



Notat

OPPDRAAG	Ålesund kommune	DOKUMENTKODE	10252421-01-TVF-NOT-01
EMNE	Strakstiltak etter revurdering dam Langevann og dam Strokevann	TILGJENGELIGHET	Åpent
OPPDRAAGSGIVER	Ålesund kommune	OPPDRAAGSLEDER	Renate M Stangvik
KONTAKTPERSON	Bjørn Skulstad (VTA)	UTARBEIDET AV	Finn E Hammer
KOPI	Fernando Gonzalez	ANSVARLIG ENHET	Dammer og undergrunnsanlegg

SAMMENDRAG

Murdammene bærer preg av dårlig vedlikehold. For Langevann og Strokevann og vi har utført kontrollberegninger av dammenes forskriftsmessige stabilitet. Det viser seg at begge murdammene ikke har den stabilitet som damsikkerhetsforskriften krever hverken for velting eller gliding. Sikkerhetsfaktorene ligger på verdier som er lavere enn 0,72 for begge dammene. Det er lasttilfelle HRV + Islast som er det kritiske lasttilfelle. Da dammenes tilstand i tillegg er dårlig, er det derfor nødvendig å iverksette strakstiltak ved begge disse dammene.

1 Strakstiltak dam Langevann og dam Strokevann

Det er utført kontrollberegninger for begge dammene med hensyn på forskriftsmessig stabilitet for glidning og velting.

Vi har med bakgrunn i befaringen lagt følgende parametere til grunn (NVEs Retningslinje for murdammer (3/2011)):

- friksjonsvinkel: 33 grader
- røys egenvekt: 16 kN/m³
- Is last 100kN/m

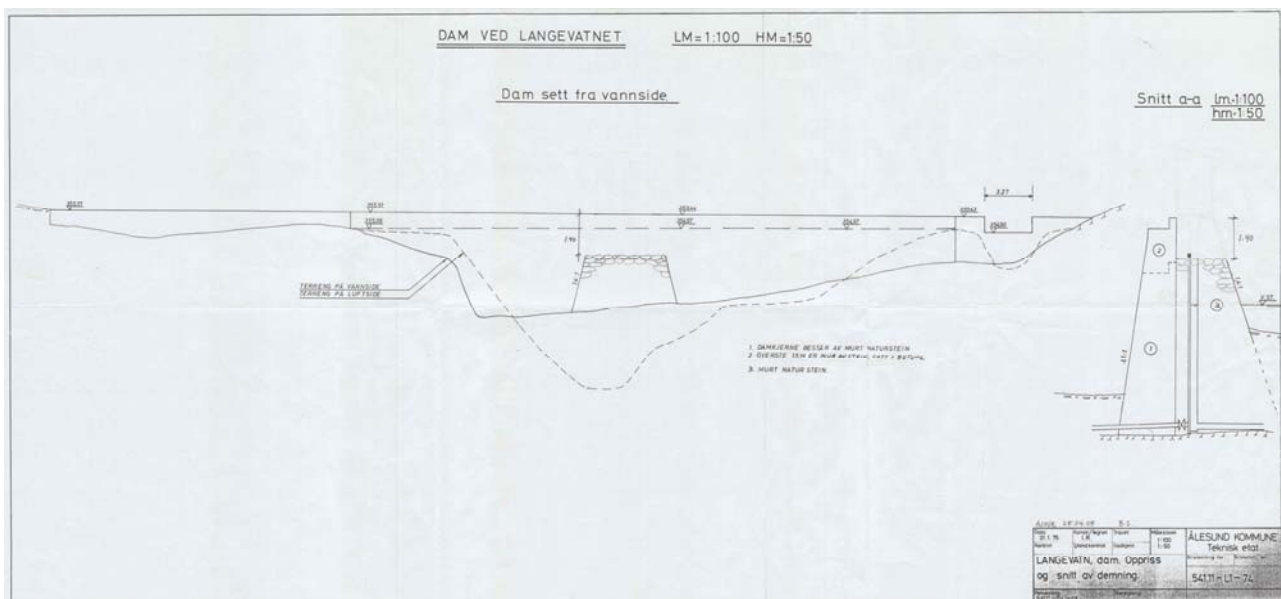
Det er nødvendig å utføre tiltak ved begge dammene slik at vannstanden gjennom vintersesongen holdes stabilt på nivå HRV- 3,1 / 3,2 m. Dette gir beregningsmessige stabilitetsverdier som for begge dammene da er > 1,1 for last tilfelle vannlast + islast (på nytt nivå)

På grunn av bemannings og driftsmessige forhold er det valgt løsninger ved at det etableres ny/midlertidige overløp i begge dammene 3,1 / 3,2 m under dagens overløp.

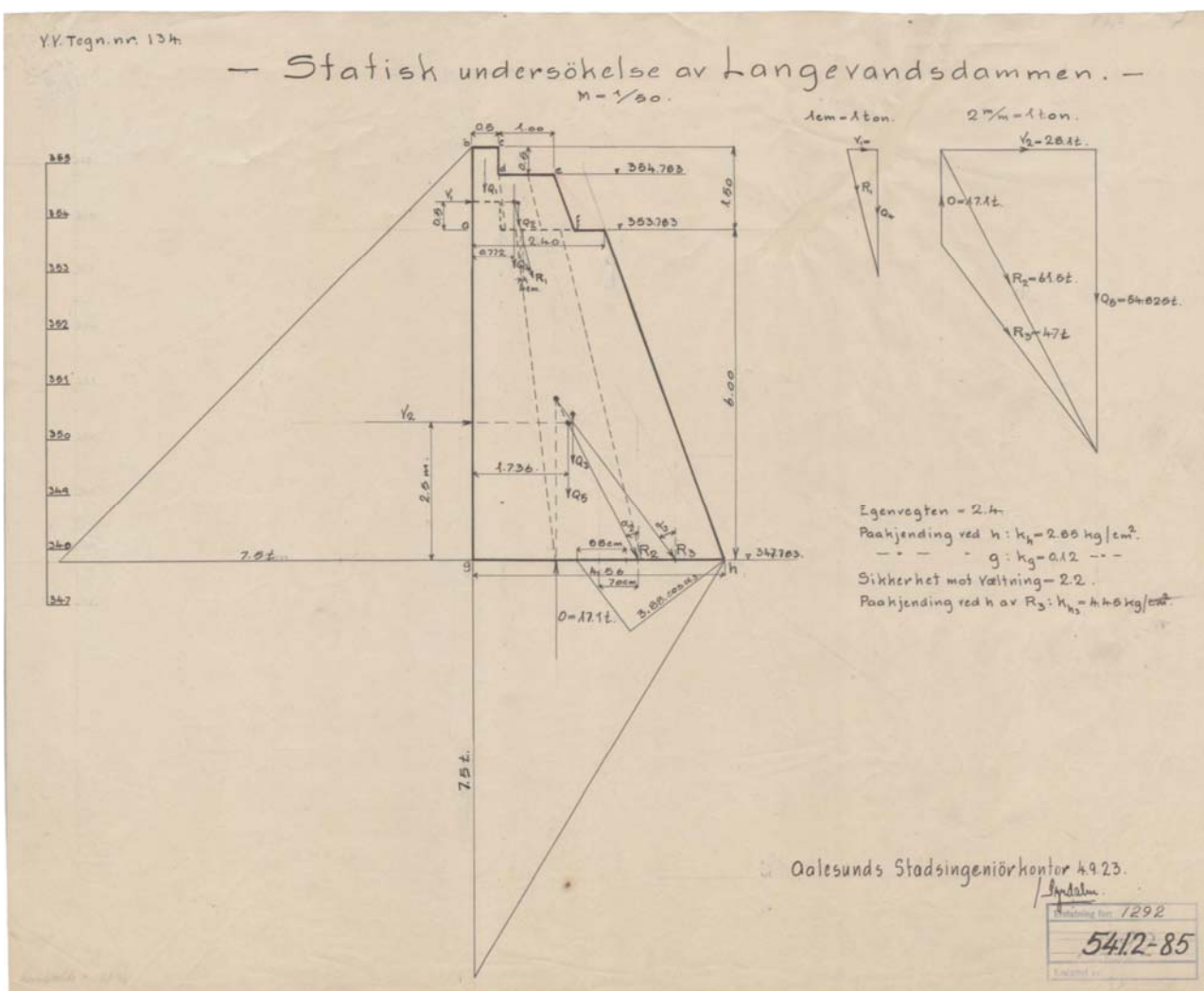
00	01.10.2024	Til VTAs kommentarer	FEH	TIMS	FJG
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



1.1 Dam Langevann



Figur 1. Lengdesnitt Langevann



Figur 2. Statisk undersøkelse Langevann



Figur 3. Bilde nedstrøms side Langevann

Ved betraktning av bilder fra revurdering, lengdesnitt og tverrsnitt/statiskundersøkelse av dammen er det en utfordring å si hva som er dammens egentlige geometri. Kravet om 3,1 m senking sett mot tilgjengelig lengdesnitt/oppriss viser at dammen bortimot tørrelegges ved tiltaket. Det må avklares på dammen hvor sliss for senking av vannstand / nytt overløp plasseres.

1.1.1 Senket overløp - strakstiltak

Stabilitet

Ved senking av vannstand med 3.1 m endrer sikkerhetsfaktorene seg slik:

Vannstand	Glidning	Velting
HRV = 354,9	0,496	0,649
HRV-3,1 = 351,8	1,118	1,571

Sikkerhetsfaktorer er akseptable for midlertid lastsituasjon. For glidning er $1,118 > 1,1$. Ok!

Avledning

Det er tatt utgangspunkt i at Middelflom som tilsig må kunne avledes i sliss/nytt overløp. Middelflom er $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

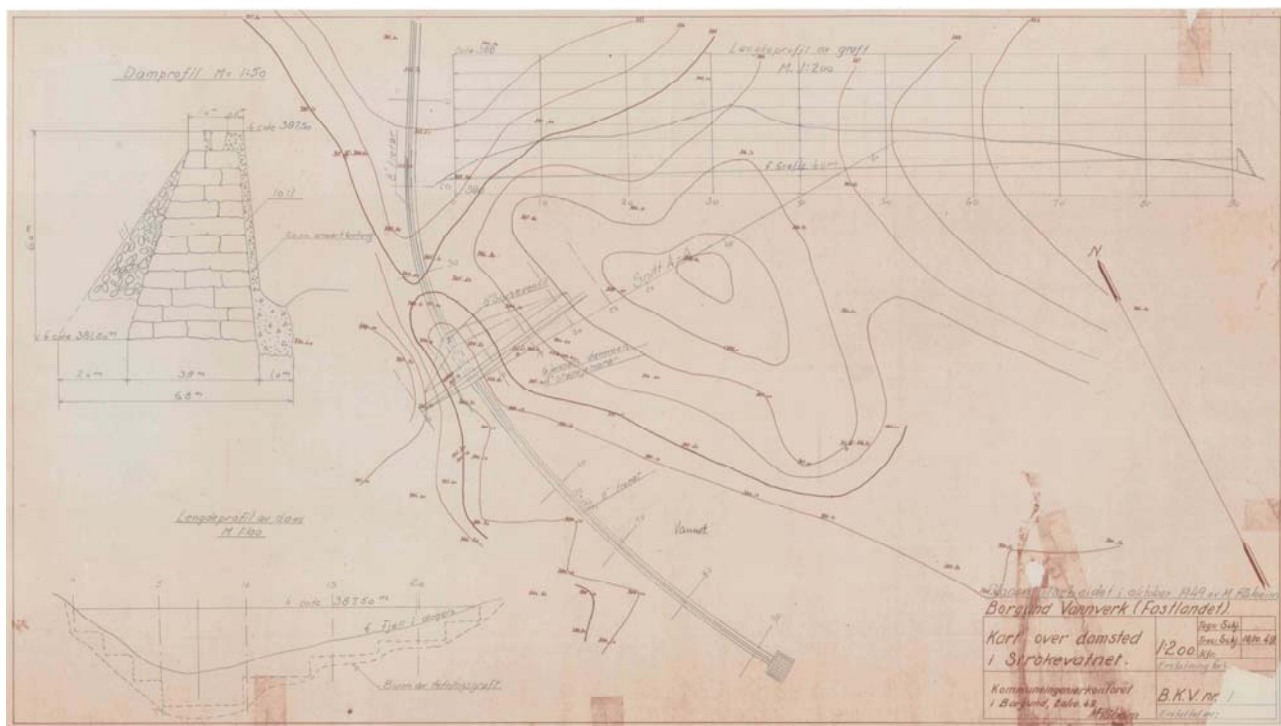
I kapasitets beregningen for overløpet er det gjort følgende antakelser:



- Vannstanden skal ikke være høyere enn 0,5 m (høyden til vangemurene) over overløpet, dvs. overløpskapasiteten ved vannstand 0,5 m over overløpet må være større enn tilsig fra middelflom.
- Overløpsformen er bred og skarpkantet (hydraulisk ugunstig).
- Den effektive overløpslengden er kortere enn nettolengden (lysåpningen) grunnet sidekontraksjon.

For Langevann er den nødvendige overløpslengden 1,20 m (kapasitet 0,62 m³/s)

1.2 Dam Strokevann



Figur 4. Lengdesnitt og tverrsnitt Dam Strokevann

Kravet om 3,2 m senking sett mot tilgjengelig tegninger viser at dammen bortimot tørrlegges ved tiltaket. Det må avklares på dammen hvor sliss for senking av vannstand / nytt overløp plasseres.

1.2.1 Senket overløp - strakstiltak

Stabilitet

Ved senking av vannstand med 3.1 m endrer sikkerhetsfaktorene seg slik:

Vannstand	Glidning	Velting
HRV = 387,5	0,546	0,701
HRV-3,2 = 384,3	1,121	1,627

Sikkerhetsfaktorer er akseptable for midlertid lastsituasjon. For glidning er 1,121 > 1,1. OK!

Avledning

Det er tatt utgangspunkt i at Middelflom som tilsig må kunne avledes i sliss/nytt overløp. Middelflom er 0,55 m³/s.



I kapasitets beregningen for overløpet er det gjort følgende antakelser:

- Vannstanden skal ikke være høyere enn 0,5 m (høyden til vangemurene) over overløpet, dvs. overløpskapasiteten ved vannstand 0,5 m over overløpet må være større enn tilsig fra middelflom.
- Overløpsformen er bred og skarpkantet (hydraulisk ugunstig).
- Den effektive overløpslengden er kortere enn nettolengden (lysåpningen) grunnet sidekontraksjon.

For Strokevatn er den nødvendige overløpslengden 1,10 m (kapasitet 0,57 m³/s)



2 Gjennomføring av strakstiltakene begge dammene

De må avklares og besluttes med VTA hvor på dammene sliss/nytt overløp best kan plasseres.

Arbeidene starter ved at vannstand senkes i magasinet gjennom tapperør i bunn av dammene. Det må vurderes om det er behov for etablering av hevertløsning for å øke tappekapasiteten. Deretter etableres sliss i dammen slik at vannstanden blir liggende 3,2 /3,1 m under HRV. Murdammene åpnes og det må trolig etableres stabiliserende tiltak i sidekantene gjennom dammen slik at massene/røysfylling i dammen ikke raser ut. Bruk av fiberarmert sprøytebetong bør vurderes. Arbeidene utføres med egnet gravemaskin i kombinasjon med bruk håndkraft for ikke å rasere murkonstruksjonene. Oppstrøms betongplater må slisses med betongsaging før rivingen starter.

For flere detaljer se skisse i vedlegg 3.3



3 Vedlegg

- Stabilitetsberegninger
- Hydrauliske beregninger
- Skisser av sliss/senket overløp



3.1- Stabilitetsberegninger

Stability assessment of Langevatn hoveddam

Imports

```
In [17]: import os
import sys

path = os.path.abspath(os.path.join(".."))
sys.path.insert(0, path)

from aalesund import constants, output, section, stability

import matplotlib.pyplot as plt

from shapely.geometry import Polygon
```

Parameters

```
In [18]: print(f"Friction angle: {constants.FRICTION_ANGLE} deg")
print(f"Water spec. weight: {constants.WATER} kN/m^3")
print(f"Masonry spec. weight: {constants.STONE} kN/m^3")
print(f"Ice pressure: {constants.ICE} kN/m")
```

Friction angle: 33.0 deg
Water spec. weight: 10.0 kN/m³
Masonry spec. weight: 16.0 kN/m³
Ice pressure: 100.0 kN/m

Define dam geometry

```
In [19]: polygon_coords = (
    (0.000, 347.783),
    (4.556, 347.783),
    (2.387, 353.795),
    (1.831, 353.795),
    (1.471, 354.812),
    (0.457, 354.812),
    (0.457, 355.313),
    (0.000, 355.313),
    (0.000, 347.783)
)
dam_polygon = Polygon(polygon_coords)
dam = section.Dam(dam_polygon)
```

HRV

```
In [20]: HRV = 354.90
```

Calculate stability

```
In [21]: stabs = []
water_level = HRV
while True:
    stab = stability.Stability(dam, water_level)
    stabs.append(stab)
    water_level -= 0.1
    if stab.calculate_sliding() >= 1.1 and stab.calculate_overturning() >= 1.1:
        break
```

Water level at which stability is achieved

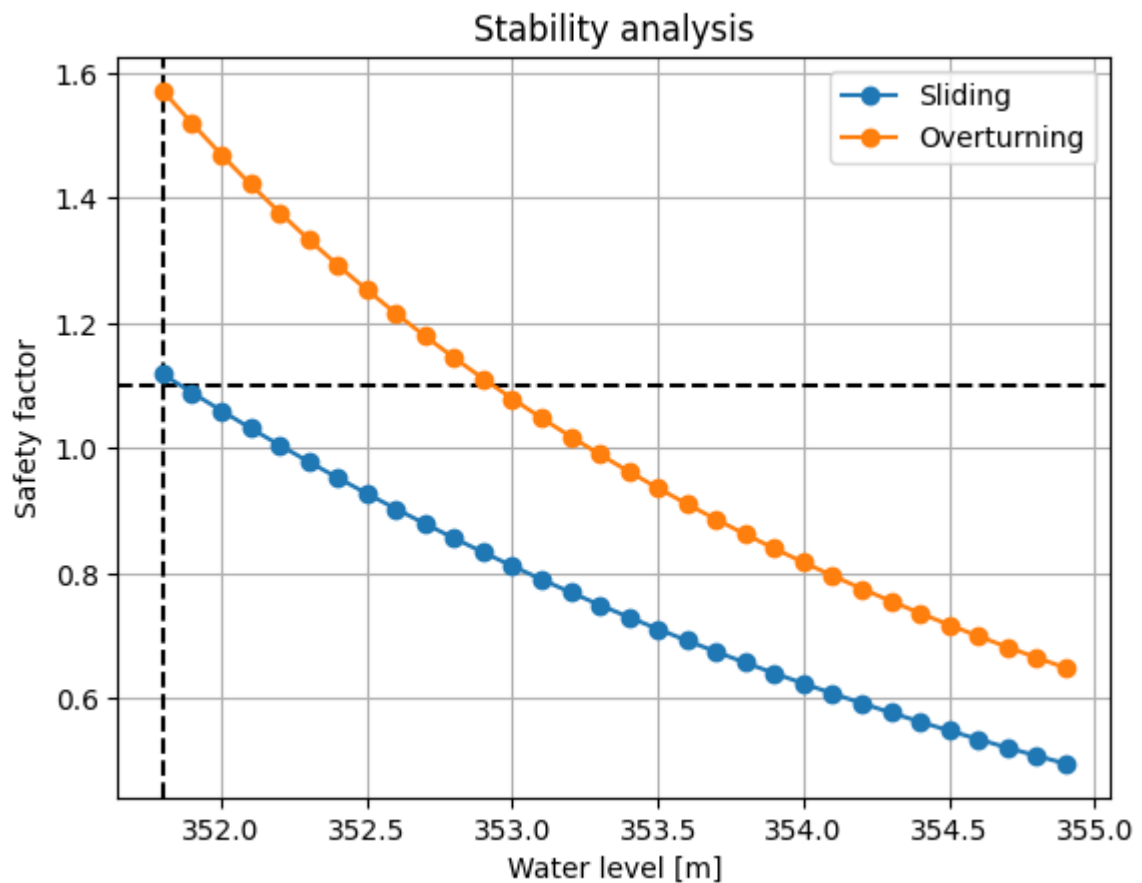
```
In [22]: safe_water_level = stabs[-1].water_level
print(f"Dam stable at or below {round(safe_water_level, 2)} m water level ({round
```

Dam stable at or below 351.8 m water level (3.1 m below HRV)

Lower HRV and check stability

```
In [23]: x = [stab.water_level for stab in stabs]
y1 = [stab.calculate_sliding() for stab in stabs]
y2 = [stab.calculate_overturning() for stab in stabs]

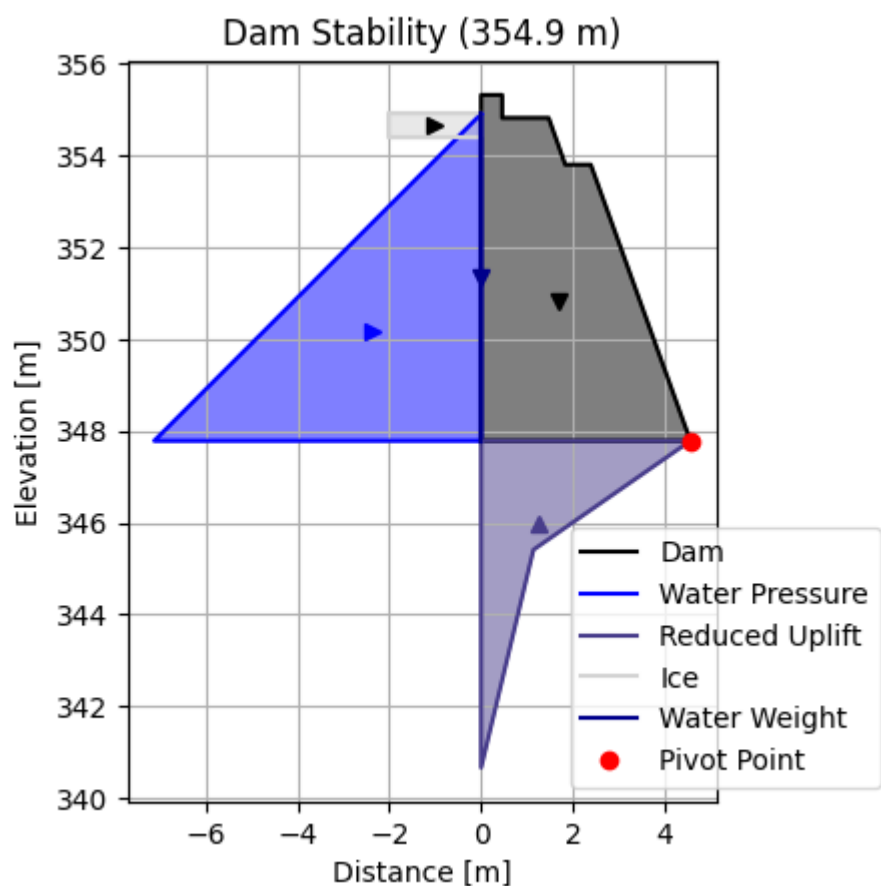
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
plt.axhline(y=1.1, color="black", linestyle="--")
plt.axvline(x=x[-1], color="black", linestyle="--")
plt.plot(x, y1, label="Sliding", marker="o")
plt.plot(x, y2, label="Overturning", marker="o")
plt.legend(loc="upper right")
plt.grid()
plt.xlabel("Water level [m]")
plt.ylabel("Safety factor")
plt.title("Stability analysis")
plt.show()
```



Stability assessment at HRV

In [24]: `output.create_figure(stabs[0])`

Out[24]:



```
In [25]: print(f"Water level: {round(stabs[0].water_level, 3)} m")
print(f"Sliding safety factor: {round(stabs[0].calculate_sliding(), 3)}")
print(f"Overturning safety factor: {round(stabs[0].calculate_overturning(), 3)}")
output.create_table(stabs[0])
```

Water level: 354.9 m

Sliding safety factor: 0.496

Overturning safety factor: 0.649

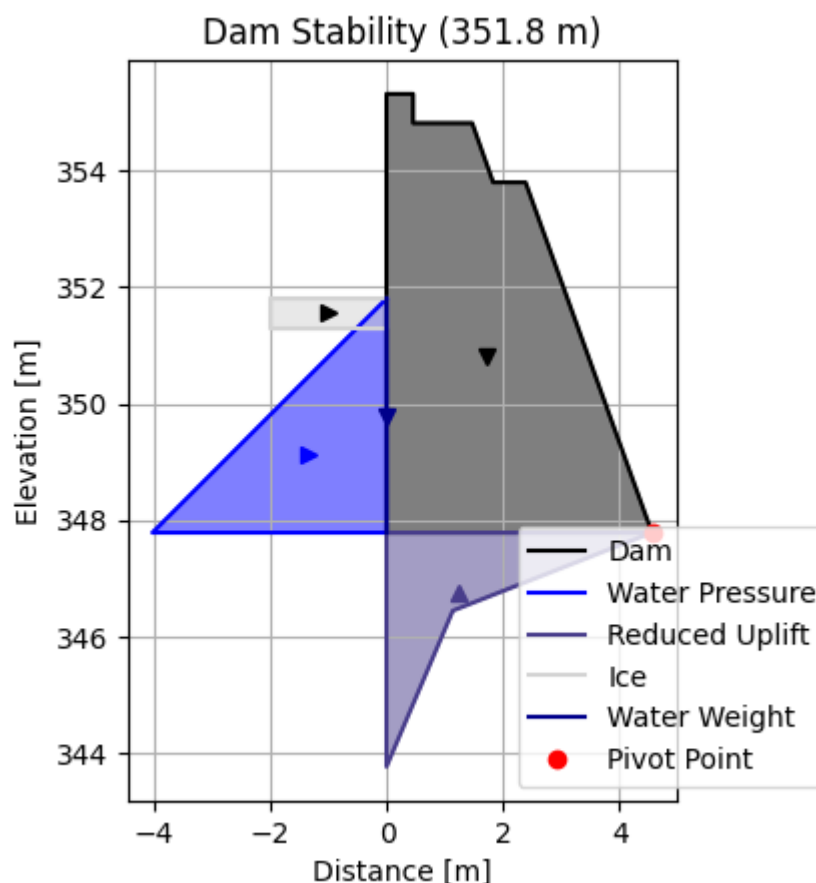
```
Out[25]:
```

	Name	Force	Arm	Moment
0	Dam	364.459	2.851	1038.897
1	Water Pressure	253.258	2.372	600.813
2	Reduced Uplift	94.573	3.309	312.897
3	Ice	100.000	6.867	686.700
4	Water Weight	0.000	4.556	0.000

Stability assessment at lowered water level

```
In [26]: output.create_figure(stabs[-1])
```

Out[26]:



```
In [27]: print(f"Water level: {round(stabs[-1].water_level, 3)} m")
print(f"Sliding safety factor: {round(stabs[-1].calculate_sliding(), 3)}")
print(f"Overturning safety factor: {round(stabs[-1].calculate_overturning(), 3)}")
output.create_table(stabs[-1])
```

Water level: 351.8 m
Sliding safety factor: 1.118
Overturning safety factor: 1.571

Out[27]:

	Name	Force	Arm	Moment
0	Dam	364.459	2.851	1038.897
1	Water Pressure	80.681	1.339	108.032
2	Reduced Uplift	53.379	3.309	176.606
3	Ice	100.000	3.767	376.700
4	Water Weight	0.000	4.556	0.000

Stability assessment of Strokevatn dam

Imports

```
In [23]: import os
import sys

path = os.path.abspath(os.path.join(".."))
sys.path.insert(0, path)

from aalesund import constants, output, section, stability

import matplotlib.pyplot as plt

from shapely.geometry import Polygon
```

Parameters

```
In [24]: print(f"Friction angle: {constants.FRICTION_ANGLE} deg")
print(f"Water spec. weight: {constants.WATER} kN/m^3")
print(f"Masonry spec. weight: {constants.STONE} kN/m^3")
print(f"Ice pressure: {constants.ICE} kN/m")
```

Friction angle: 33.0 deg
Water spec. weight: 10.0 kN/m³
Masonry spec. weight: 16.0 kN/m³
Ice pressure: 100.0 kN/m

Define dam geometry

```
In [25]: polygon_coords = (
    (0.000, 381.500),
    (4.753, 381.500),
    (2.986, 386.926),
    (2.003, 386.926),
    (1.842, 387.501),
    (1.399, 387.501),
    (0.903, 382.584),
    (0.227, 382.471),
    (0.000, 381.500 )
)
dam_polygon = Polygon(polygon_coords)
dam = section.Dam(dam_polygon)
```

HRV

```
In [26]: HRV = 387.50
```

Calculate stability

```
In [27]: stabs = []
water_level = HRV
while True:
    stab = stability.Stability(dam, water_level)
    stabs.append(stab)
    water_level -= 0.1
    if stab.calculate_sliding() >= 1.1 and stab.calculate_overturning() >= 1.1:
        break
```

Water level at which stability is achieved

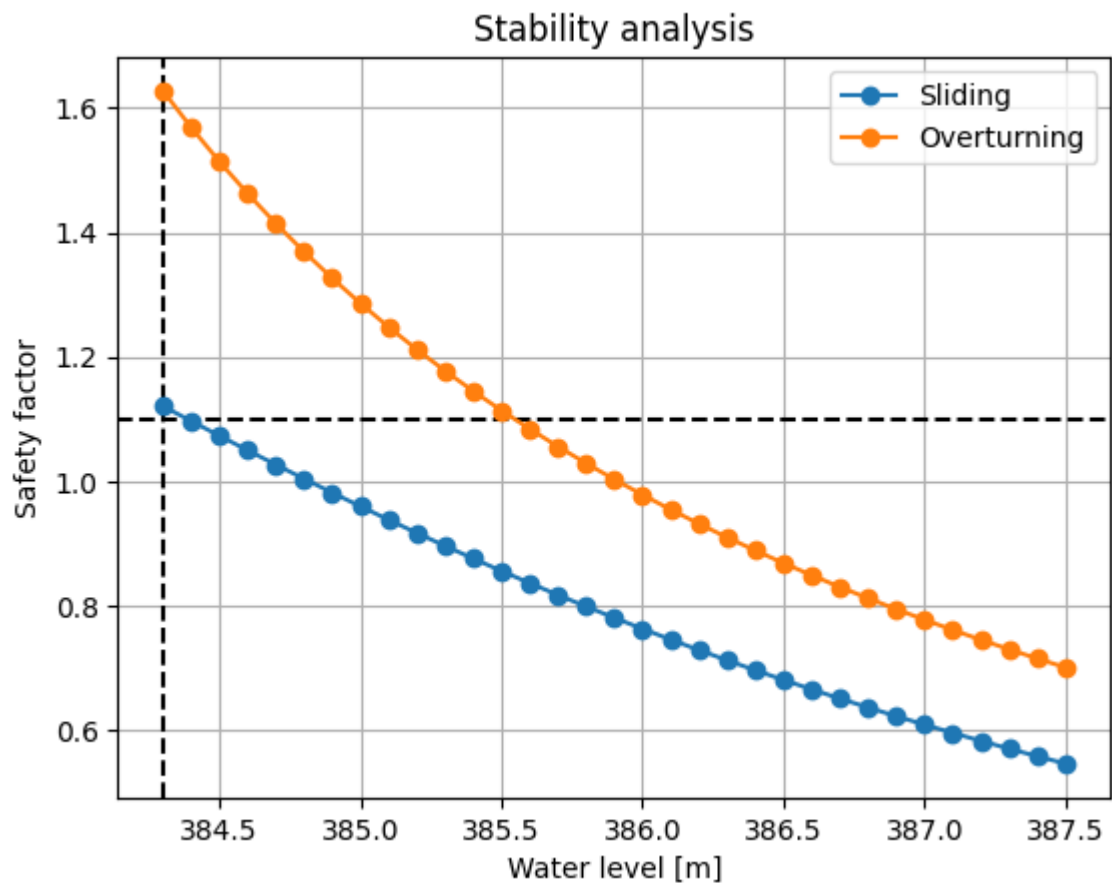
```
In [28]: safe_water_level = stabs[-1].water_level
print(f"Dam stable at or below {round(safe_water_level, 2)} m water level ({round
```

Dam stable at or below 384.3 m water level (3.2 m below HRV)

Lower HRV and check stability

```
In [29]: x = [stab.water_level for stab in stabs]
y1 = [stab.calculate_sliding() for stab in stabs]
y2 = [stab.calculate_overturning() for stab in stabs]

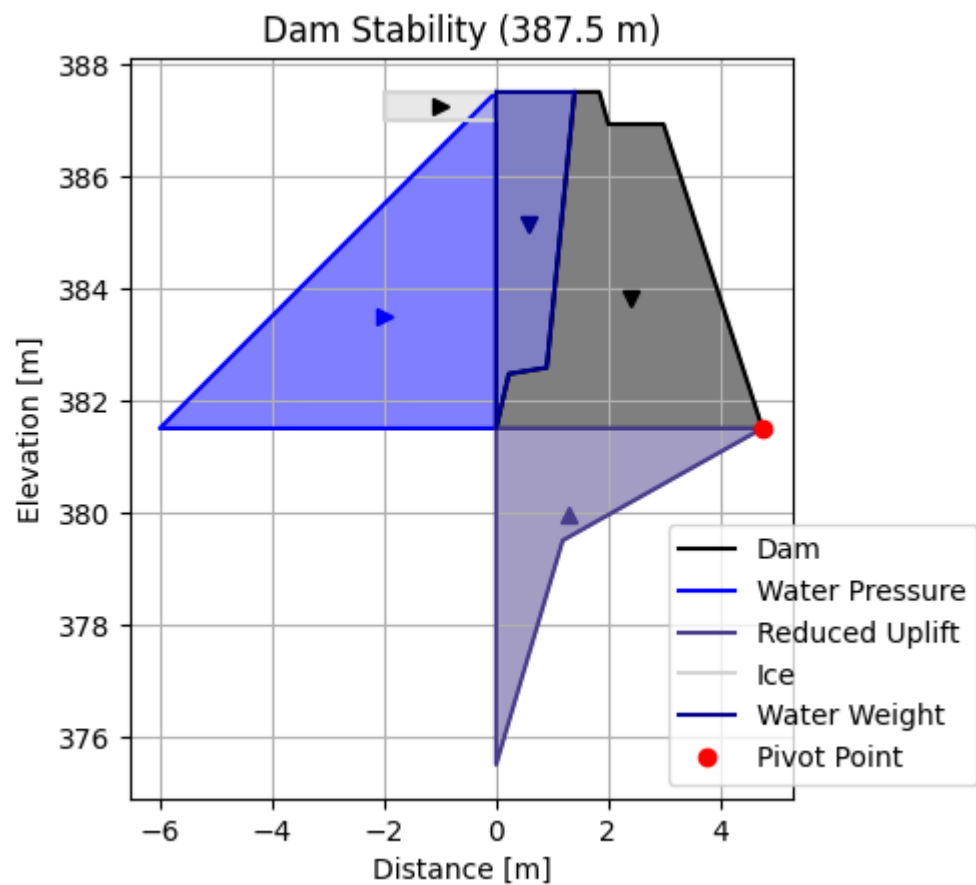
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
plt.axhline(y=1.1, color="black", linestyle="--")
plt.axvline(x=x[-1], color="black", linestyle="--")
plt.plot(x, y1, label="Sliding", marker="o")
plt.plot(x, y2, label="Overturning", marker="o")
plt.legend(loc="upper right")
plt.grid()
plt.xlabel("Water level [m]")
plt.ylabel("Safety factor")
plt.title("Stability analysis")
plt.show()
```



Stability assessment at HRV

In [30]: `output.create_figure(stabs[0])`

Out[30]:



```
In [31]: print(f"Water level: {round(stabs[0].water_level, 3)} m")
print(f"Sliding safety factor: {round(stabs[0].calculate_sliding(), 3)}")
print(f"Overturning safety factor: {round(stabs[0].calculate_overturning(), 3)}")
output.create_table(stabs[0])
```

Water level: 387.5 m
 Sliding safety factor: 0.546
 Overturning safety factor: 0.701

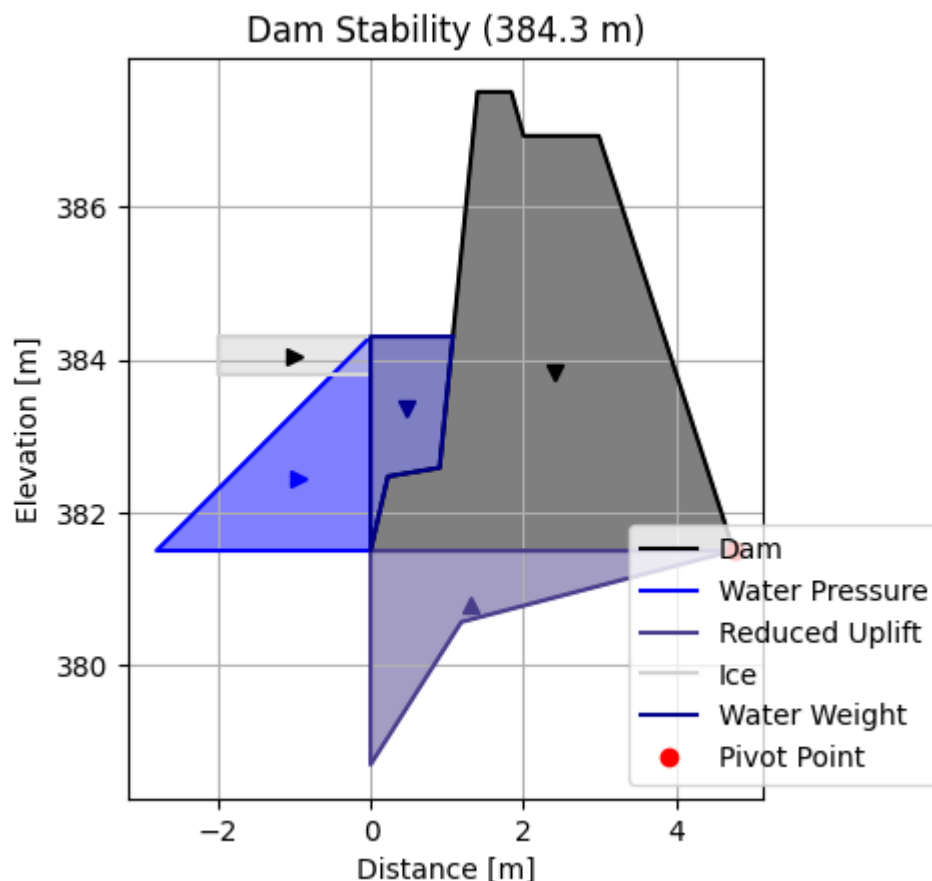
Out[31]:

	Name	Force	Arm	Moment
0	Dam	260.285	2.352	612.256
1	Water Pressure	180.000	2.000	360.000
2	Reduced Uplift	83.178	3.452	287.094
3	Ice	100.000	5.750	575.000
4	Water Weight	58.321	4.181	243.851

Stability assessment at lowered water level

```
In [32]: output.create_figure(stabs[-1])
```

Out[32]:



```
In [33]: print(f"Water level: {round(stabs[-1].water_level, 3)} m")
print(f"Sliding safety factor: {round(stabs[-1].calculate_sliding(), 3)}")
print(f"Overturning safety factor: {round(stabs[-1].calculate_overturning(), 3)}")
output.create_table(stabs[-1])
```

Water level: 384.3 m
Sliding safety factor: 1.121
Overturning safety factor: 1.627

Out[33]:

	Name	Force	Arm	Moment
0	Dam	260.285	2.352	612.256
1	Water Pressure	39.200	0.933	36.587
2	Reduced Uplift	38.816	3.452	133.977
3	Ice	100.000	2.550	255.000
4	Water Weight	18.721	4.288	80.274



3.2- Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger

```
In [2]: import os
import sys

path = os.path.abspath(os.path.join(".."))
sys.path.insert(0, path)

from collections import namedtuple
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from spillway import constants, equations
```

Min. overløpskapasitet

```
In [3]: MIN_Q = 0.6 # m3/s
```

Beregning av nødvendig overløpslengde

```
In [4]: CONTRACTION_COEFF = constants.CONTRACTION_COEFFICIENT
SPILLWAY_COEFF = constants.SPILLWAY_COEFFICIENT
HYDRAULIC_HEAD = 0.5 # m

print(f"Contraction Coefficient: {CONTRACTION_COEFF}")
print(f"Spillway Coefficient: {SPILLWAY_COEFF}")
```

Contraction Coefficient: 0.02
Spillway Coefficient: 0.5

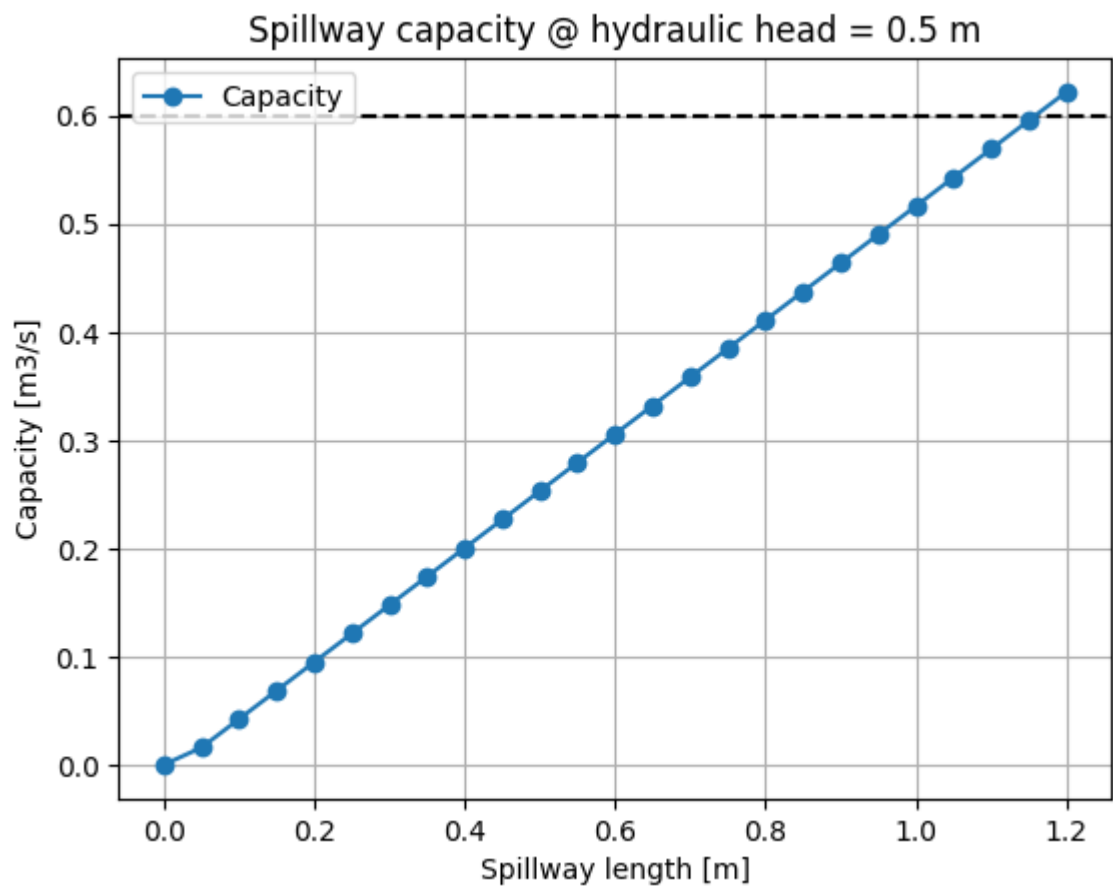
```
In [5]: Values = namedtuple("Values", ["length", "eff_length", "capacity"])

values = []
length = 0.0
while True:
    eff_length = equations.calc_eff_length(length, CONTRACTION_COEFF, HYDRAULIC_
    capacity = equations.calc_spillway_capacity(SPILLWAY_COEFF, eff_length, HYD
    values.append(Values(length, eff_length, capacity))
    length += 0.05
    if capacity > MIN_Q:
        break
```

```
In [6]: x = [v.length for v in values]
y = [v.capacity for v in values]

fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
plt.axhline(y=MIN_Q, color="black", linestyle="--")
plt.plot(x, y, label="Capacity", marker="o")
plt.legend(loc="upper left")
plt.grid()
plt.xlabel("Spillway length [m]")
plt.ylabel("Capacity [m3/s]")
plt.title(f"Spillway capacity @ hydraulic head = {HYDRAULIC_HEAD} m")
# same scale for x and y axis
```

```
# plt.axis("equal")  
plt.show()
```



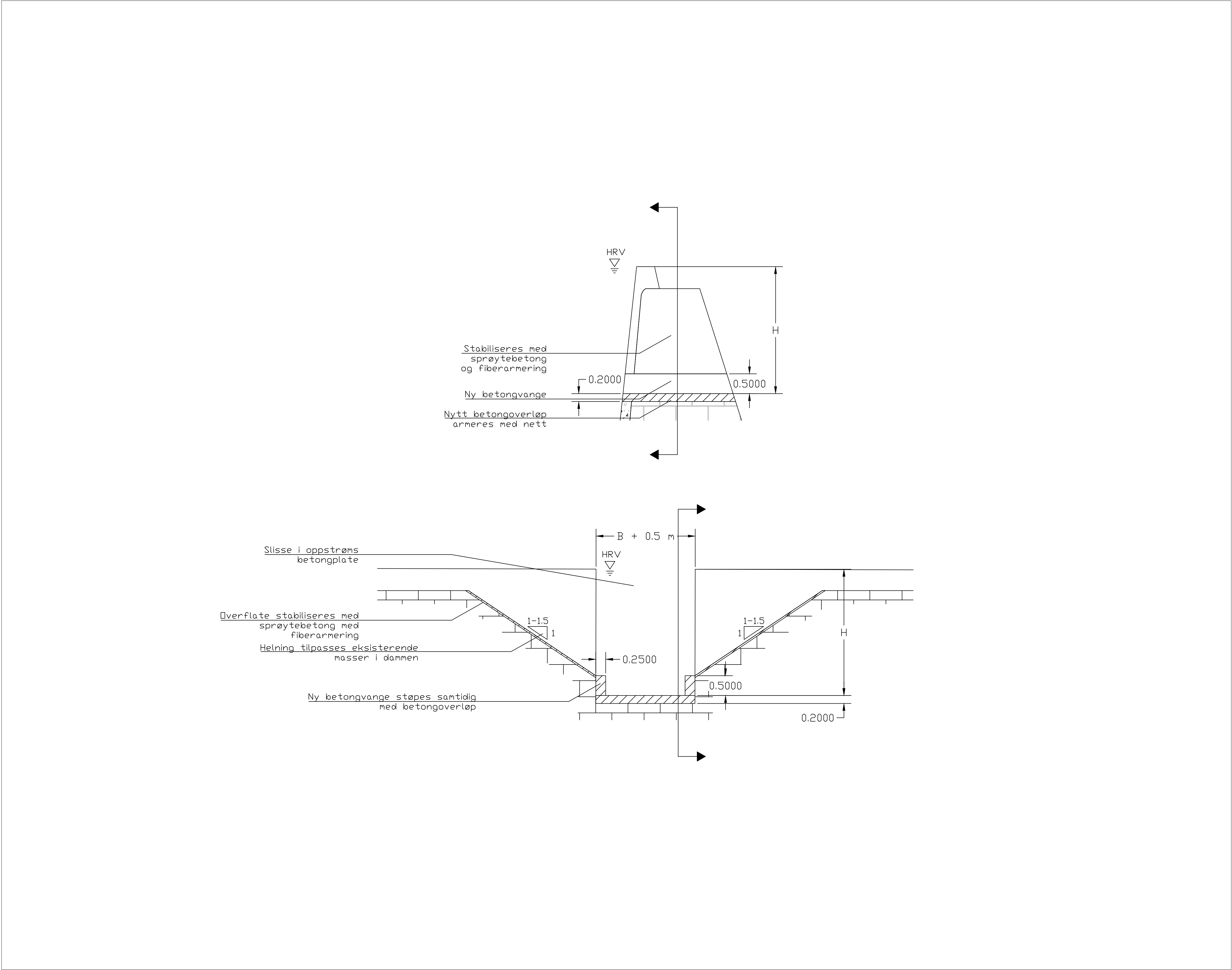
```
In [7]: # values to pandas dataframe  
df = pd.DataFrame(values)  
df
```

Out[7]:

	length	eff_length	capacity
0	0.00	0.00	0.000000
1	0.05	0.03	0.015811
2	0.10	0.08	0.042164
3	0.15	0.13	0.068516
4	0.20	0.18	0.094868
5	0.25	0.23	0.121221
6	0.30	0.28	0.147573
7	0.35	0.33	0.173925
8	0.40	0.38	0.200278
9	0.45	0.43	0.226630
10	0.50	0.48	0.252982
11	0.55	0.53	0.279335
12	0.60	0.58	0.305687
13	0.65	0.63	0.332039
14	0.70	0.68	0.358391
15	0.75	0.73	0.384744
16	0.80	0.78	0.411096
17	0.85	0.83	0.437448
18	0.90	0.88	0.463801
19	0.95	0.93	0.490153
20	1.00	0.98	0.516505
21	1.05	1.03	0.542858
22	1.10	1.08	0.569210
23	1.15	1.13	0.595562
24	1.20	1.18	0.621915



3.3- Skisser av sliss/senket overløp



FORKLARING:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
-------------	-------------	------

00	Første utkast	01.10.2024	TIMS	FJG	FJG
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Revurdering dammer Ålesund Ålesund kommune	RIVass A1
	Dato 01.10.2024

Nytt overløp Skisse	Format/Målestokk 1:50
------------------------	--------------------------

Multiconsult	Status FORPROSJEKT	Konstr./Tegnet TIMS	Kontrollert FJG	Godkjent FJG
www.multiconsult.no	Oppdragsnr. 10252421	Tegningsnr.	Rev. 00	