

해저드리터러시 융합교육연구소

해저드리터러시 교육 프로그램

해저드 리터러시
융합 교육 연구소

왜? 홀은 '팡'하고 튀어나올까 : 압력이 만드는 도시 재난



1. 수업 프로그램 설명

본 프로그램은 폭우 시 발생하는 맨홀 뚜껑 상승 사고를 과학적으로 이해하고 안전 행동으로 연결하도록 구성한 해저드 리터러시 기반 교육 프로그램이다. 중학교 3학년은 압력과 부력 등 유체의 압력 개념을 학습한 후 이를 재해·재난 상황에 적용하여 해석할 수 있는 시기이며, 동시에 <재해·재난과 안전> 단원을 통해 자연재해의 발생 원인을 과학적으로 이해하고 대비 및 대처 방안을 탐색하도록 교육과정이 구성되어 있다. 특히 고등학교에서는 유체의 압력을 독립적인 개념으로 다루는 기회가 많지 않으므로, 중학교 단계에서 과학 개념을 실제 재난 상황과 연결하여 이해하는 경험은 교육적으로 큰 의미가 있다. 이에 본 프로그램에서는 집중호우 시 맨홀 뚜껑이 들리거나 튀어오르는 실제 사고 사례를 중심으로 학생들이 문제 상황을 인식하고, 실험을 통해 하수관 내부 압력이 증가할 때 맨홀 뚜껑이 들리는 과정을 관찰하고, 압력과 힘의 관계를 탐구한다. 또한 실험 결과를 실제 도시 침수 상황과 연결하여 폭우 시 맨홀 주변이 위험한 이유를 과학적으로 설명하고, 안전한 행동 방안을 토의한다. 이를 통해 학생들은 압력 개념을 수식을 넘어 실생활에 적용하여 과학적 사고를 바탕으로 위험을 예측하고 안전하게 행동하는 해저드 리터러시를 기를 수 있다.

수업 대상	중학교 3학년	교육 방법	POE 수업모형 탐구실험, 토의, 발표
운영 장소	과학실	수업 시간	90분 (45분 * 2차시)
준비물	맨홀 모형 실험키트, 주사기, 투명 컵, 랩, 고무줄, 동전 물, 활동지		

2. 교육 프로그램 목표(해저드리터러시 연계)

① 폭우 시, 맨홀 뚜껑이 들리거나 튀어나오는 현상을 압력과 힘의 관계로 설명할 수 있다.

② 실험을 통해 하수관 내부 압력 변화와 맨홀이 들리는 현상의 관계를 설명할 수 있다.

③ 폭우 상황에서 맨홀 주변을 피해야 하는 이유를 과학적으로 설명하고 안전 행동을 실천할 수 있다.

목표	지식·이해		사고·기능					가치·태도			심리·정서			행동·실천		
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
목표①	O	O	O													
목표②				O	O											
목표③								O						O	O	

3. 핵심 개념

· 도시 침수 재난의 발생 원인과 압력의 역할

· 압력과 힘의 관계를 활용한 재난 현상 해석

· 축소 모형 실험을 통한 압력변화와 맨홀 뚜껑 상승 현상의 탐구

· 과학적 원리를 활용한 도시 침수 재난의 이해와 안전 행동

4. 프로그램 전개

활동의 전개	
도입	·집중 호우시 맨홀 뚜껑이 튀어오르는 사고 영상 시청을 통한 문제 상황 인식 ·"무거운 맨홀 뚜껑은 왜 폭우 때 들릴까?" 에 대한 예측하기
전개1	·지하수도 구조도 그리며 구조 이해하기 ·압력(수압, 대기압), 힘, 개념 확인할 수 있는 자료 제공 ·맨홀 뚜껑 상승 원인에 대한 모둠별 가설 설정
전개2	·[활동] 축소 모형을 활용한 맨홀 뚜껑 상승 실험 수행 ·배수구 개방 여부, 뚜껑(=맨홀) 위 질량, 뚜껑(=맨홀) 위 물의 유무 따른 결과 관찰 ·실험 조건 변화에 따른 뚜껑 움직임 비교 및 기록
전개3	·실험 결과와 실제 도시 침수 상황 비교 ·하수관 내부 압력 증가와 맨홀 뚜껑 상승의 관계 해석 ·폭우 시 맨홀 주변 위험성과 안전 행동 검토
정리	·초기 예측과 실험 결과 비교를 통한 과학적 개념 정리 ·폭우 시 맨홀 주변을 피해야 하는 이유에 대한 과학적 설명 정리

5. 재해·재난 이해를 위한 이론적 배경과 활동 사례

도시 지역에서는 집중호우 시 단시간에 많은 양의 빗물이 하수관으로 유입되면서 배수 능력을 초과하는 상황이 발생할 수 있다. 이 과정에서 하수관 내부의 물과 공기가 원활하게 배출되지 못하면 내부 압력이 증가하고, 맨홀 뚜껑 아래쪽에 큰 힘이 작용하여 뚜껑이 들리거나 이탈하는 사고가 발생할 수 있다. 이러한 현상은 단순히 물의 양이 많아지는 문제가 아니라 압력, 힘, 면적, 유체의 거동이 복합적으로 작용하는 대표적인 도시 재난 사례이다.

이에 본 프로그램은 학생들이 실제 맨홀 뚜껑 이탈 사고 영상을 통해 재난 상황을 인식한 후, POE 모형을 활용하여 현상의 원인을 탐구하도록 설계하였다. 학생들은 먼저 맨홀 뚜껑이 들리는 이유를 예측하고, 축소 모형 실험을 통해 하수관 내부 압력이 증가할 때 뚜껑이 들리는 과정을 직접 관찰한다. 이후 힘, 수압()의 관계를 바탕으로 실험 결과를 해석하고, 실제 도시 침수 상황과 연결하여 폭우 시 맨홀 주변을 피해야 하는 이유를 과학적으로 설명한다. 이를 통해, 학생들은 과학적 원리를 활용하여 재난 현상을 해석하고, 위험을 예측하며, 근거에 기반한 안전 행동을 선택하는 경험을 통해 해저드 리터러시를 함양할 수 있다.

6. 지도상 유의점

학생들은 맨홀 뚜껑이 들리는 원인을 단순히 "물이 많아져서 밀어 올린다"거나 "맨홀 위에 있는 물이 무거워서 뚜껑이 움직인다"와 같이 이해하는 경우가 많다. 따라서 교사는 맨홀 뚜껑 위에 물이 존재하더라도 하수관 내부의 압력이 더 크게 증가하면 아래쪽에서 위로 더 큰 힘이 작용할 수 있음을 실험을 통해 확인하도록 지도하여야 한다. 또한 축소 모형 실험은 하수관 내부 압력 증가와 맨홀 뚜껑 상승의 원리를 이해하기 위해 핵심 요소를 구현한 모형임을 안내한다. 학생들이 실험을 통해 확인한 원리를 실제 재난은 강우량, 배수시설의 상태, 하수관 구조 등 다양한 요인이 함께 작용하여 발생함을 함께 인지하도록 수업을 진행한다. POE 활동에서는 학생들의 초기 예측이 맞고 틀리는 것 자체보다 예측의 근거를 설명하도록 유도하는 것이 중요하다. 실험 후에는 맨홀 뚜껑이 들뜨는 현상의 과학원리에 대해 자신의 생각이 어떻게 변화하였는지 비교하며 과학적 개념 변화를 경험할 수 있도록 안내한다. 특히 실험 결과를 압력 공식의 암기에만 연결하지 말고, 실제 폭우 시 맨홀 주변 접근을 피해야 하는 이유와 같은 안전 행동까지 연결하여 해저드 리터러시의 행동하고 실천하는 영역으로 확장하도록 지도한다.

7. 참고문헌

- 서울하수도과학관. 하수도 모식도 및 하수도 구조 설명 자료. https://sssmuseum.org/main/?mc_code=1316
- 아시아경제. (2026. 5. 21.). “12초 만에 맨홀 뚜껑 펑!”… AI로 강남 물난리 비밀 찾았다. https://www.asiae.co.kr/visual-news/article/2026052115033305244
- Coronado-Hernández, O. E., Fuertes-Miquel, V. S., Iglesias-Rey, P. L., & Mora-Meliá, D. (2025). Assessing air pocket pressure pulses in sealed manholes. Water, 17(7), 984. https://doi.org/10.3390/w17070984
- Wang, J., & Vasconcelos, J. G. (2020). Investigation of manhole cover displacement during rapid filling of stormwater systems. Journal of Hydraulic Engineering, 146(1). https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001726
- Zhao, H., Liu, W., Guo, Z., Liu, S., Wang, D., Li, Y., Dong, B., Jia, X., Zhou, K., & Zhou, L. (2025). Prototype-scale experimental investigation of manhole cover bounce and critical overpressure in urban drainage shafts. Water, 17(22), 3198. https://doi.org/10.3390/w17223198

왜? 맨홀은 '팡' 하고 튀어나올까: 압력이 만드는 도시 재난

주제	폭우 시 맨홀 뚜껑이 튀어나오는 현상, 압력과 힘의 관계로 이해하기
무엇을 배울까요?	① 폭우 시 맨홀 뚜껑이 들리는 현상을 압력과 힘의 관계로 설명할 수 있다. ② 실험을 통해 하수관 내부 압력 변화와 맨홀 상승 현상의 관계를 설명할 수 있다. ③ 폭우 시 맨홀 주변을 피해야 하는 이유를 알고, 안전 행동을 실천할 수 있다.

1 문제 상황 만나기

- [영상] 폭우에 40kg짜리 맨홀 뚜껑이 튀어나는 사고 영상을 함께 시청해 봅시다.

  Q1. 영상 속 상황을 한 문장으로 정리해 봅시다.

알고 있었나요? 매년 여름 집중호우 때마다 전국 곳곳에서 맨홀 뚜껑이 튀어오르는 사고가 되풀이되고 있어요. 왜 이런 일이 반복될까요? 압력의 원리로 함께 알아봅시다!

2 예측하기

▸ 핵심 개념 : 압력(P) · 힘(F) · 면적(A)의 관계

P 압력	
F 힘	A 면적

압력 P = 힘(F) ÷ 면적(A)
힘 F = 압력(P) × 면적(A)
수압 P = $\rho \times g \times h$ (깊이 h가 클수록 커짐)

Q2. "무거운 맨홀 뚜껑은 왜 폭우 때 들릴까?" — 가장 그럴듯한 예측을 하나 골라 ✓ 표시해 봅시다.

A 폭우로 물이 너무 많이 차서, 물의 무게가 뚜껑을 밀어 올린다.

B 도로 위를 지나는 자동차의 충격 때문에 뚜껑이 튀어나온다.

C 맨홀이 오래되어 헐거워진 상태에서 여름철 열을 받아 튀어나온다.

D 하수관 내부의 압력이 갑자기 커져서, 그 힘이 뚜껑을 밀어 올린다.

→ 그렇게 예측한 이유(근거)는 무엇인가요?

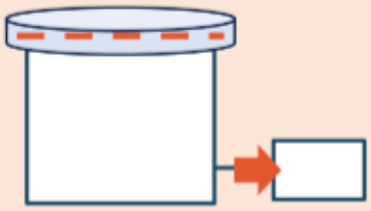
✦ 우리 모둠의 가설 :

3 실험하기

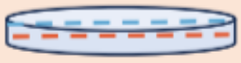
실험명: 막힌 하수관에서 맨홀 뚜껑은 왜 들릴까?

준비물 투명 플라스틱 컵, 랩(비닐), 고무줄, 빨대, 50mL 주사기, 작은 원판(뚜껑), 샬레(물받이용), 물, 눈금 스티커 또는 자, 물받이 쟁반

▸ 실험 장치 살펴보기



컵 = 하수관 내부 공간
랩(주황 점선) = 하수관을 막는 막
빨대+주사기 = 압력을 높이는 장치
원판 = 맨홀 뚜껑 (샬레의 물로 무게 조절)



샬레 물높이
0.5cm / 1cm

▸ 실험 준비 (장치는 한 번만 조립해요)

① 컵 입구에 랩을 팽팽하게 씌우고 고무줄로 고정한다.
② 컵 옆면에 빨대를 꽂아 주사기와 연결한다.
③ 랩 위에 작은 원판을 올린다.

▸ 조건별 실험 (아래 4가지 조건에서 각각 실험해 봅시다)

① 원판만 (기본 조건) 주사기를 천천히 밀어 공기를 넣고, 원판이 들썩이는지 관찰한다.

② 샬레 올리기 (물 없음) 원판 위에 빈 샬레를 올리고 ①과 같은 방법으로 반복한다.

③ 샬레 + 물 0.5cm 샬레에 물을 부어 높이 0.5cm를 맞추고(자로 확인) 같은 방법으로 반복한다.

④ 샬레 + 물 1cm 물을 더 부어 높이 1cm로 맞추고 반복하며, 필요한 힘을 비교한다.

▸ 유의사항

☐ 주사기는 천천히 밀기 ☐ 물은 소량만 사용하기

▸ 관찰 기록표 — 조건에 따라 뚜껑이 들리는 정도와 필요한 힘을 기록해 봅시다.

조건	뚜껑이 들리는 정도	필요했던 주사기 힘	그 외 관찰한 점
① 원판만 (기본 조건)			
② 샬레 (물 없음)			
③ 샬레 물 (0.5cm)			
④ 샬레 물 (1cm)			

TIP 샬레의 물 높이는 자나 눈금 스티커로 정확히 맞춰야, 조건을 공정하게 비교할 수 있어요!

4 설명하기

Q3. 샬레의 물 높이가 높아질수록(0.5cm → 1cm), 뚜껑을 들어 올리는 데 필요한 압력(주사기 힘)은 어떻게 달라졌나요? 압력·힘·면적의 관계로 설명해 봅시다.

Q4. 뚜껑 위에 물이 있을 때도 뚜껑이 들렸나요? ' 맨홀이 빗물에 잠겨있을 때 안전하다'는 생각에 대한 자신의 의견을 적어봅시다.

▸ 처음 예측과 실험 결과를 비교해 봅시다.

처음 예측

실험 관찰 결과

Q5. 이 실험 결과를 바탕으로, 실제 폭우 상황에서 맨홀 뚜껑이 들리거나 튀어나오는 이유를 설명해 봅시다.

5 안전 행동으로 연결하기 & 마무리

Q6. 폭우 상황에서 우리가 실천할 수 있는 안전 행동을 3가지 이상 적어봅시다.

1 _____

2 _____

3 _____

Q7. 오늘 활동에서 가장 새롭게 알게 된 점, 또는 더 궁금해진 점을 적어봅시다.

🔑 오늘의 핵심 정리

압력(P) = 힘(F) ÷ 면적(A) — 좁은 공간일수록 같은 힘도 압력이 커져요.
폭우가 내리면 하수관 내부 압력이 갑자기 커져 맨홀 뚜껑을 밀어 올릴 수 있어요.
그러니 폭우 시에는 맨홀 · 배수구 주변에 절대 가까이 가지 않기!