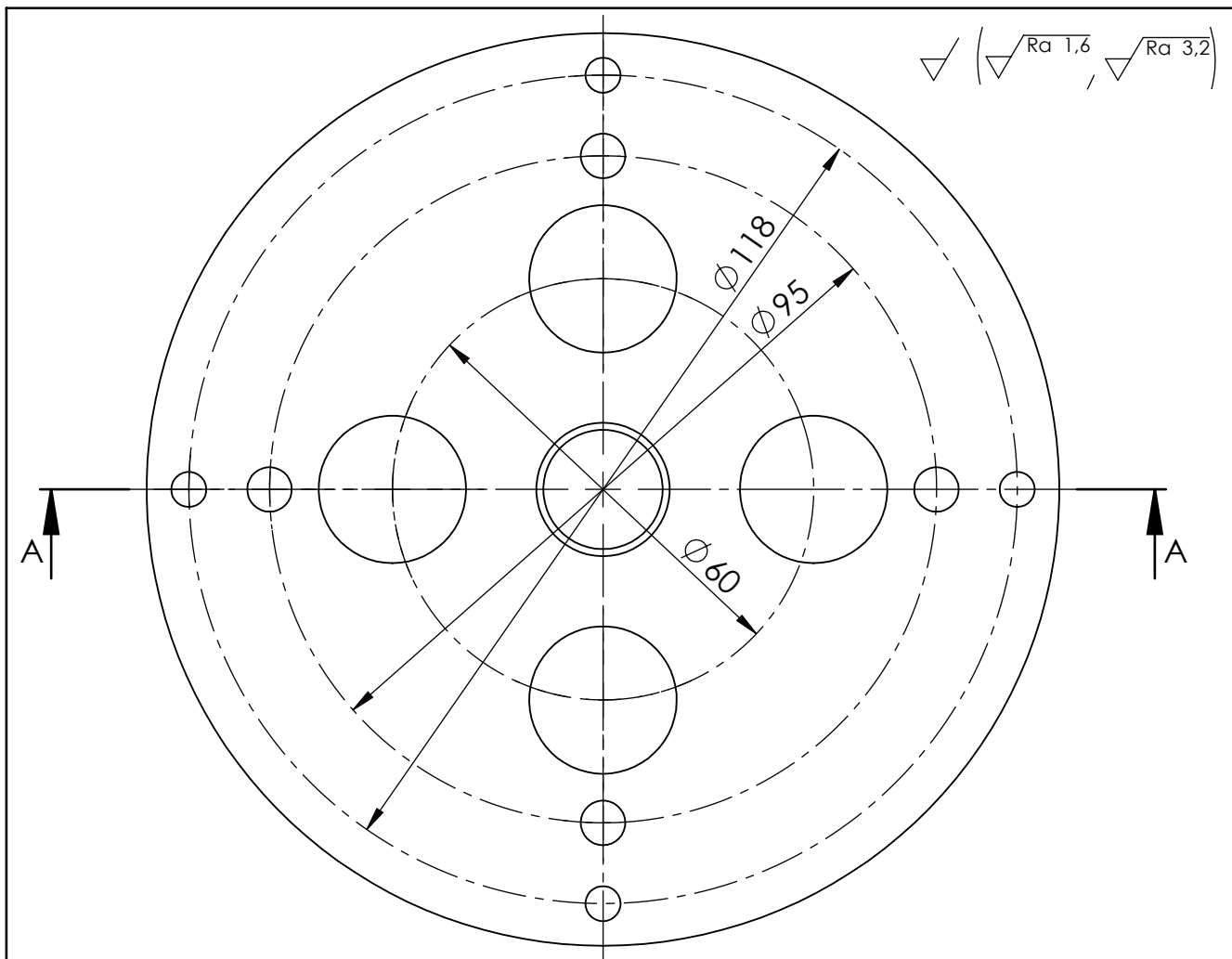
DETALJ E
2:1

Provrti prikazani detaljom A se buše u konačnom sklopu sa pozicijom 2
 Provrti prikazani detaljima B, C, D i E se buše za uprešivanje navojnih
 umetaka proizvođača SHREX
 Provrt prikazan detaljom C se buši sa pozicijom 9 u konačnom sklopu
 Svi ne kotirani radijusi iznose 2mm

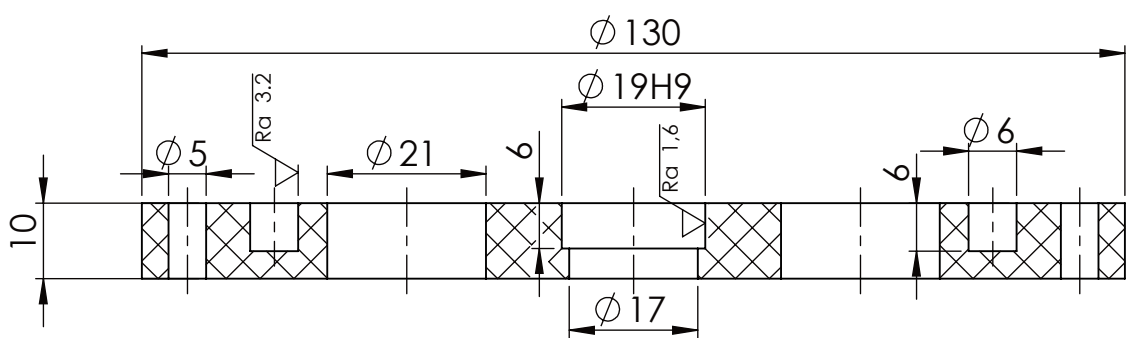
Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Razradio	22.2.2023.	Luka Zadro		
	Crtao	22.2.2023.	Luka Zadro		
	Pregledao	22.2.2023.	Stanko Škec		
	Mentor	22.2.2023.	Stanko Škec		
ISO - tolerancije	Objekt:			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:				Kopija
	Materijal:	HDPE	Masa:	5,137kg	
	 Mjerilo originala M1:5	Naziv:		Pozicija:	
	Donji dio plutače			1	
	Crtež broj:	PL-LZ-011		List:	1


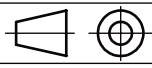
Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



PRESJEK A-A



Broj naziva - code	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
	Razradio	22.2.2023.	Luka Zadro		
	Crtao	22.2.2023.	Luka Zadro		
	Pregledao	22.2.2023.	Stanko Škec		
	Mentor	22.2.2023.	Stanko Škec		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
$\phi 19H9$	0.052			R. N. broj:	
	0	Napomena:			
		Materijal: HDPE	Masa: 0,122kg		
		 Naziv:	OSLONAC ZA SENZORE		Pozicija:
		Mjerilo originala			3
		M1:1	Crtež broj:	PL-LZ-103	Format: A4
					Listova: 1
					List: 1

Design by CADLab