

# 대한기계학회 주최

## 제13회 전국학생설계경진대회(2023년)

# 설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( 0 )				
참가분야	공모주제 ( 0 ) / 자유주제 ( )				
참가팀명	X(X+4Y)				
설계제목	부력을 이용한 홍수 대응 장치				
지도교수/교사	(소속)호남제일고등학교 (성명)이승훈 (연락처)010-4138-4482 (이메일) hoonee1025@naver.com				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	강현우	호남제일고등학교	010-4588-4081	hwkang0426@naver.com	전라북도 전주시 완산구 효동2길 21-8 서부거성 아파트 1동 207호

## 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	강현우	호남제일고등학교 / 1학년	hwkang0426@naver.com
2	서태영	호남제일고등학교 / 1학년	seotaeyoung2604@gmail.com
3	나영채	호남제일고등학교 / 2학년	youngchae1211@naver.com
4	옥성균	전주해성고등학교 / 1학년	seonggyunog@gmail.com
5	이은솔하	전북과학고등학교 / 1학년	ensolha@naver.com
6			

※ 최종보고서 제출 : 설계경진대회 홈페이지에서 제안서제출 클릭 ☞ 로그인한 후 신청번호 클릭  
 → 최종보고서 제출 (제출기한: 2023년 8월 28일(월)~9월 11일(월))

※ 파일명 : 최종보고서\_(참가팀명)\_홍길동(대표자명)

# 설계 요약문

<b>참가분야</b>	<b>공모주제 ( O ) / 자유주제 ( )</b>
<b>참가팀명</b>	X(X+4Y)
<b>설계제목</b>	부력을 이용한 홍수 대응 장치
<b>대표자명</b>	강현우
<b>요약문</b>	<p>홍수는 과도한 강수량으로 하천이 넘치거나 땅이 물에 잠긴 상태를 의미하며, 국가 자연 재난으로 분류하고 있다. 홍수로 인해 도로가 침수되어 교통이 마비되고 차량 충돌사고를 비롯한 경제적 손실과 안전 문제가 발생한다. 본 팀은 이를 해결하고자 부력을 이용하여 차량 침수 현상과 익사 사고를 방지하는 기계를 설계하였다.</p> <p>2022년 8월 9일 일일 강수량 350mm를 넘기며 저지대인 강남이 침수되었다. 침수차량 접수는 약 1만 건이 넘었으며 피해액은 1,300억 원대로 추산되었다. 2023년 7월에는 청주에 차도가 침수되어 14명이 사망하기도 하였다. 환경부와 기상청 발표에 따르면 기후변화로 인해 매년 강수량은 증가할 것으로 예상되었다. 강수량 증가로 홍수 발생 빈도 또한 증가할 것으로 예측되었고 이러한 홍수 사태에 차량을 안전하게 보호하여 금전적 피해를 최소화하려 본 기계를 설계하였다.</p> <p>본 설계는 수위 센서를 이용하여 차량 최저 지상고 높이 이상으로 물이 차오름을 감지하도록 하였다. 감지된 신호가 엔진을 작동시켜 튜브에 차량 배기를 주입하고, 주입된 배기로 부력을 이용해 차량을 들어 올리는 시스템을 설계하였다. 또한 튜브의 끝부분에 손잡이를 구현하여 사람이 탈 수 있도록 하였고, 튜브의 크기를 차량보다 크게 하여 타 차량과의 충돌 및 구조물과의 충돌 시에 손상을 줄였다.</p> <p>홍수가 자주 발생하는 여름철 사용으로 차량 침수 사고 및 충돌사고를 예방할 수 있다. 따라서 금전적 부문에서 긍정적 결과를 얻을 수 있으며, 튜브에 사다리 모형을 추가하거나 손잡이를 구현하는 등의 변형으로 인명 피해를 줄여 사회 안전 부문에서도 효과적으로 사용될 것이다.</p>
<b>설계프로젝트의 입상 이력</b>	

※ 설계 요약문은 공개될 예정이며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.  
 ※ 제공된 개인정보는 심사과정에만 사용되며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.

## 1. 설계의 필요성 및 목적

대한민국의 홍수는 대표적으로 물이 토양에 흡수되지 못하고 지표로 모여 하수구 등의 배수시스템이 감당하지 못하게 되어 발생한다. 특히 지대가 낮은 대한민국 강남은 홍수로 자주 침수되고 있다. 2022년 홍수 때는 침수 차량 접수는 약 1만 건이 넘었고, 이로 인한 피해액은 1,300억 원대로 추산되었다. 또한 10명이 넘는 사망자와 실종자가 발생하는 등의 문제가 발생했다. 현재 기후변화로 인해 여름철 강수량이 증가하고 있으며, 이를 처리하지 못해 홍수 발생량이 잦아지는 추세이다. ‘한국 기후변화 평가보고서 2014’에 따르면 2004~2013년 동안 이산화탄소와 이산화질소의 대기 중 농도가 뚜렷하게 증가하였다. 2001~2010년까지 우리나라의 평균 연 강수량은 지난 30년 동안의 값에 비해 약 7.4%가 증가하였으며, 다음 두 발표 자료를 통해 앞으로의 증가율을 예상할 수 있다.

1. 환경부 ‘홍수대책기획단’의 2020년 발표에 따르면, 강수량은 21세기 초(2011~2040년)·중(2041~2070년)·후반(2071~2100년)에 각각 3.7%, 9.2%, 17.7% 증가하는 것으로 전망되었으며, 특히 21세기 후반 특정 연도에서는 강수량이 41.3%까지 증가하는 것으로 예측되기도 하였다. 홍수량은 2050년경 현재 대비 11.8% 증가할 것으로 전망되었으며, 장래 강수량 및 홍수량 증가에 따라 현재 100년 빈도로 설계된 댐과 하천제방 등의 치수안전도가 지점에 따라 최대 3.7년까지 급격히 낮아지는 것으로 전망됐다. 이는 가령 현재 100년에 한 번 범람하도록 설계되어있는 하천제방이 미래에는 4년에 한 번 범람할 수 있다는 의미이다.
2. 밑 사진은 기상청 소속 ‘국립기상과학원’이 2021년 12월 펴낸 ‘남한 상세 기후변화 전망보고서’와 기상청·아시아태평양경제협력체 기후센터(APCC)가 함께 분석한 ‘기후변화로 인한 지역별 극한 강수량의 미래변화 분석결과’자료이다. (SSP1-2.6)는 2070년까지 탄소중립을 이루는 저탄소 시나리오, (SSP5-8.5)는 현재와 유사하게 온실가스 배출을 지속하는 고탄소 시나리오이다. 각각 전반기 중반기 후반기에서 저탄소와 고탄소 시나리오 모두 강수량이 증가하는 모습을 보였다.

기온	현재 (2000~2019)	21세기 전반기 (2021~2040)		21세기 중반기 (2041~2060)		21세기 후반기 (2081~2100)		
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	
1일 최대 강수량 (mm)	수도권	129.7	153.7 (+19%)	158.9 (+23%)	164.4 (+27%)	173.4 (+34%)	164.5 (+27%)	179.5 (+38%)
	강원권	138.4	160.3 (+16%)	154.7 (+12%)	157.2 (+14%)	163.6 (+18%)	163.7 (+18%)	187.9 (+36%)
	충청권	113.0	125.6 (+11%)	131.4 (+16%)	140.0 (+24%)	146.1 (+29%)	130.2 (+15%)	152.9 (+35%)
	전라권	125.1	154.8 (+24%)	149.0 (+19%)	151.0 (+21%)	166.6 (+33%)	152.8 (+22%)	173.5 (+39%)
	경상권	130.5	148.1 (+13%)	146.0 (+12%)	140.4 (+8%)	161.5 (+24%)	147.6 (+13%)	176.5 (+35%)
	제주권	182.4	247.3 (+36%)	239.2 (+31%)	247.4 (+36%)	276.4 (+52%)	253.2 (+39%)	284.1 (+56%)
	평균	125.7	147.9 (+18%)	147.5 (+17%)	148.2 (+18%)	162.7 (+29%)	151.6 (+21%)	175.3 (+39%)

(그림1, 출처 : 국립기상과학원 - 『남한상세 기후변화 전망보고서 - SSP1-2.6/SSP5-8.5에 따른 기후변화 전망 -』)

이를 통해 기후변화로 인한 앞으로의 강수량과 홍수 발생량이 증가할 것을 예측하였고, 동시에 홍수 발생 시 피해량 또한 증가할 것으로 예상하였다. 따라서 홍수에 대한 금전적 피해와 인명 피해를 본 설계를 통해 줄이고자 하였다. 차량 하단에 튜브를 장착하고 홍수 발생 시 부력을 이용해 차량을 띄워 침수와 충돌을 방지하여 금전적인 피해를 줄이고, 튜브에 사람이 올라갈 수 있도록 하여 익사 사고 또한 방지해보려 하였다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

홍수 발생 시 차량 하부가 물에 잠겨 침수차가 되면 차량 시스템에 문제가 생기게 된다. 이러한 침수차는 폐차해야 하는 상태가 되는데, 이때 금전적인 손실이 발생하게 된다. 또한 차량이 주변 구조물 등에 충돌하거나, 물에 떠밀려온 잔해에 차량이나 사람이 충돌하기도 한다. 충돌이 발생하면 사람, 차량, 구조물 모두 피해를 입거나 파손된다. 이러한 피해를 줄이기 위하여 충돌 방지 및 침수 방지 시스템을 이용하여 사전에 대비해야 한다.

### (2) 설계의 독창성 및 접근 방법

#### 1) 설계 방법 및 배경

- 차량을 물에 띄우기 위한 부력을 계산한다. 차량의 무게와 필요 부력의 크기를 각각 계산하여 최소 부력을 구하고, 이에 따른 물에 잠긴 부피를 계산하여 튜브의 크기를 결정한다.
- 차량 하단에 수위 센서와 튜브를 장착하고, 센서가 작동될 수 있게 알맞은 코드를 입력한다.
- 차량 배기관과 튜브의 공기주입 부분을 연결한다. 수위가 감지되면 엔진을 작동시키고, 이때 배출되는 배기를 튜브에 주입한다.

#### 2) 설계의 독창성

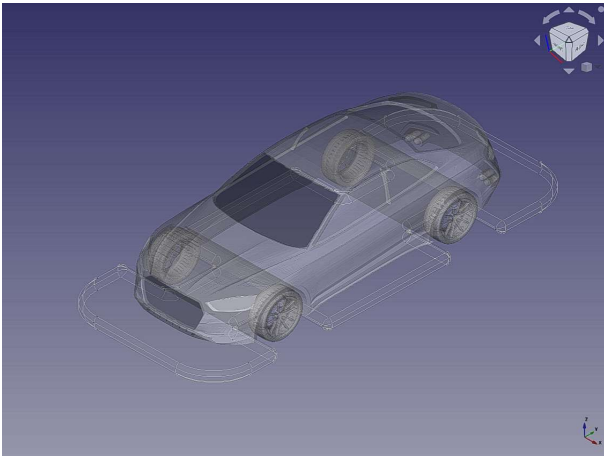
- 차량의 엔진, 또는 기타 부분의 부력을 증대시키거나, 차량의 틈새를 막아 물이 들어가지 않도록 하는 것이 아닌 튜브를 이용하여 차량이 물에 뜰 수 있도록 하였다.
- 튜브를 이용하여 차량의 침수를 방지할 뿐만 아니라, 여분의 공간을 통해 사람이 올라갈 수 있도록 하여 인명 피해 또한 최소화하였다. 또한 튜브의 길이를 차량보다 길게 하여 충돌 발생 시 차량의 파손이나 기타 구조물 등의 파손을 방지하려 하였다.

#### 3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

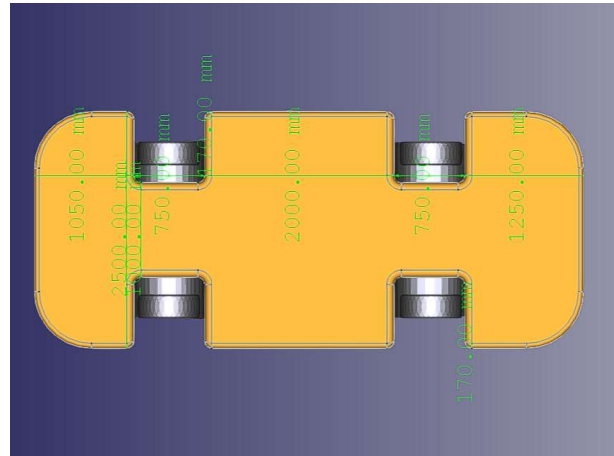
- 재료의 한계 : 튜브 특성상 도로에서 굽히거나 부딪히는 경우가 많을 것이다. 또한 차량 배기를 이용하여 공기를 주입하는 과정에서도 튜브에 영향이 갈 수 있다. 이 때문에 내구성이 강하고 열에 잘 견디는 하이파론(군용 보트의 재료. 클로로설폰화 폴리에틸렌, chlorosulphonated polyethylene) 등을 사용해야 한다.
- 차종에 따른 변화 : 차량의 종류마다 길이와 무게가 다르다. 스포츠카, 외국산 자동차들은 국내산 자동차에 비해 차량 최저 지상고가 낮은 편이다. 최저 지상고가 낮아질수록 튜브의 높이는 낮아지고 가로와 세로의 길이는 늘어나 표면적이 증가하게 된다. 하지만 국내 일반 도로의 폭은 약 3m이다. 옆 차선을 침범하지 않기 위해서는 가로의 길이가 3m를 넘어가면 안 된다. 따라서 최저 지상고가 낮은 차량의 경우 튜브의 세로 길이가 급격히 길어질 수밖에 없다. 이를 해결하기 위해서는 차량의 최저 지상고를 높이거나 차량 주변에 튜브를 둘러 차량이 최저 지상고보다 조금 더 가라앉되, 물이 들어가지 않도록 해야 한다.
- 차량 시동의 문제 : 튜브에 배기를 이용하여 공기를 주입하기 위해서는 엔진이 작동되어야 한다. 엔진이 작동되기 위해서는 차량의 시동이 켜진 상태여야 하고, 이 때문에 시동이 꺼진 상태에서 수위가 감지되면 차량의 시동이 켜질 수 있는 기술을 탑재해야 한다. 또한 차량의 동력원에 따라 엔진의 작동 방법이 다르기 때문에 이에 맞춰 엔진을 작동시킬 방법을 적용해야 한다.

### (3) 설계 내용

#### - 1) 튜브의 크기 및 3D모델링 설계



(그림2 : 튜브 팽창상태 예상 설계도 1)



(그림3 : 튜브 팽창상태 예상 설계도 2)

차량이 물에 뜨기 위한 조건 : 차량 무게 < 부력

→ 중력가속도\*차량의 질량(1.8t으로 가정) < 유체의 밀도\*중력가속도\*물체가 잠긴 부피

→  $g \cdot 1,800\text{kg} < 1000\text{kg/m}^3 \cdot g \cdot (\text{잠긴 부피}),$

→  $1.8\text{m}^3 < (\text{잠긴 부피})$

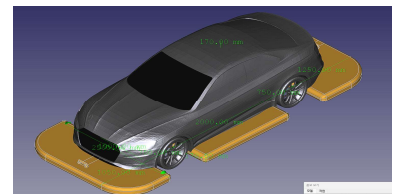
튜브의 크기 : (직육면체의 부피) - (바퀴로 인한 튜브 퍼짐 불가 부분)

→  $(2500\text{mm} \cdot 5800\text{mm} \cdot 170\text{mm}) - (750\text{mm} \cdot 170\text{mm} \cdot 750\text{mm} \cdot 4\text{개}) = 2,082,500\text{cm}^3$

→  $(2.5\text{m} \cdot 5.8\text{m} \cdot 0.17\text{m}) - (0.75\text{m} \cdot 0.17\text{m} \cdot 0.75\text{m} \cdot 4\text{개}) = 2.0825\text{m}^3$

∴ (튜브의 크기) ≙  $2.0825\text{m}^3$  (모서리 둥근 부분 미제외 값)

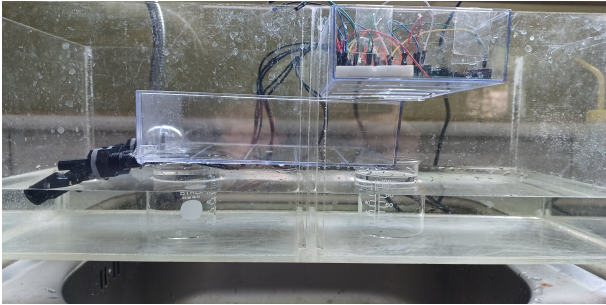
차량의 무게보다 튜브가 물로부터 받는 부력이 크므로 차량은 튜브를 이용하여 물에 뜰 수 있게 된다.



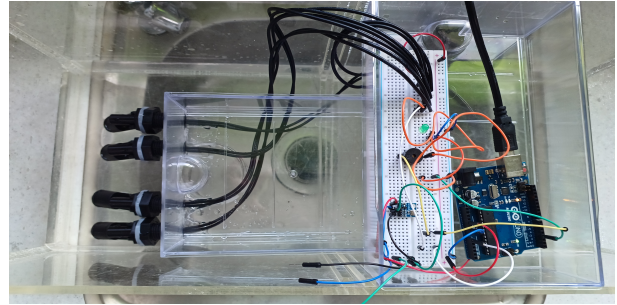
(그림 4, 5, 6 : 튜브 손잡이 모형 구현 뒤, 앞, 위)

또한 이처럼 튜브에 손잡이 모형을 구현하고 앞뒤 60cm, 옆 40cm 정도의 공간을 두어 사람이 올라탈 수 있도록 하여 익사 사고를 방지하려 했다. 튜브 길이를 차량 크기보다 길게 설계하여 구조물, 또는 기타 차량과의 충돌에서도 차량이 손상되지 않도록 설계하였다. 이러한 튜브를 압축하여 차량 하단에 장착하여 홍수 발생 시 펴지도록 설계하였고, 하이파론 재질을 사용하여 열과 충격에 잘 견디도록 내구성을 강화하였다.

- 2) 수위 센서 코딩 및 신호 확인

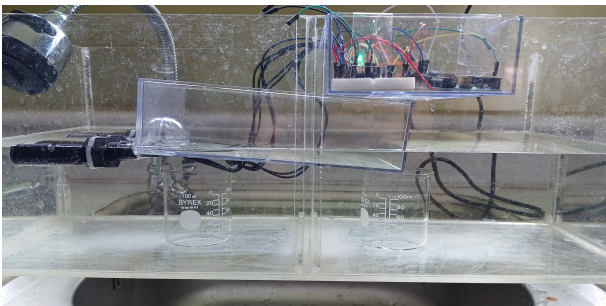


(그림7 : 수위 센서 감지 전, 위)

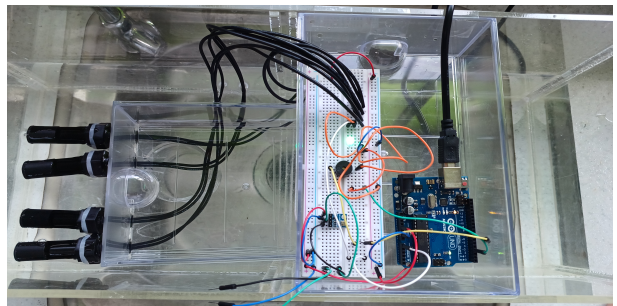


(그림8 : 수위 센서 감지 전, 옆)

수위 센서와 회로를 연결하여 센서가 잠김을 감지하면 신호를 보내도록 설계하였다.



(그림9 : 수위 센서 감지 후, 위)



(그림10 : 수위 센서 감지 후, 옆)

이처럼 수위가 높아져 센서가 감지하게 되면, LED에 불이 들어온다. 이 신호를 이용하여 엔진을 작동시키고, 배출되는 배기를 이용하여 튜브에 주입하면 튜브가 부풀어 오르게 된다.

```

sketch_sep9b.ino
1 int LED = 8; // LED라는 변수를 만들고 8을 저장한다.
2 int BUTTON = 2; // BUTTON라는 변수를 만들고 2를 저장한다.
3 unsigned long switchPressTime = 0;
4 bool ledOn = false;
5 bool carOn = false;
6
7
8 void setup() {
9
10 pinMode(BUTTON, INPUT); // BUTTON(디지털 2번)핀을 입력모드로
11 digitalWrite(LED, LOW);
12 pinMode(LED, OUTPUT); // LED(디지털 8번)핀을 출력모드로
13
14 }
15
16 void loop() {
17 if (digitalRead(BUTTON) == HIGH) { // 스위치가 눌린 경우
18 if (!ledOn) { // LED가 켜지지 않은 경우
19 unsigned long currentTime = millis();
20 unsigned long pressDuration = currentTime - switchPressTime;
21
22 if (pressDuration >= 300000) { // 5분 이상 누른 경우
23 digitalWrite(LED, HIGH); // LED를 켭니다.
24 ledOn = true;
25 }
26 }
27 } else { // 스위치가 눌리지 않은 경우
28 if (ledOn) { // LED가 켜진 경우
29 digitalWrite(LED, LOW); // LED를 끕니다.
30 ledOn = false;
31 }
32 }
33
34 switchPressTime = millis(); // 스위치 누름 시간을 초기화합니다.
35 }
}

```

(그림11 : 수위 센서에 사용된 코드)

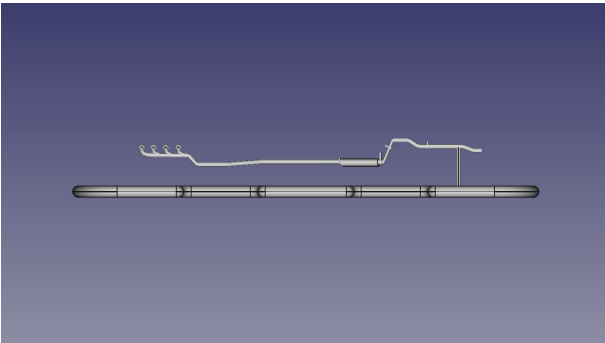
```

sketch_sep9b.ino
1 #include <Servo.h>
2 Servo servo;
3 int LED = 8; // LED라는 변수를 만들고 8을 저장한다.
4 int CAR = 7; // CAR-fk라는 변수를 만들고 7을 저장한다.
5 int BUTTON = 2; // BUTTON라는 변수를 만들고 2를 저장한다.
6 int AIRservoM = 2; // 서보모터의 핀
7 int AIRservoA = 180; // 서보모터의 초기 각도
8 unsigned long switchPressTime = 0;
9 bool ledOn = false;
10 bool carOn = false;
11
12
13 void setup() {
14
15 pinMode(BUTTON, INPUT); // BUTTON(디지털 2번)핀을 입력모드로
16 digitalWrite(LED, LOW);
17 pinMode(LED, OUTPUT); // LED(디지털 8번)핀을 출력모드로
18 digitalWrite(CAR, LOW);
19 servo.attach(motor);
20
21 }
22
23 void loop() {
24 if (digitalRead(BUTTON) == HIGH) { // 스위치가 눌린 경우
25 if (!ledOn) { // LED가 켜지지 않은 경우
26 unsigned long currentTime = millis();
27 unsigned long pressDuration = currentTime - switchPressTime;
28
29 if (pressDuration >= 300000) { // 5분 이상 누른 경우
30 digitalWrite(LED, HIGH); // LED를 켭니다.
31 AIRservoA = 90;
32 ledOn = true;
33 carOn = true;
34 }
35 }
36 } else { // 스위치가 눌리지 않은 경우
37 if (ledOn) { // LED가 켜진 경우
38 digitalWrite(LED, LOW); // LED를 끕니다.
39 AIRservoA = 180; // LED를 끕니다.
40 ledOn = false;
41 }
42 }
43
44 switchPressTime = millis(); // 스위치 누름 시간을 초기화합니다.
45 }
}

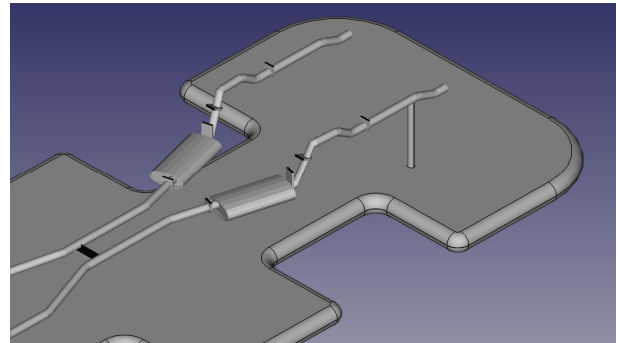
```

(그림12 : 수위 센서 및 차량 엔진작동을 위한 코드)

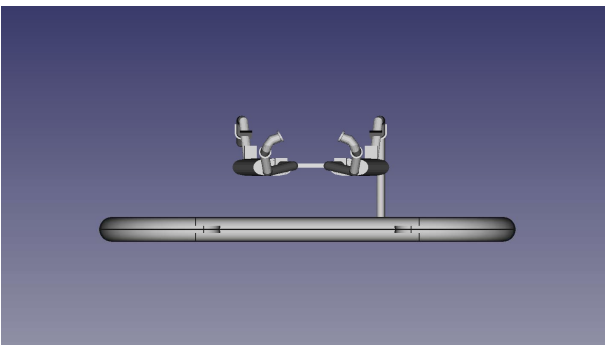
- 3) 차량 배기관 수정 및 공기 주입구와의 연결



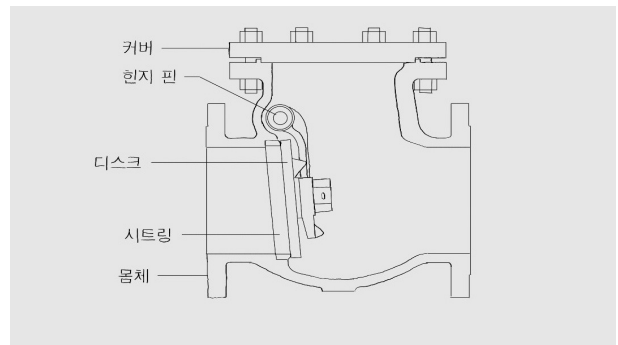
(그림13 : 배기관 연결 모습 옆)



(그림14 : 배기관 연결 모습 위)



(그림15 : 배기관 연결 모습 뒤)



(그림16 : 스윙 체크밸브 구조)

차량 배기관의 특정 부분에 새로운 관을 연결하고 이를 튜브 공기 주입구와 연결했다. 엔진이 작동되면 해당 관을 통해 배기가 튜브에 주입되게 된다. 스윙 체크밸브를 사용하여 들어온 배기가 튜브 밖으로 배출되지 못하도록 구성하였다.

### 3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
아이디어 구상 및 주제 탐색	■					
기계 기초 설계 및 자료 조사		■				
아두이노를 이용한 수위 센서 코딩 및 회로 연결			■			
3D모델링을 통한 아이디어 구체화			■			
추가 3D모델링 및 기타 수정				■		
기계 소형 모델 제작 및 실험					■	
최종보고서 작성 및 최종 완성						■

### 4. 설계 결과물

#### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리



(그림17 : 튜브 압축상태)



(그림18 : 튜브 팽창 상태)

(비닐봉지-튜브, 빨대-추가 배기관, 공기 주입구-체크밸브)

- 홍수가 발생하여 수위가 증가함으로 인해 수위 센서가 이를 감지하게 된다(본 팀은 부력을 이용한 수위 감지 센서를 이용하였다. 이외에도 수압, 전기전도 등을 이용한 수위 감지도 가능하다).
- 일정 시간(임의로 5분으로 설정) 이상의 신호를 센서가 감지하면 차량 엔진을 작동시키고, 배출되는 배기를 기존 배기관에 연결한 관을 통해 튜브로 끌어온다.
- 끌어온 배기를 튜브 공기 주입구를 통해 주입하고 튜브를 팽창시킨다.
- 공기가 주입된 튜브가 부력을 이용하여 물에 뜨게 되어 차량의 침수를 방지한다.



## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 설계의 궁극적 목적은 기후변화로 인해 홍수 발생량이 증가하고 있는 요즘, 홍수라는 재난 상황에서의 피해를 줄이는 것이다. 본 설계물을 이용하여 홍수 상황에서 차량의 침수를 방지하고 사람을 구조한다면 이는 재산 피해는 물론 인명 피해 또한 방지할 수 있다. 하지만 차량의 종류에 따라 튜브의 크기가 달라지는 것과, 배기 주입을 위해서는 시동이 켜져야 한다는 조건 등이 있다. 그럼에도 본 설계물을 이용하여 적게는 수백, 많게는 수백억에 달하는 가치를 지킬 수 있다는 장점이 있다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

- 본 설계물을 차량 하부에 설치하여 여름철 홍수를 비롯한 침수를 사전에 대비한다.
- 본 설계물을 이용하여 홍수 상황에서의 차량의 침수를 막고, 익사나 기타 총돌사고를 비롯한 여러 문제점을 방지한다.
- 본 설계물은 일반적인 차량에 비해 적은 비용으로 생산할 수 있다. 상용화를 통해 배에 달하는 효율을 가져올 수 있어 긍정적 효과를 준다.
- 센서를 통해 자동화하여 탑승자 없이도 작동되어 피해를 줄일 수 있다.

### <참고문헌>

- 1) 김정현. (2022). 침수차 3대중 1대 외제차...전체 손해액 1274억원. 이데일리
- 2) 기상청. (2020). 한국 기후변화 평가보고서 2020(기후변화 과학적 근거). 환경부 신기후체제대응팀. 11-1360000-001657-01. p.49
- 3) 환경부. (2020) 2050년 일부 지역의 홍수규모 최대 50% 증가 예상. 환경부 홍수대책기획단.
- 4) 김도현, 김진욱, 변영화. (2021). 남한상세 기후변화 전망보고서 - SSP1-2.6/SSP5-8.5에 따른 기후변화 전망 -. 국립기상과학원 기후변화예측연구팀. 11-1360620-000243-01. p.40