

# REGNER VI RIGTIGT PÅ BYENS GRØNNE OMRÅDER?

KRISTOFFER TØNDER NIELSEN



aarhusvand



# AGENDA

- ▶ URBAN AFSTRØMNING OG MODELLERING
- ▶ MONITERING OG MÅLERESULTATER
- ▶ REGNER VI RIGTIGT?
- ▶ HVAD KAN VI EGENTLIGT REGNE MED?
- ▶ HVORDAN REGNER VI MED FREMTIDEN SER UD?

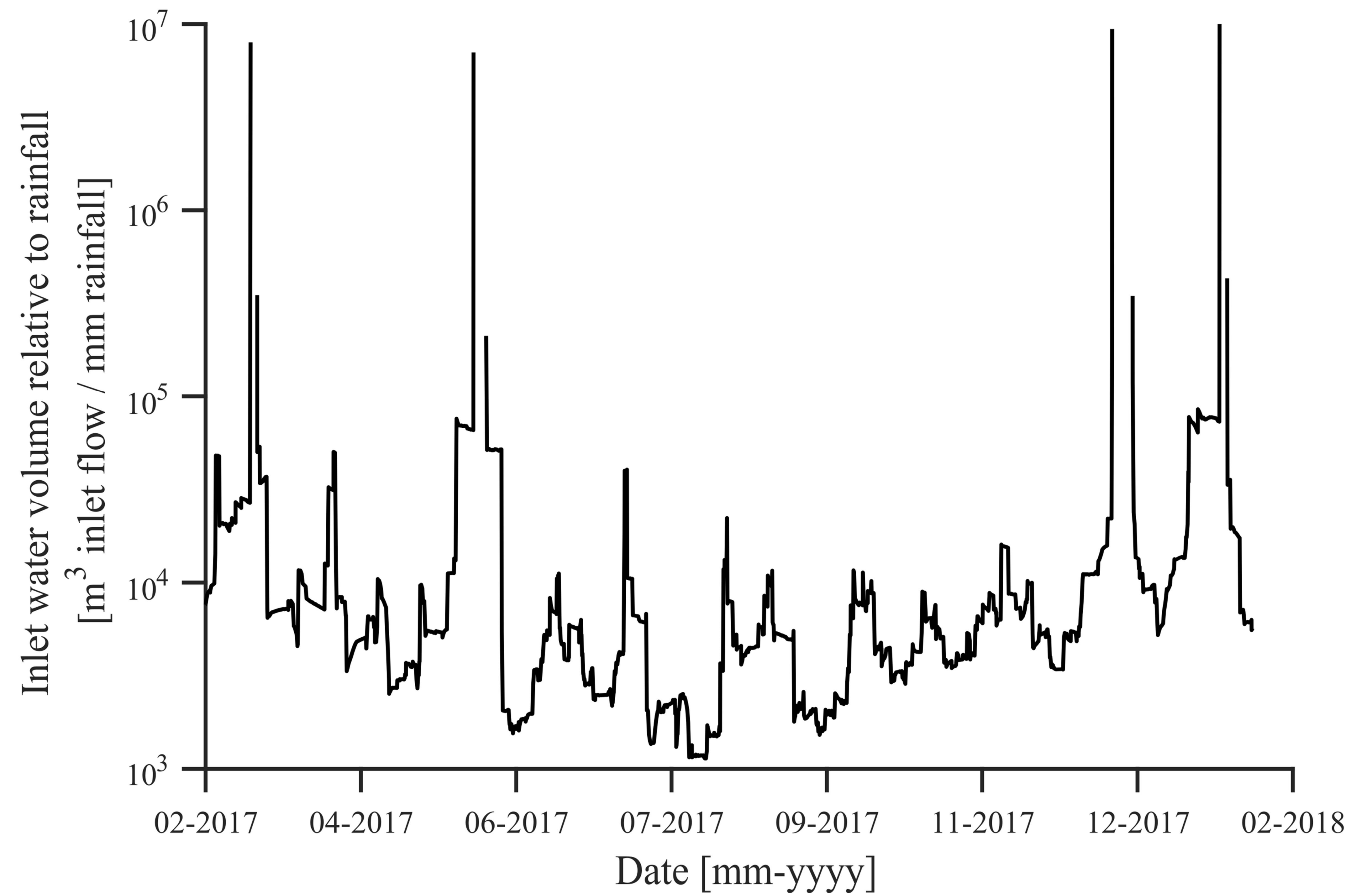




# HVORFOR ER AFSTRØMNING FRA GRØNNE OMRÅDER INTERESSANT?

3

- ▶ Perioder med **forøget indløbsflow** til renselanlæg (specielt i efterår og vinter)
- ▶ Kan forklares som følge af **forøget infiltration** i afløbssystemet og **afstrømning fra grønne områder**
- ▶ ... men **hvor store vandmængder** bidrager infiltration og afstrømning fra grønne områder med?
- ▶ Til at undersøge dette iværksatte vi **MOGO** og en **ErhvervsPhD**







**URBAN AFSTRØMNING OG  
MODELLERING**









Bygninger

Asfalt

Fliser





Bygninger

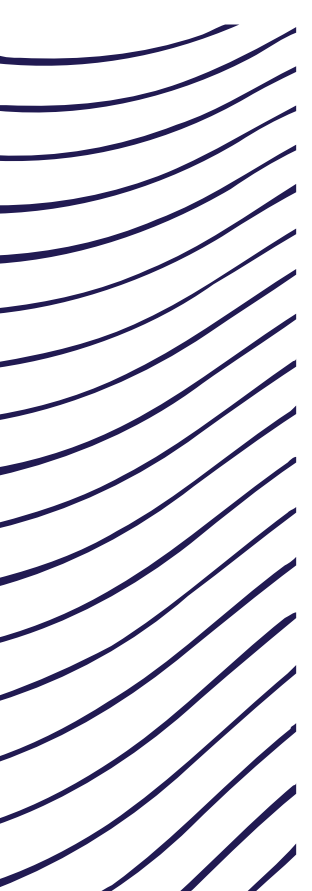
Asfalt

Fliser

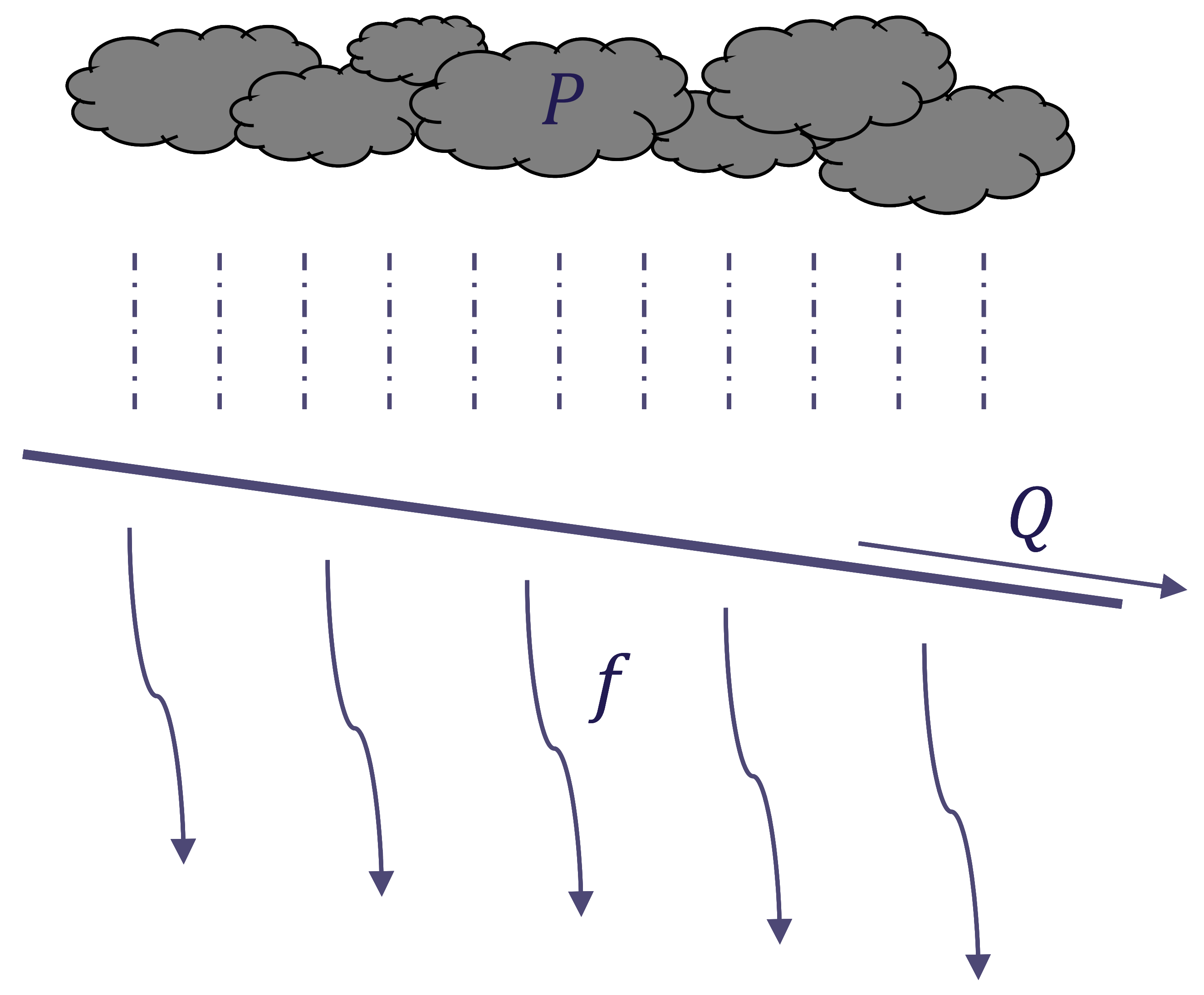
Træer

Græs



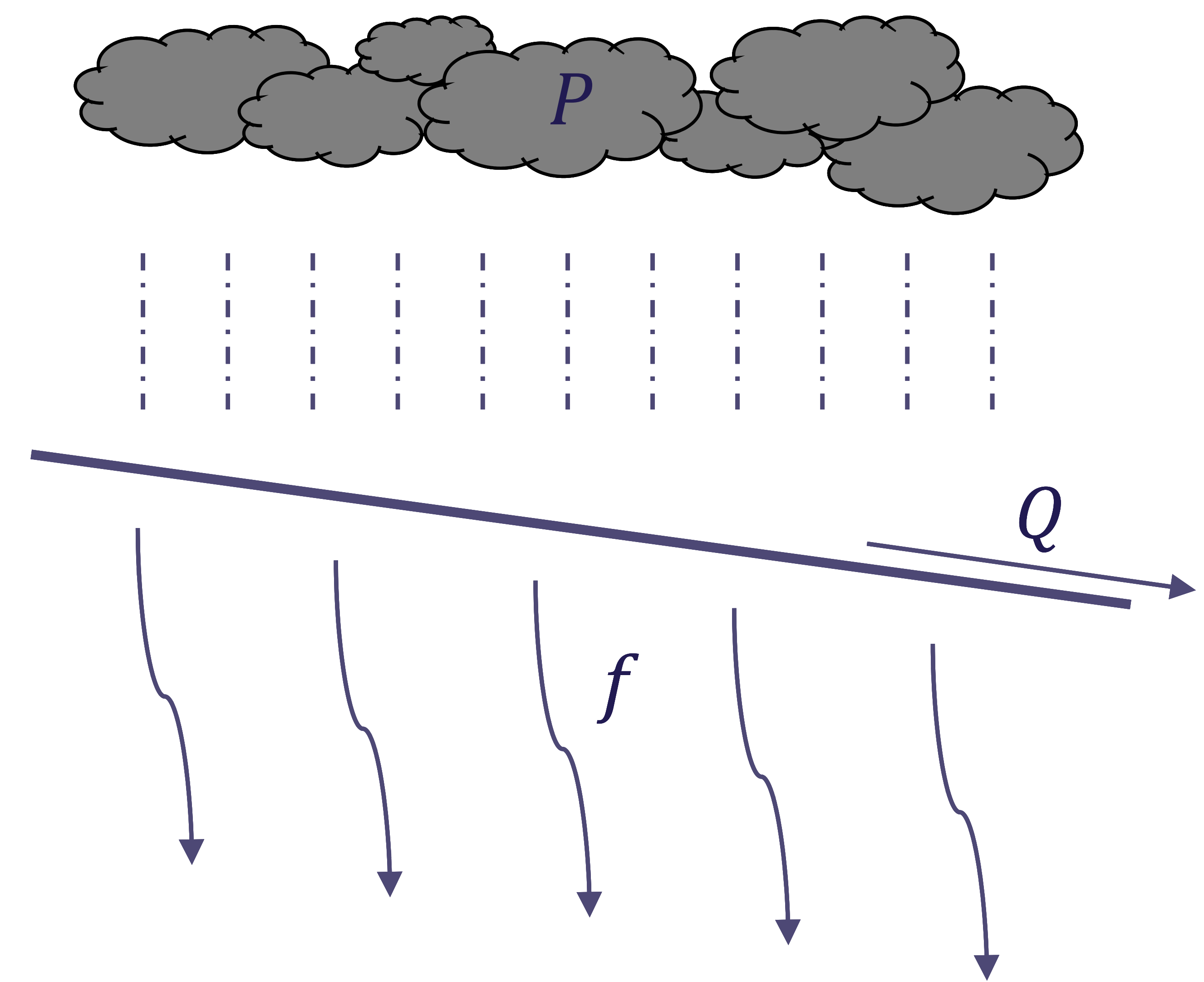


# TRADITIONEL MODELLERING AF AFSTRØMNING FRA GRØNNE OMRÅDER



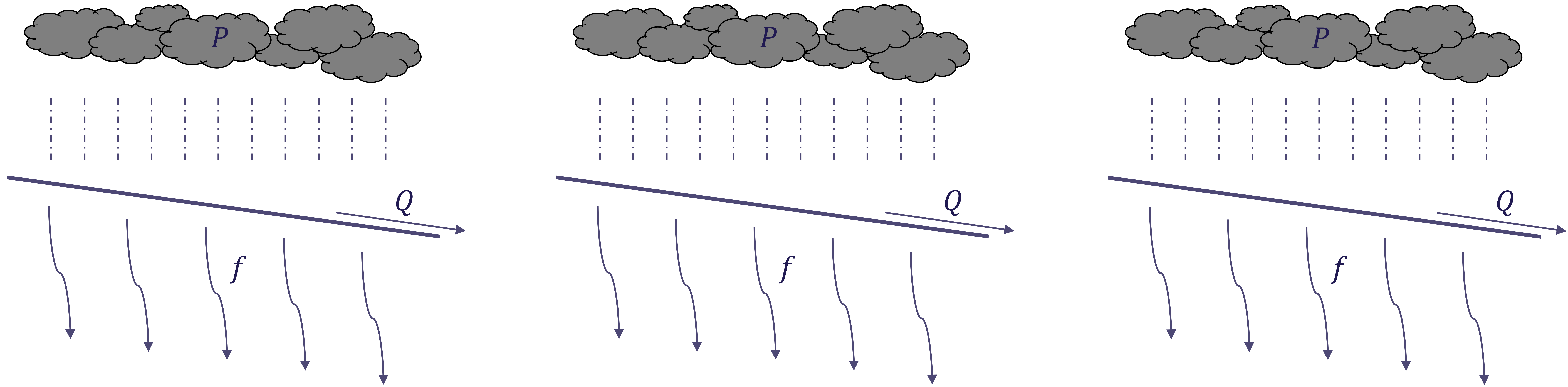
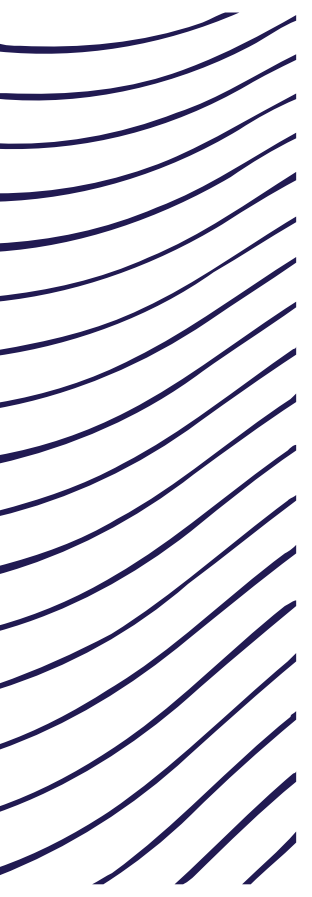


....men alt er måske ikke som vi regner med





....men alt er måske ikke som vi regner med

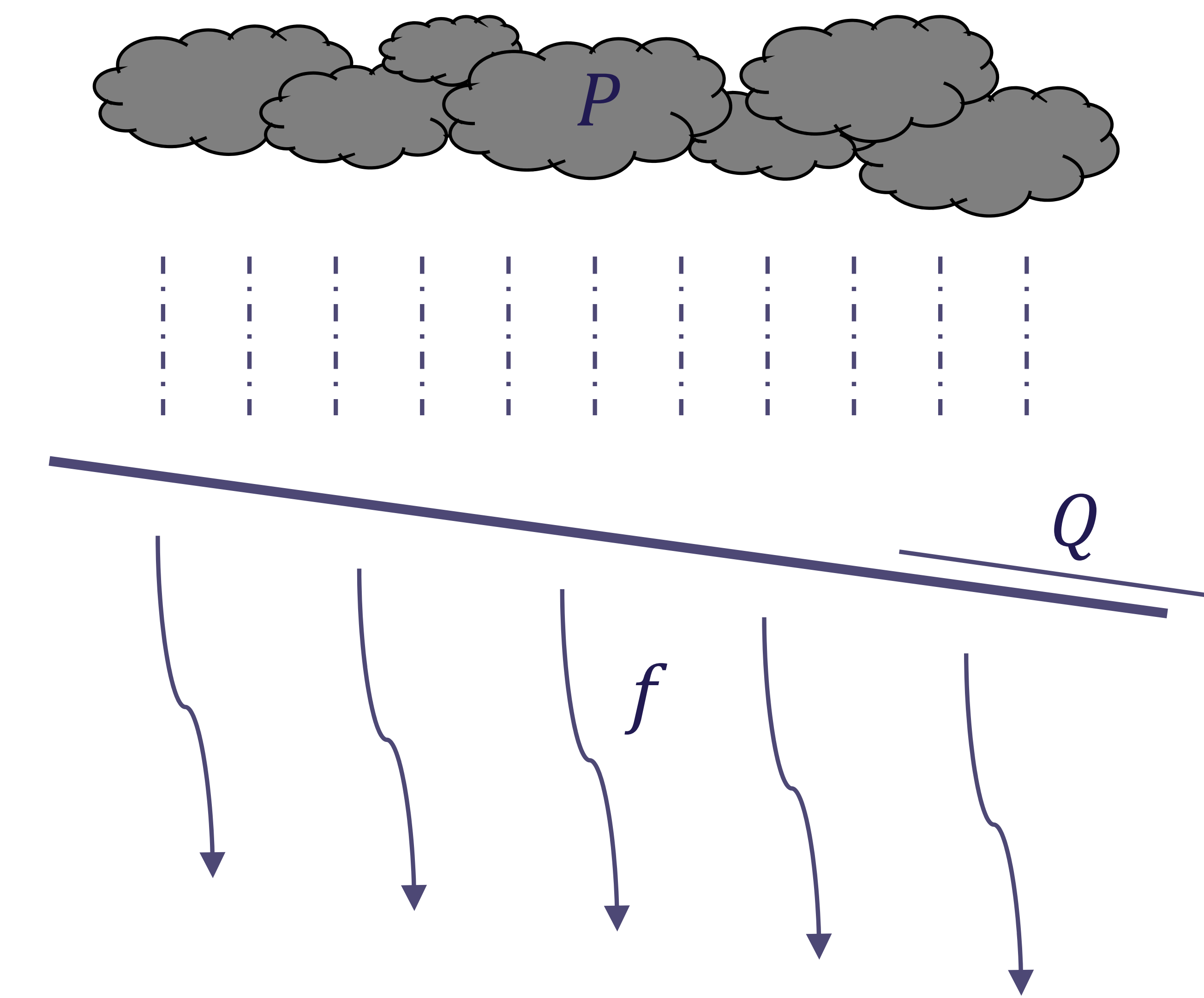
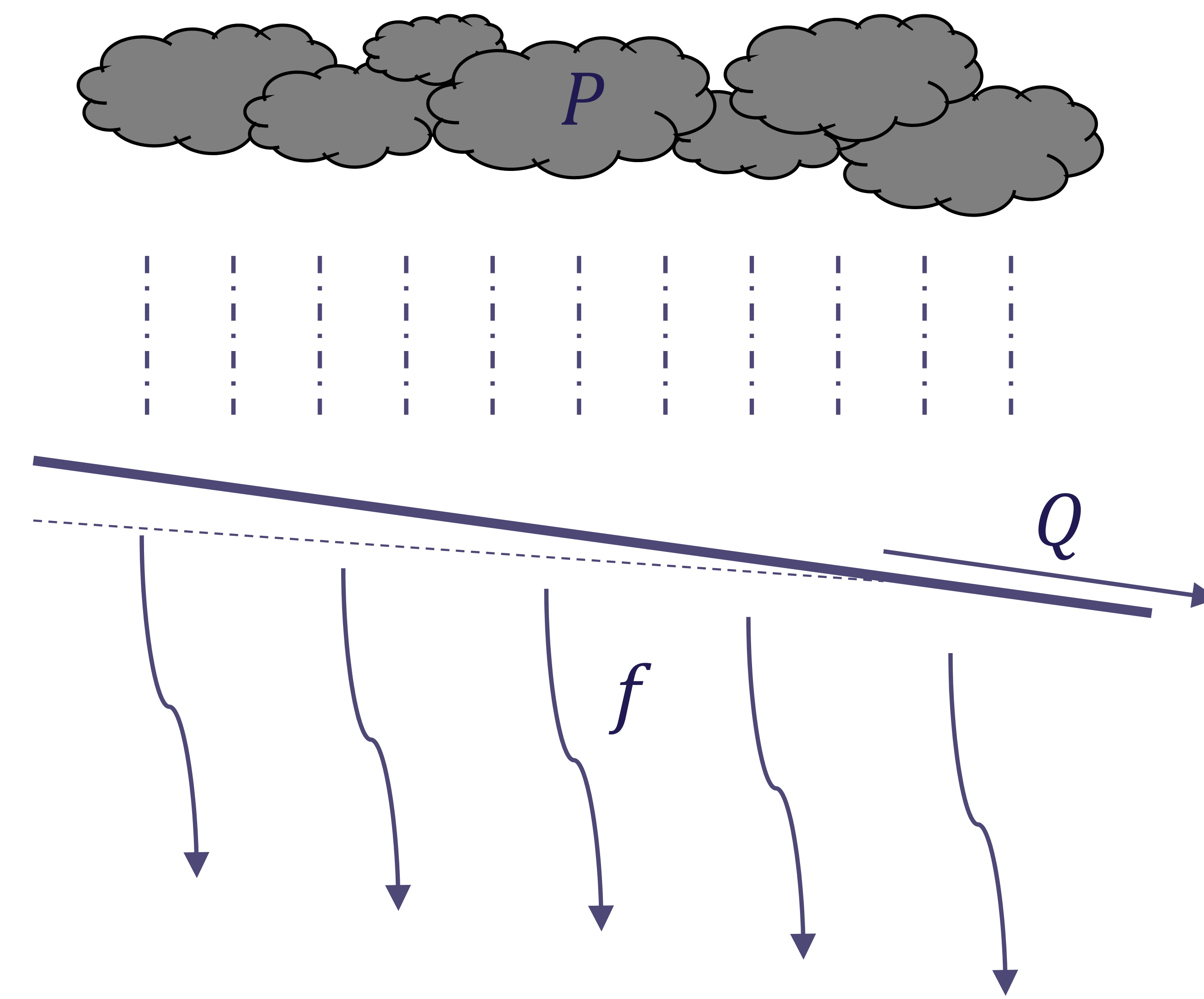
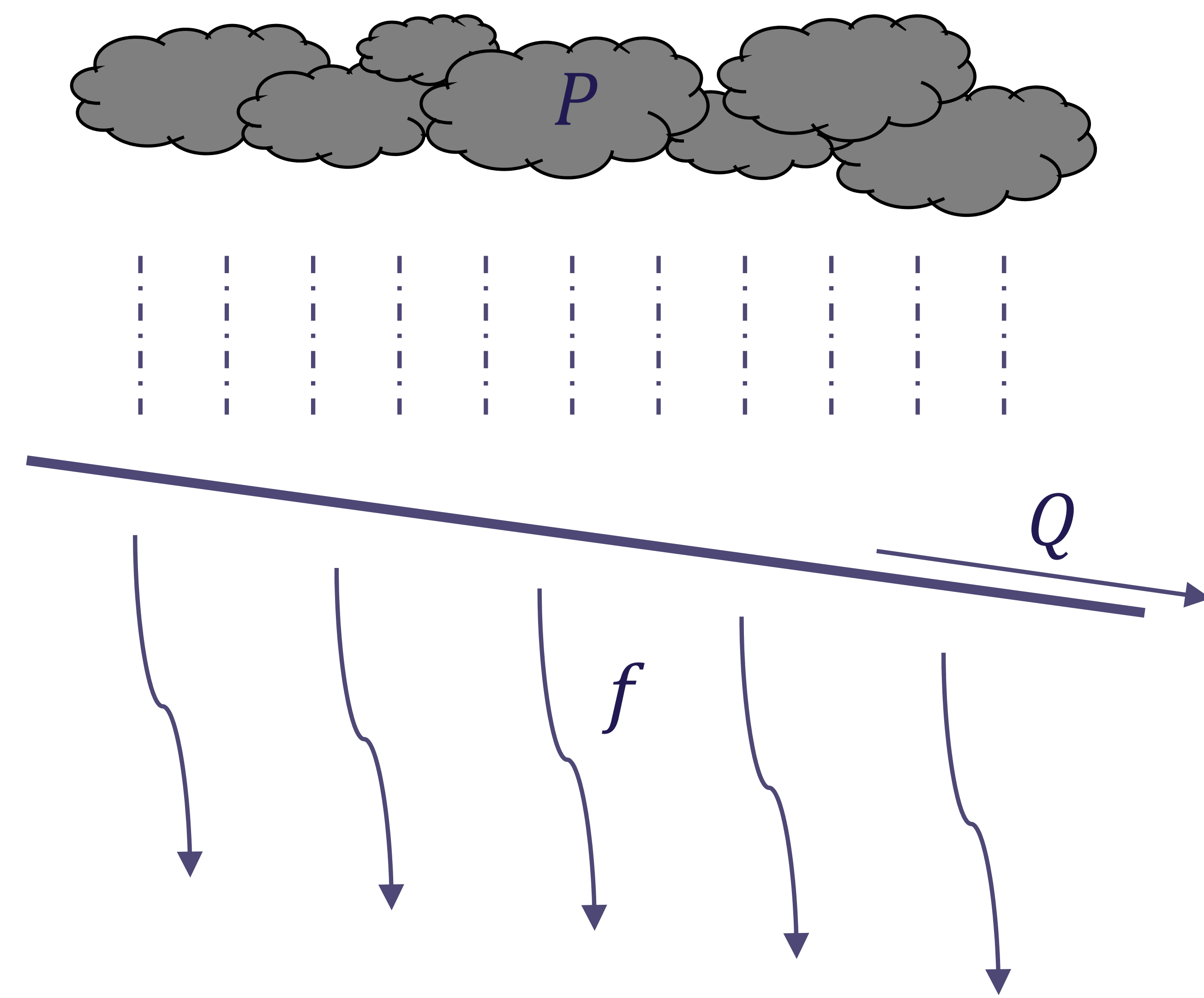


### INFILTRATIONS BETINGET

Afstrømning genereres, fordi regnintensiteten overskrider jordoverfladen infiltrationskapacitet.



# ...men alt er måske ikke som vi regner med



## INFILTRATIONS BETINGET

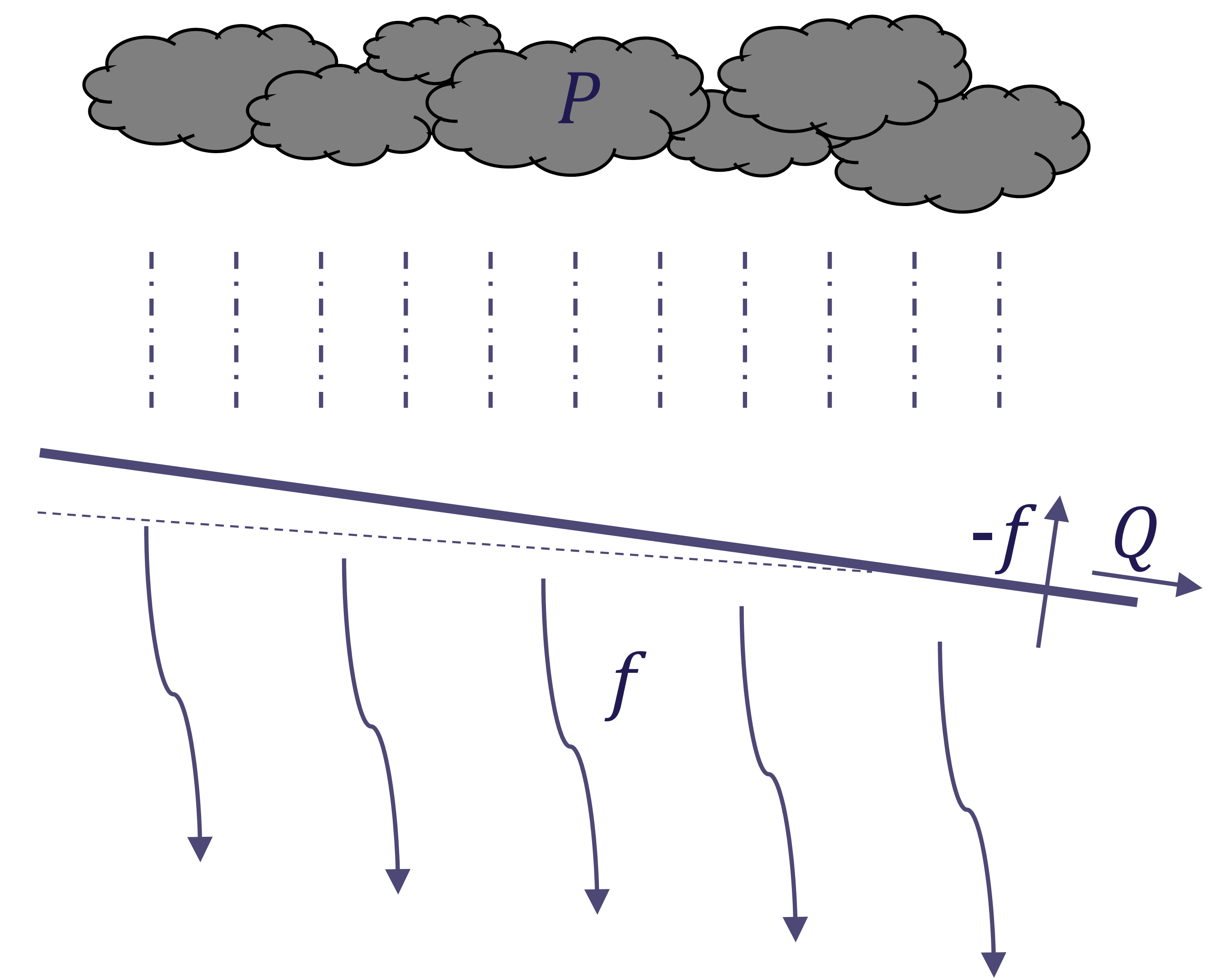
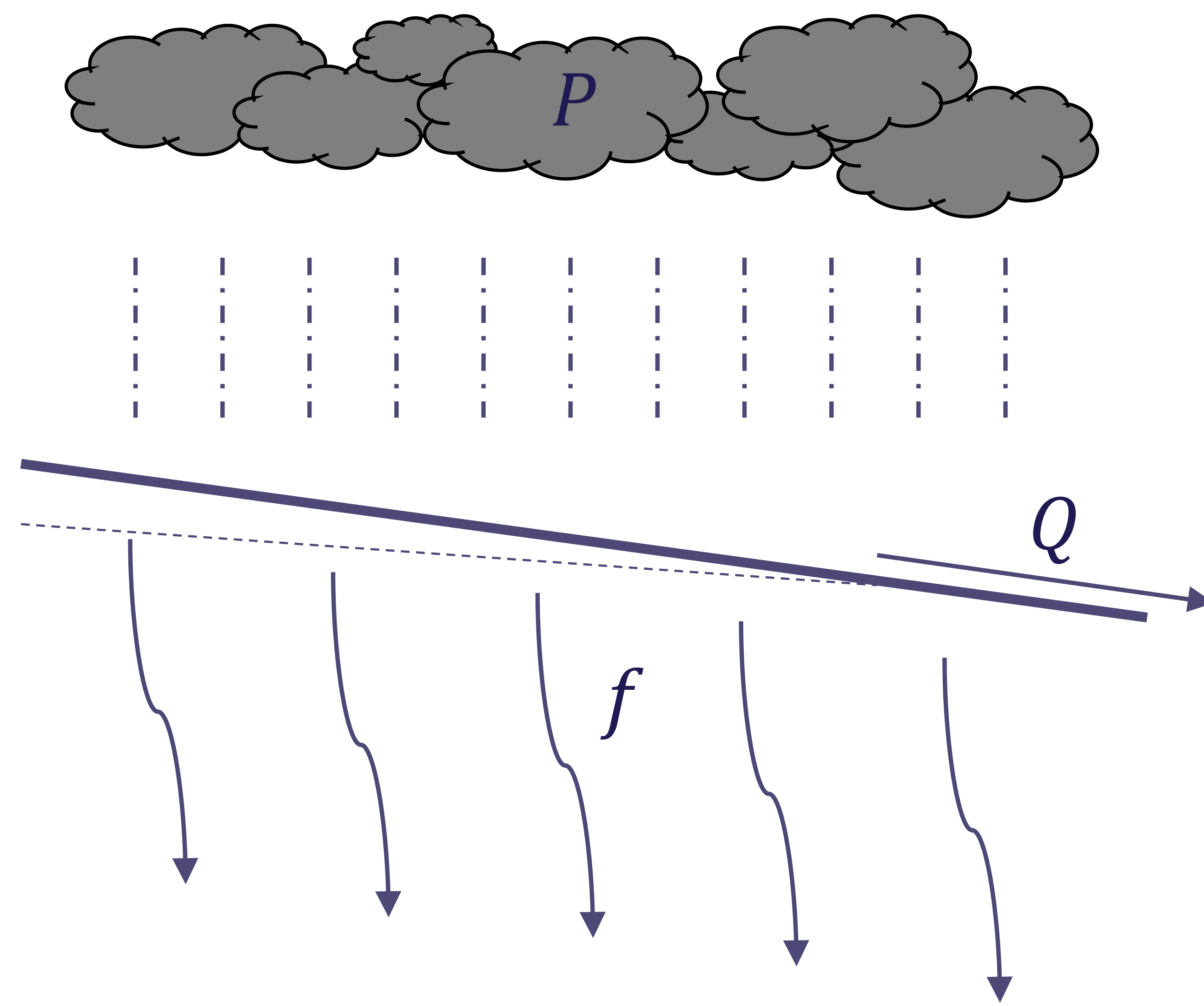
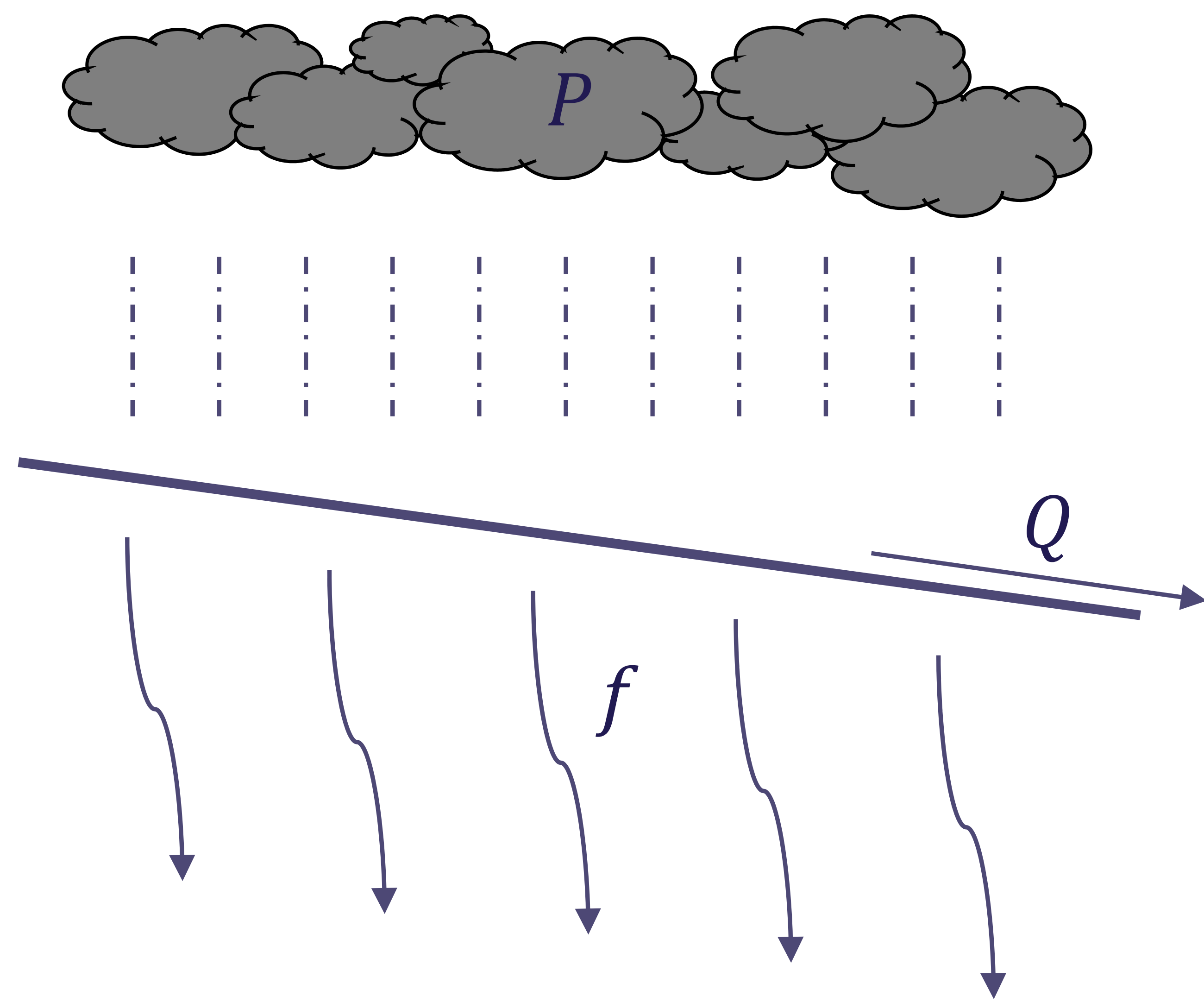
Afstrømning genereres, fordi regnintensiteten overskrider jordoverfladen infiltrationskapacitet.

## VANDMÆTNINGS BETINGET

Afstrømning genereres, fordi jorden er fuldstændig vandmættet. Derved er der intet potentiale for vertikal infiltration.



# ...men alt er måske ikke som vi regner med



## INFILTRATIONS BETINGET

## VANDMÆTNINGS BETINGET

## OVERFLADENÆR AFSTRØMNING

Afstrømning genereres, fordi regnintensiteten overskrider jordoverfladen infiltrationskapacitet

Afstrømning genereres, fordi jorden er fuldstændig vandmættet. Derved er der intet potentiale for vertikal infiltration.

Afstrømning foregår i det øvre jordlag og eksfiltreres senere til overfladen, hvorfra det strømmer på terræn.





## KERNE- UDFORDRINGER

- ▶ Generelt sparsom viden om betydningen af afstrømning fra grønne områder
- ▶ Flere parametre kan potentielt have betydning på størrelsen af overfladeafstrømning fra ubefæstede områder
- ▶ Overfladeafstrømning fra grønne områder er ikke kun en, men flere hydrologiske processer



*“Hvordan regner vi så rigtigt på byens ubefæstede områder?”*



Vi ved det ikke med sikkerhed.



**Derfor skal vi måle!**



A photograph of a laboratory setting. In the foreground, a man with a beard and a white lab coat is looking through a white microscope. In the background, a woman with blonde hair, also in a white lab coat, is looking through another microscope. The scene is brightly lit, and the background is slightly blurred, showing other laboratory equipment. A white rectangular box is overlaid on the center of the image, containing the text 'EKSPERIMENTELLE METODER OG RESULTATER' in a bold, dark blue font.

**EKSPERIMENTELLE METODER OG  
RESULTATER**



# HVORFOR ER FORSØG OG MÅLINGER SÅ VIGTIGE?

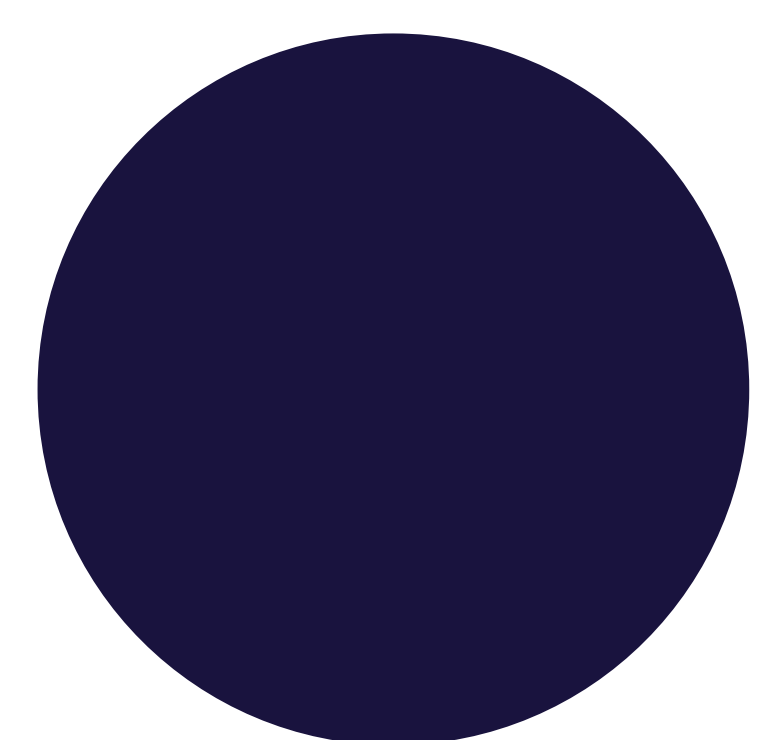
- ▶ Generer viden om virkeligheden
- ▶ Danner basis for vores teorier
- ▶ Nye teorier dukker endda op af og til
- ▶ Kan bruges til validering og kalibrering
- ▶ Data er en uvurderlig ressource til at underbygge modeller af høj kvalitet





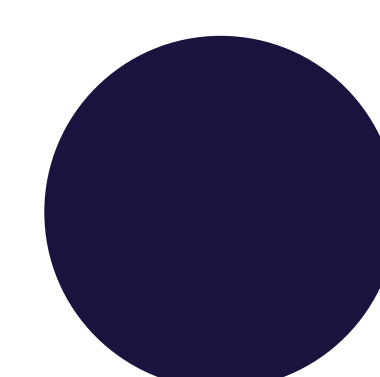


# EKSPERIMENTELLE TILGANGE



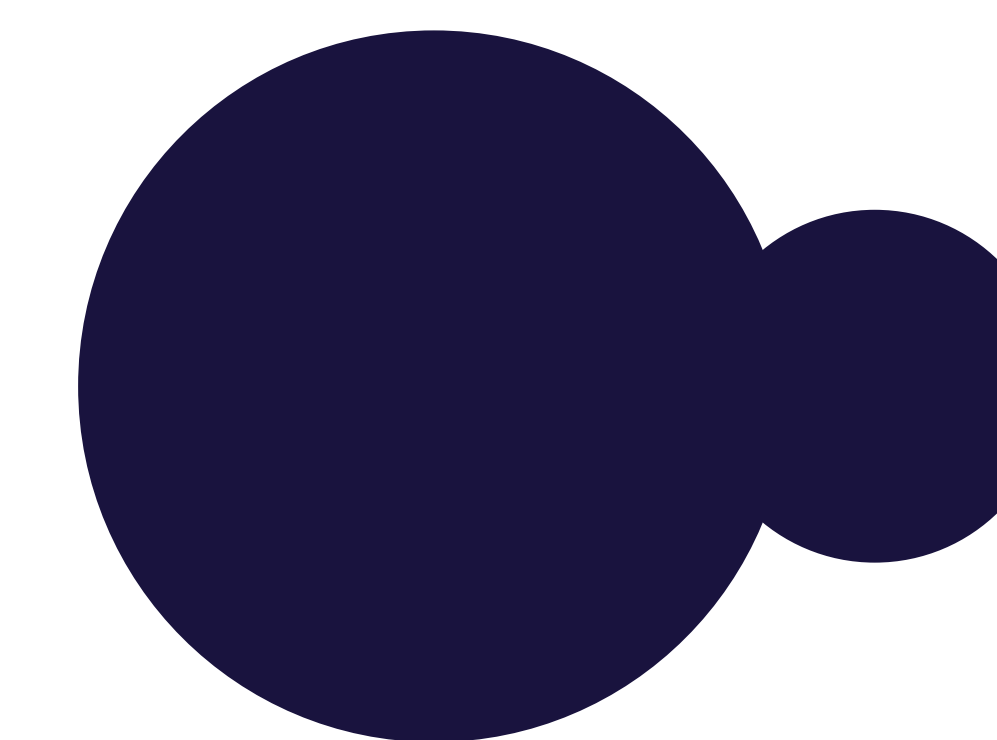
## FULDSKALA FELT MONITERING

Et fuldskala feltforsøg blev udviklet til at undersøge, hvordan afstrømning fra et grønt område varierer over flere sæsoner



## SMÅSKALA REGN- SIMULERINGSFORSØG

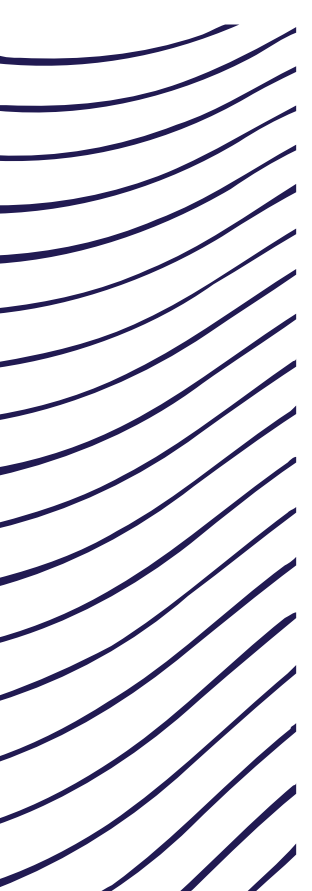
En regnsimulator blev udviklet til at undersøge afstrømning på lille skala under styrede hydrologiske forhold



## SYNERGI TILGANGENE IMELLEM

De to eksperimentelle tilgange kan potentielt gøre gavn af hinanden





# FORSØGS- LOKALITET

**Nyborg** (NUVÆRENDE PLACERING)

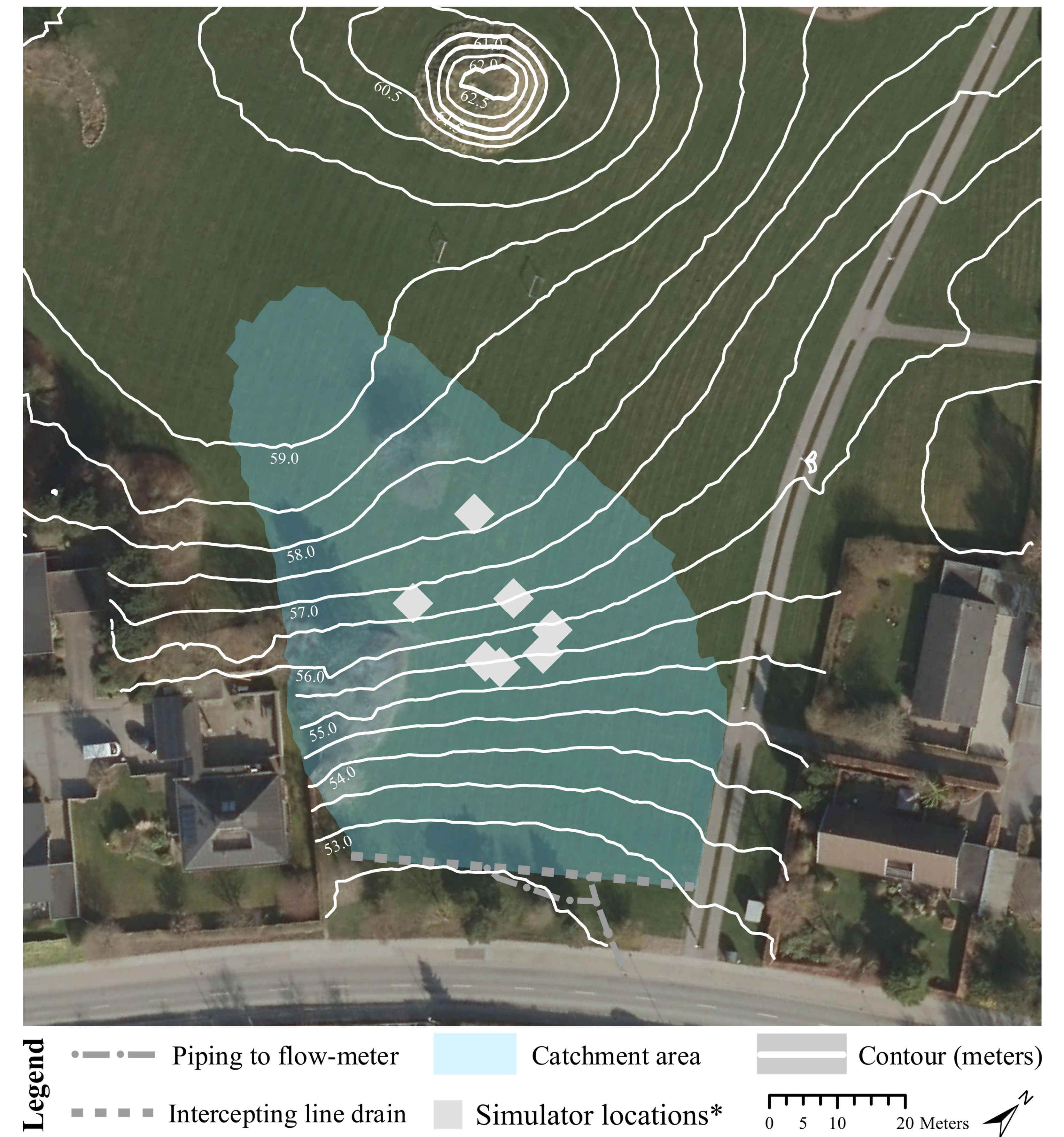
**LYSTRUP** (FORSØGSLOKALITET)





# FORSØGS- LOKALITET

Arealet er beliggende i Lystrup nær Aarhus  
of dækker 4.300 m<sup>2</sup> og har en gennemsnitlig  
hældning på 8,8 %.





# FORSØGS- LOKALITET

Arealet er beliggende i Lystrup nær Aarhus og dækker 4.300 m<sup>2</sup> og har en gennemsnitlig hældning på 8,8 %.

Overfladen er primært dækket af græs og den underliggende jord består af en god blanding af sandede og lerede partikler.

En lagdeling findes i 40 – 50 cm dybde, hvor jorden bliver mere leret.







# FULDSKALA FELTFORSØG





# FULDSKALA MÅLE- STATION

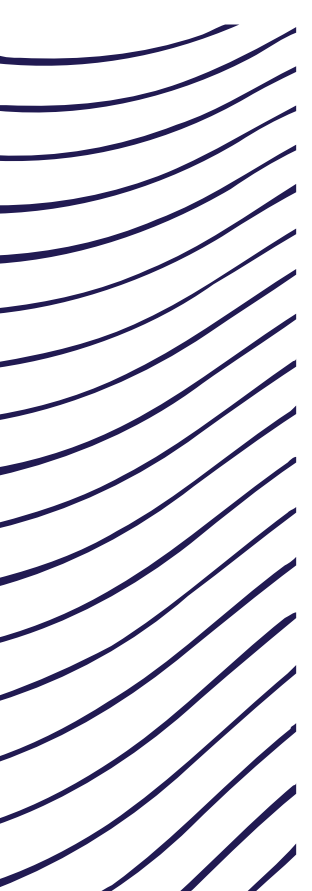
Et 51 meter langt afskærende linjedræn samler regnafstrømning op fra området

Opsamlet regnafstrømning føres igennem et sandfang for at fjerne sand, blade osv.

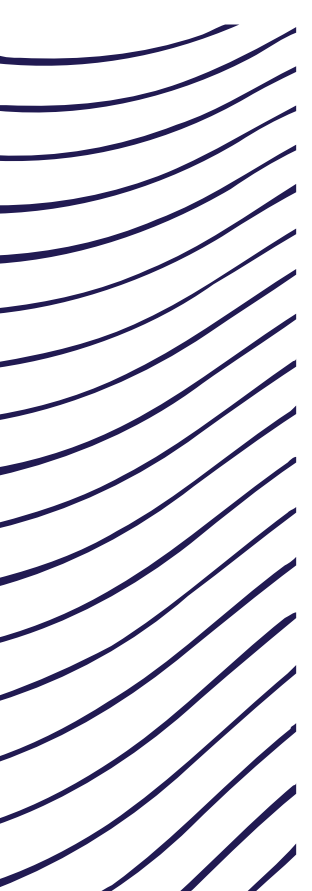
Derefter fødes vandet igennem en flowmåler, der kontinuerligt måler afstrømningsraten. Endeligt ledes vandet ud i afløbssystemet.











# FULDSKALA MÅLE- STATION

## TO VIGTIGE JORDFYSISKE PARAMETRE

### Vandindhold

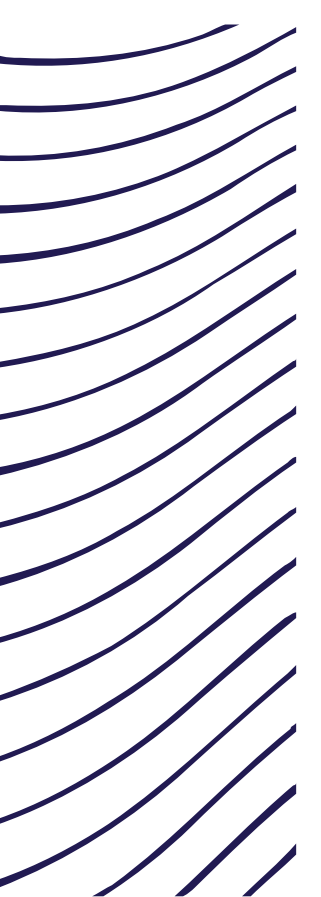
Det relative del af jordvolumenet, der udgøres af vand.

### Poretryk

Jordens sugsevne. En tør jord vil have en relativt høj sugsevne.







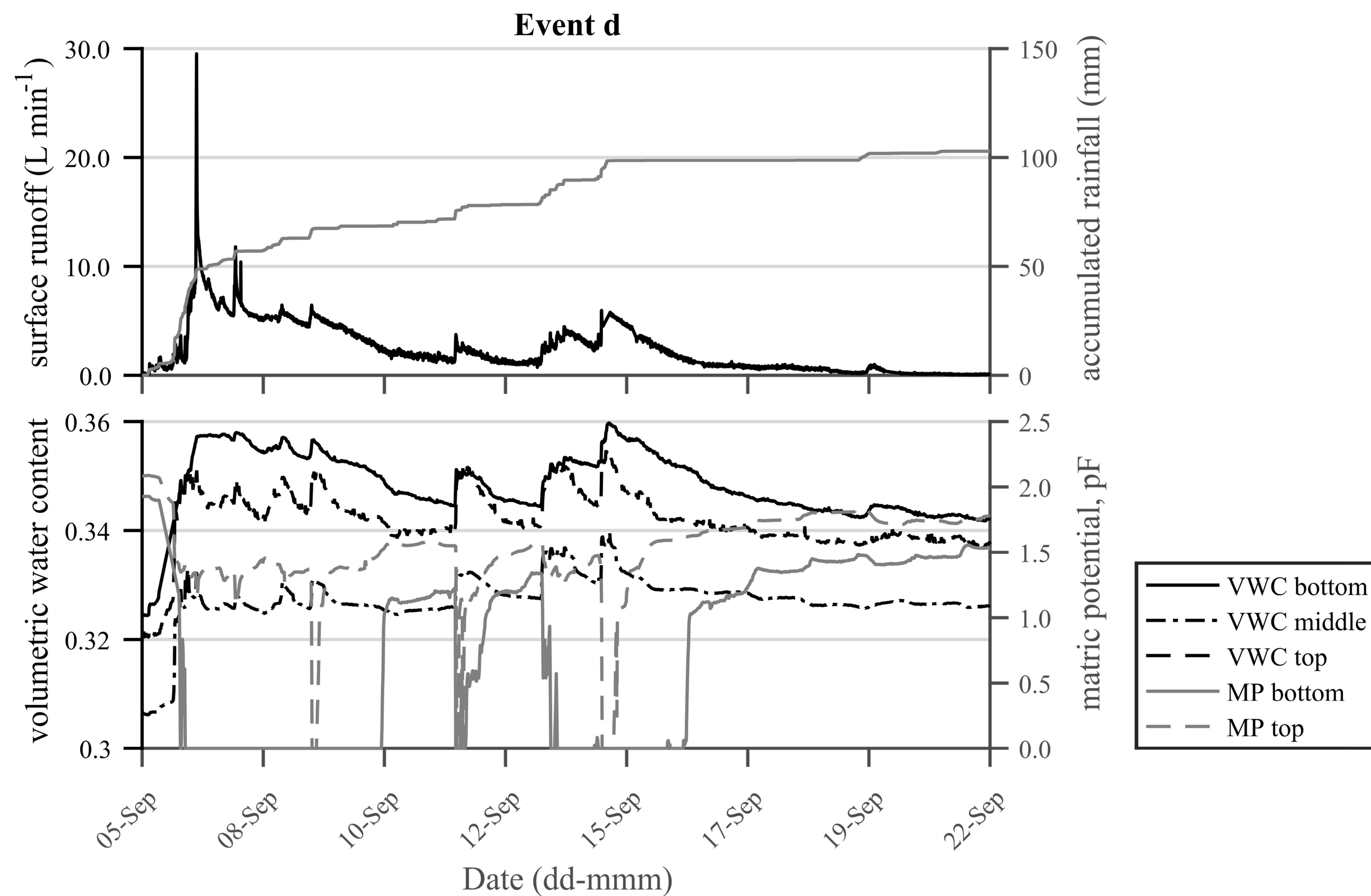
# FULDSKALA MÅLE- STATION

## VIPPEKARSREGNMÅLER

### **Trehovedet**

Tre sidestående regnmålere i et punkt sikre en høj målesikkerhed.



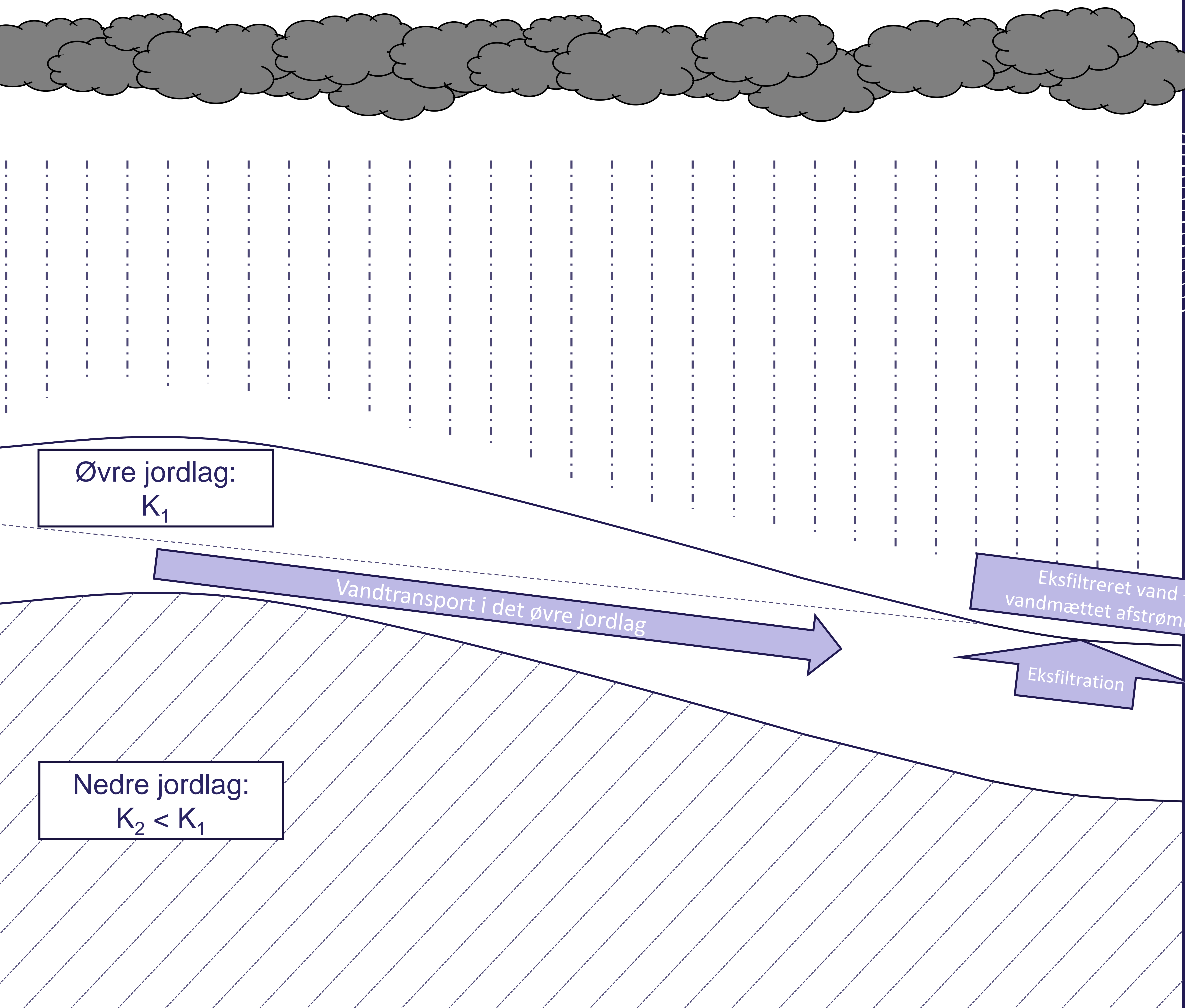


## MÅLINGER

AFSTRØMNING ER DOMINERET AF JORDNÆR AFSTRØMNING MED KORTE PERIODER AF VANDMÆTTET OVERFLADEAFSTRØMNING

- ▶ **0.34  $\text{m}^3 \text{H}_2\text{O} / \text{m}^3$  jord** ser ud til at være et kritisk vandindholds niveau
- ▶ **Poretryk** ser ud til at være en svagere indikator for afstrømning
- ▶ **Jordnær afstrømning** er aktiv i adskillige dage
- ▶ **Vandmættet afstrømning** er til stede i kortere perioder imens regnen falder



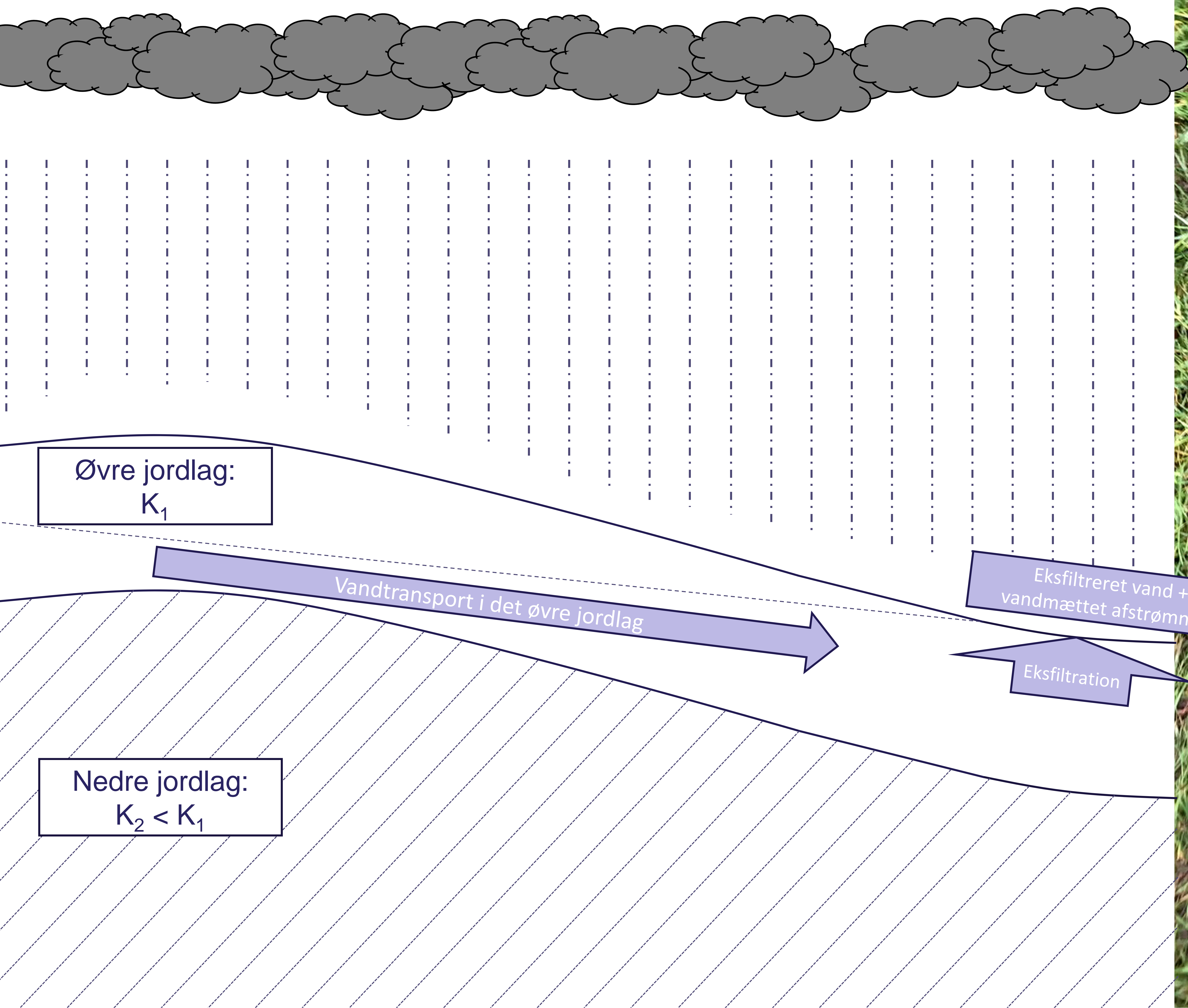


## KONCEPTUEL BETRAGTNING

TO AF TRE HOVED-  
AFSTRØMNINGSTYPER ER TIL  
STEDE

- ▶ **Overfladenær afstrømning**  
bidrager med mest afstrømning
- ▶ **Afstrømning på vandmættet jord**  
bidrager i kortere perioder







# REGNSIMULERING

Hortons' redning?





# REGN- SIMULERING

VI KAN IKKE KONTROLLERE  
NATUREN, MEN VI KAN  
KONTROLLERE EN KVADRATMETER

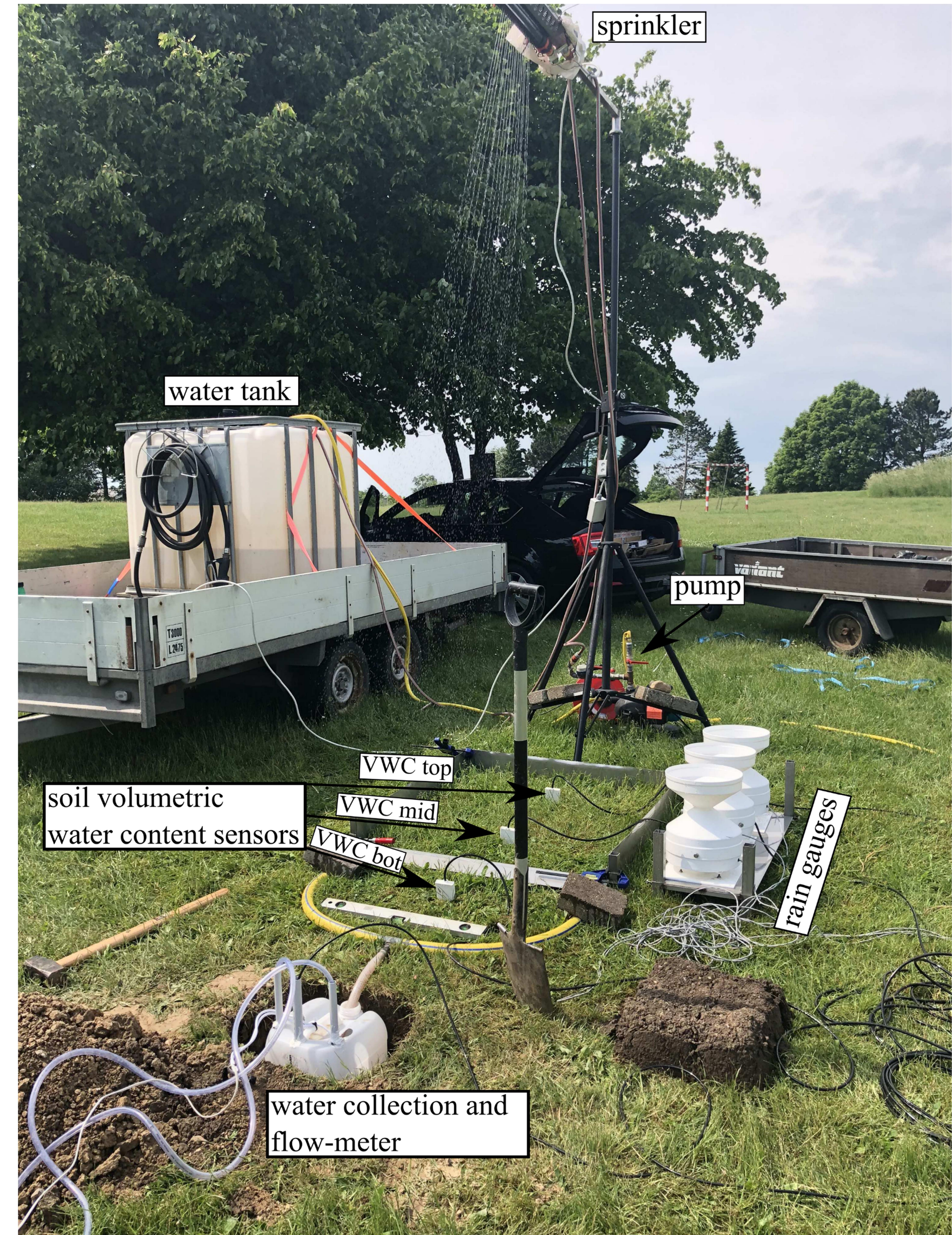
- ▶ Undersøgelse af ekstreme hydrologiske scenarier
- ▶ Undersøgelse af afstrømning under højt og lavt vandindhold i jorden
- ▶ Undersøgelse af afstrømning som følge af specifikke regntyper



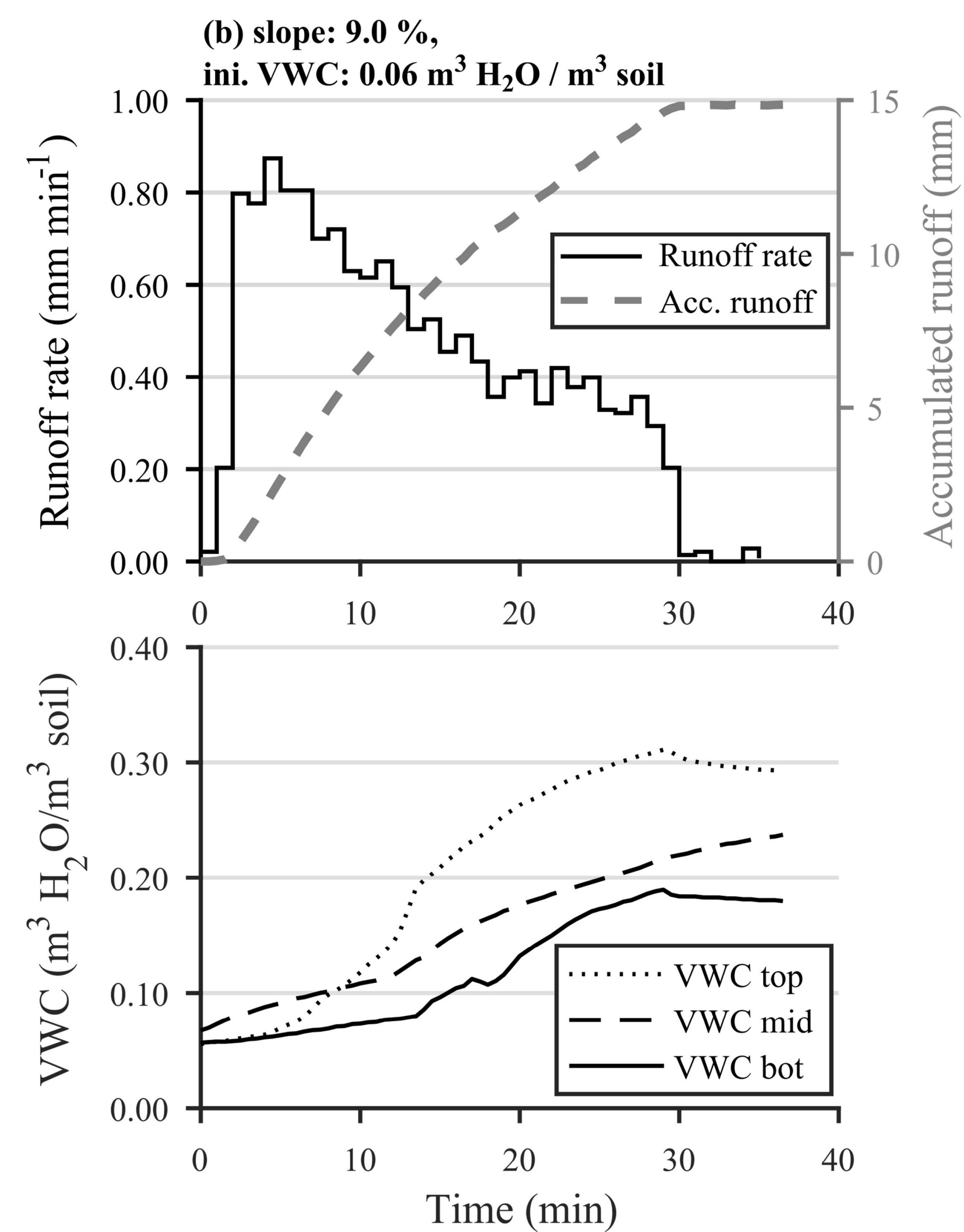
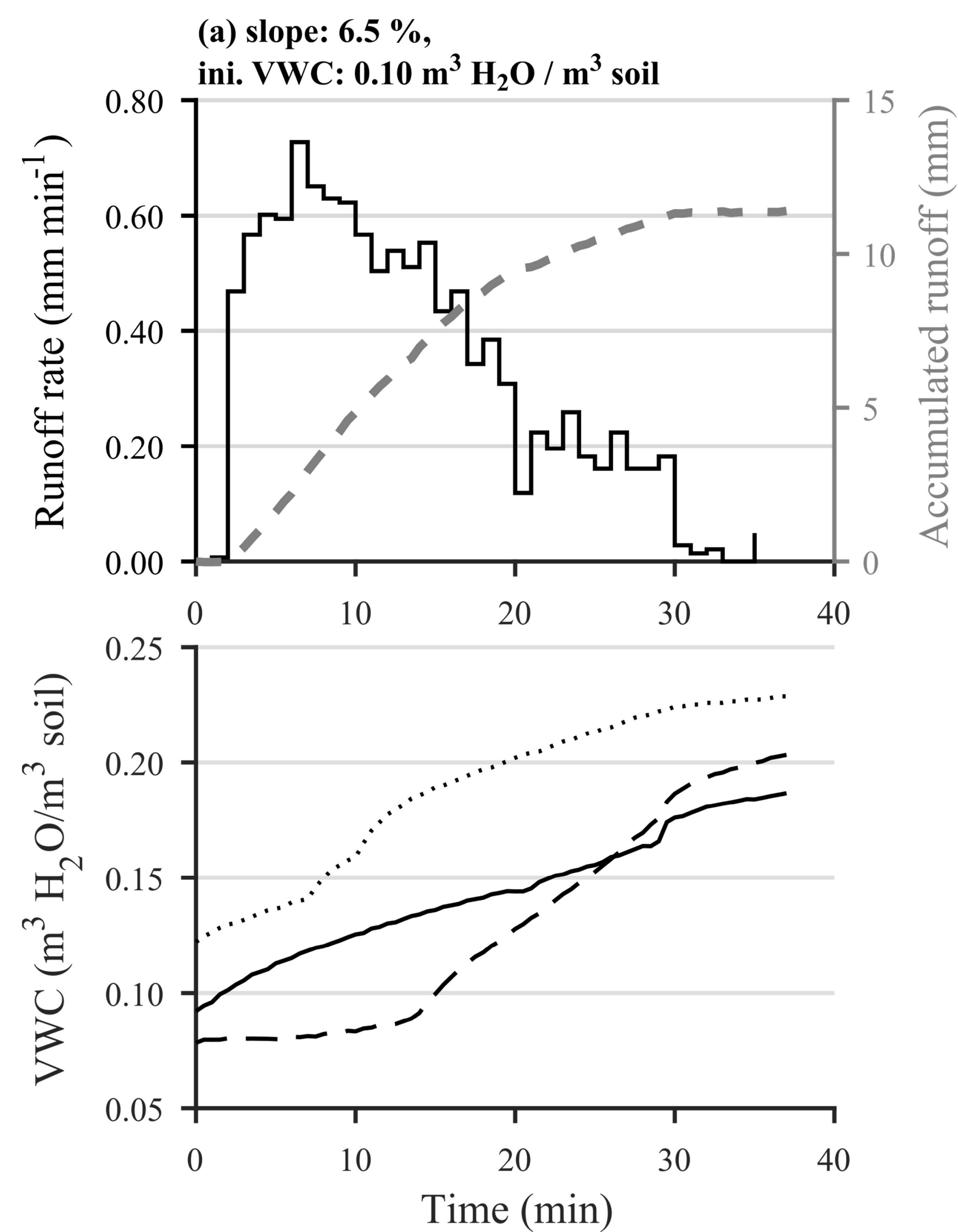


# REGN- SIMULERING

- ▶ Regnsimulatoren består af en vandopsamlingsenhed og en regnsimuleringsenhed
- ▶ Regnintensiteten kontrolleres med en traditionel havevippevander, hvor vandoutputtet kontrolleres automatisk under en simulering





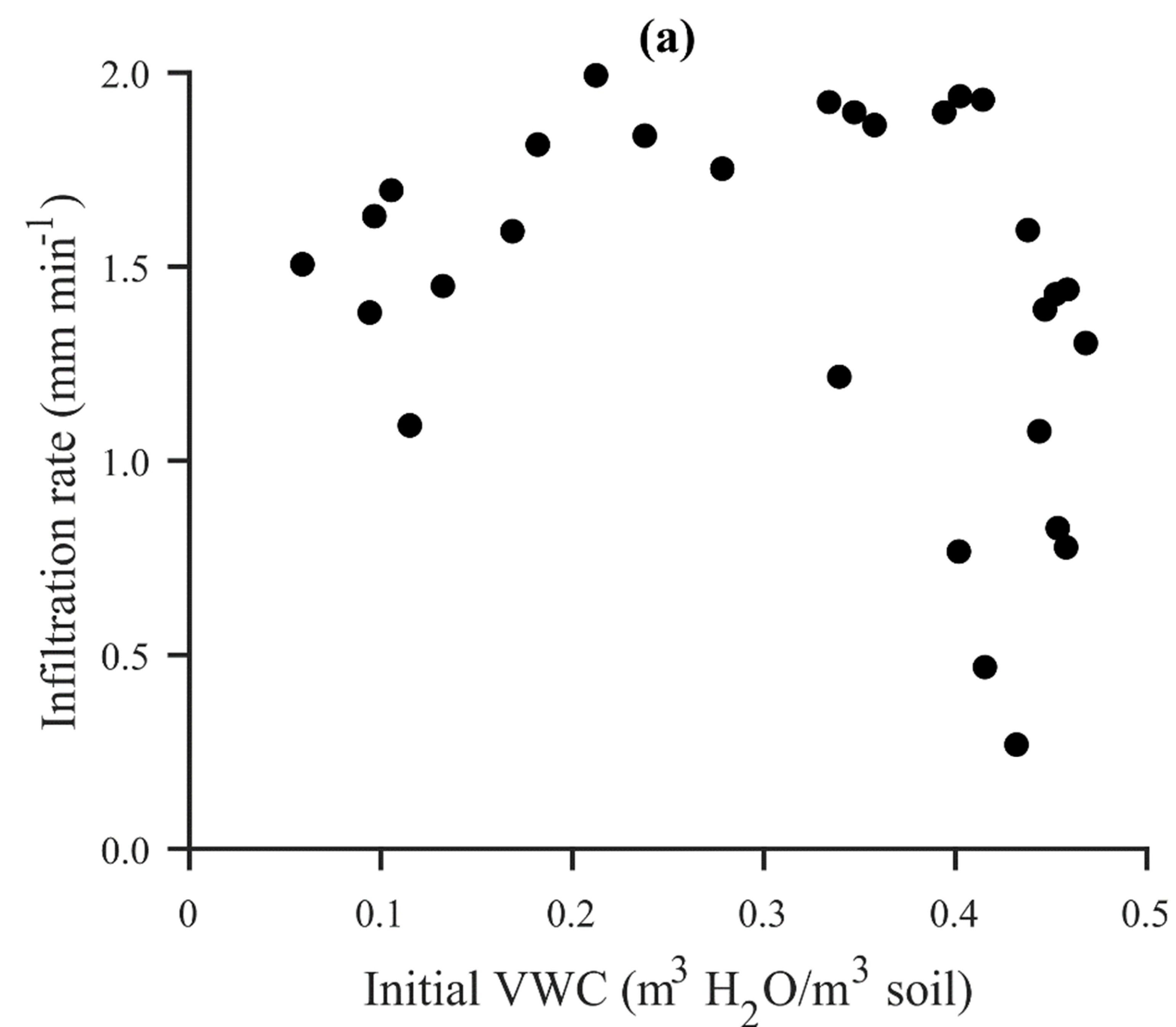


# MÅLINGER

AFSTRØMNING BLEV  
GENERERET SOM FØLGE AF  
INFILTRATIONSUNDERSKUD

- ▶ I disse eksempler tilføjes **60 mm nedbør over 30 min**
- ▶ Afstrømningen var særligt interessant under **meget tørre forhold**
- ▶ **Initiel høj afstrømningsrate** og derefter relativt hurtigt faldende
- ▶ Dette skyldes en meget **tør og vandafvisende jord**





## MÅLINGER

HVER PRIK REPRESENTERER EN 30 MINUTTERS REGN-SIMULERING

- ▶ De **højeste infiltrationsrater** findes under “mellemvåde” forhold i jorden
- ▶ **Hydrofobi** ses tydeligt under tørre forhold og har en reducerende effekt på infiltrationskapaciteten
- ▶ Endeligt **reduceres infiltrationskapaciteten kraftigt** under nær vandmættede forhold i jorden











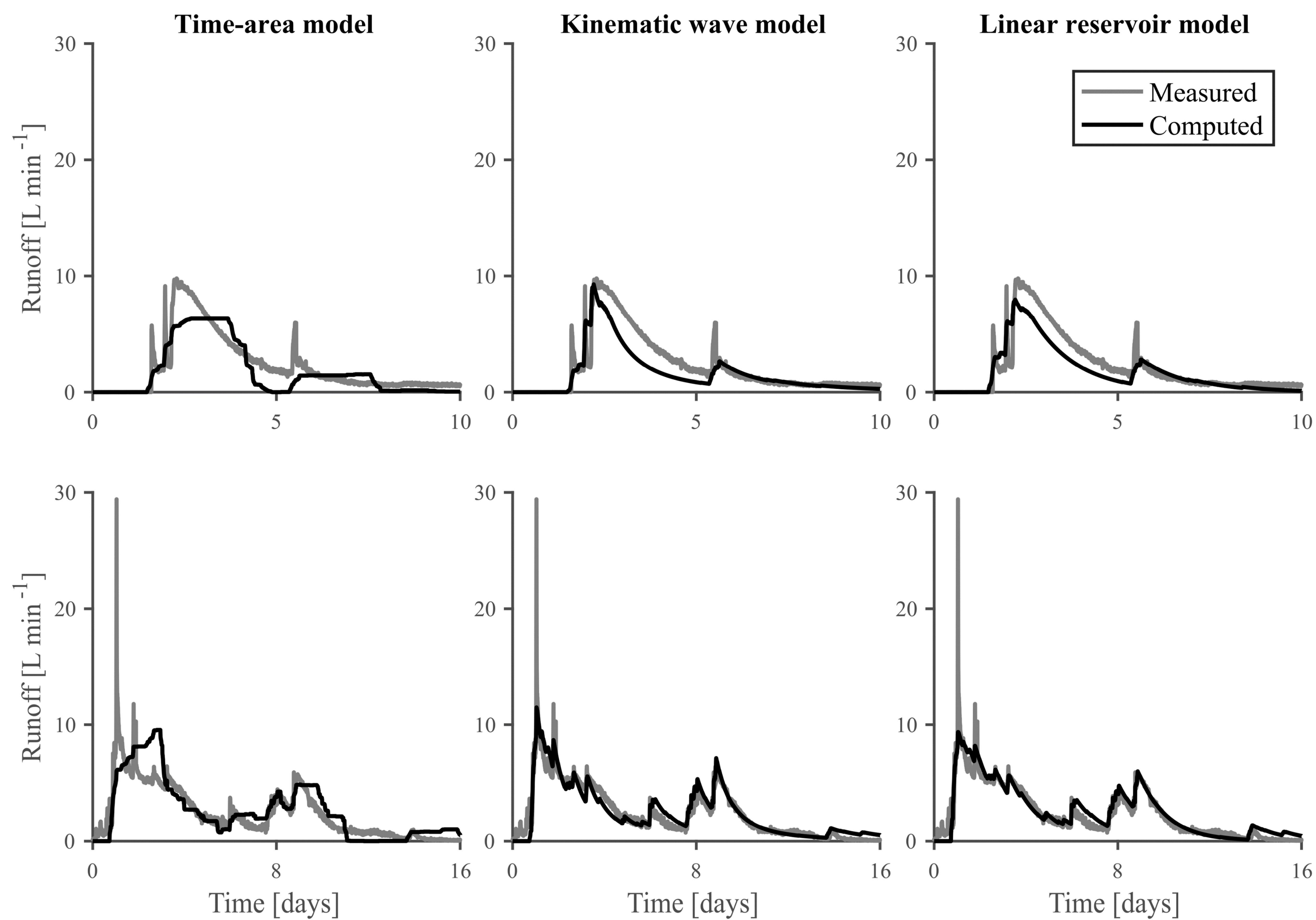


# HVORDAN PERFORMER DE TRADITIONELLE MODELLER?

VI HAR BLANDT ANDRE  
UNDERSØGT FØLGENDE  
MODELTYPEN

- ▶ Tid-areal model
- ▶ Kinematisk bølgemodel
- ▶ Lineær reservoir model





# SIMULERINGER

KINEMATISK BØLGEMODEL OG  
LINEÆR RESERVOIR MODEL  
PERFORMER BEDST

- **Tid-areal modellen** har svært ved at ramme peaks
- **Lineær reservoir og kinematisk bølgemodel** ser mere pålidelige ud
- **Kontinuitetstilgangen** ser ud til at være en vigtig komponent
- Ingen af modellerne kan kombinere flere afstrømningstyper og derved kan **modellerne kun simulere overfladenær afstrømning**



*“Hvordan regner vi så rigtigt på byens ubefæstede områder?”*



**sæsonafhængighed**

**højt vandindhold**

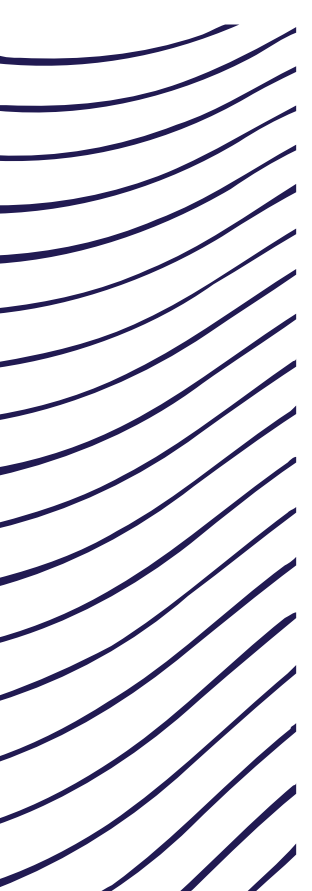
*“Hvordan regner vi så rigtigt på byens ubefæstede områder?”*

**lagdeling i jorden**

**hældning**

**overfladenær afstrømning**





# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Vi har indsamlet vigtigt og detaljeret viden i **Lystrup**  
med feltforsøgene





# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Vi har indsamlet vigtigt og detaljeret viden i **Lystrup**  
med feltforsøgene

...men det er i **Lystrup**, og kun i **Lystrup**

For at komme videre mangler vi stadig at undersøge  
mange fysiske variationer







# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Vi har indsamlet vigtig og detaljeret viden i **Lystrup** med feltforsøgene

...men det er i **Lystrup**, og kun i **Lystrup**

For at komme videre mangler vi stadig at undersøge mange fysiske variationer

Derfor har vi startet et nyt udviklingsprojekt, MOTO, i et samarbejde mellem Aarhus Vand, Aalborg Universitet, and EnviDan







# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Nyt forsøgsanlæg i **Viby** i **Aarhus** til opsamling af regn fra en cirka 100 m<sup>2</sup> stor overflade





# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Nyt forsøgsanlæg i **Viby** i **Aarhus**



## Rosenhøjplænen

### Signaturforklaring

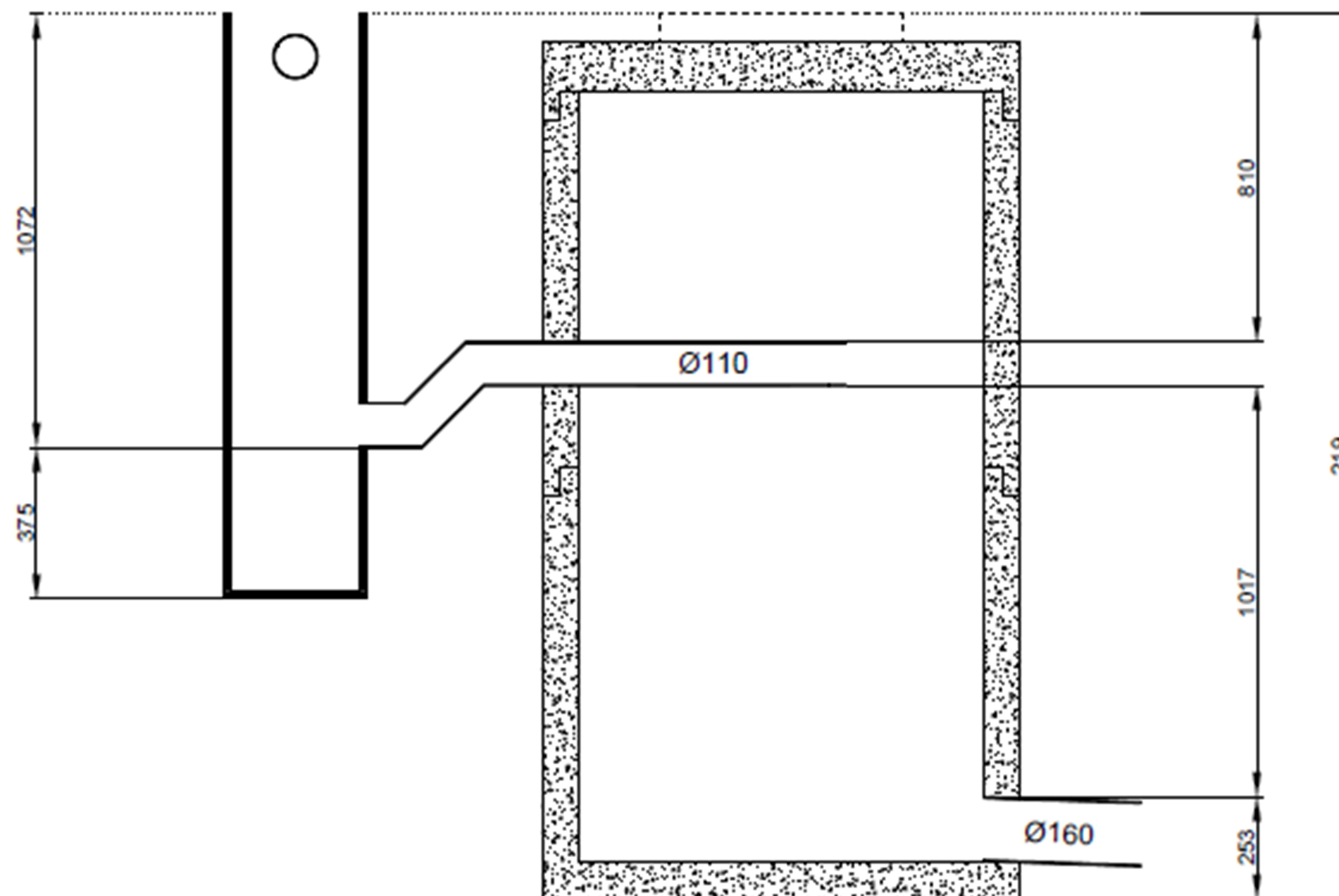
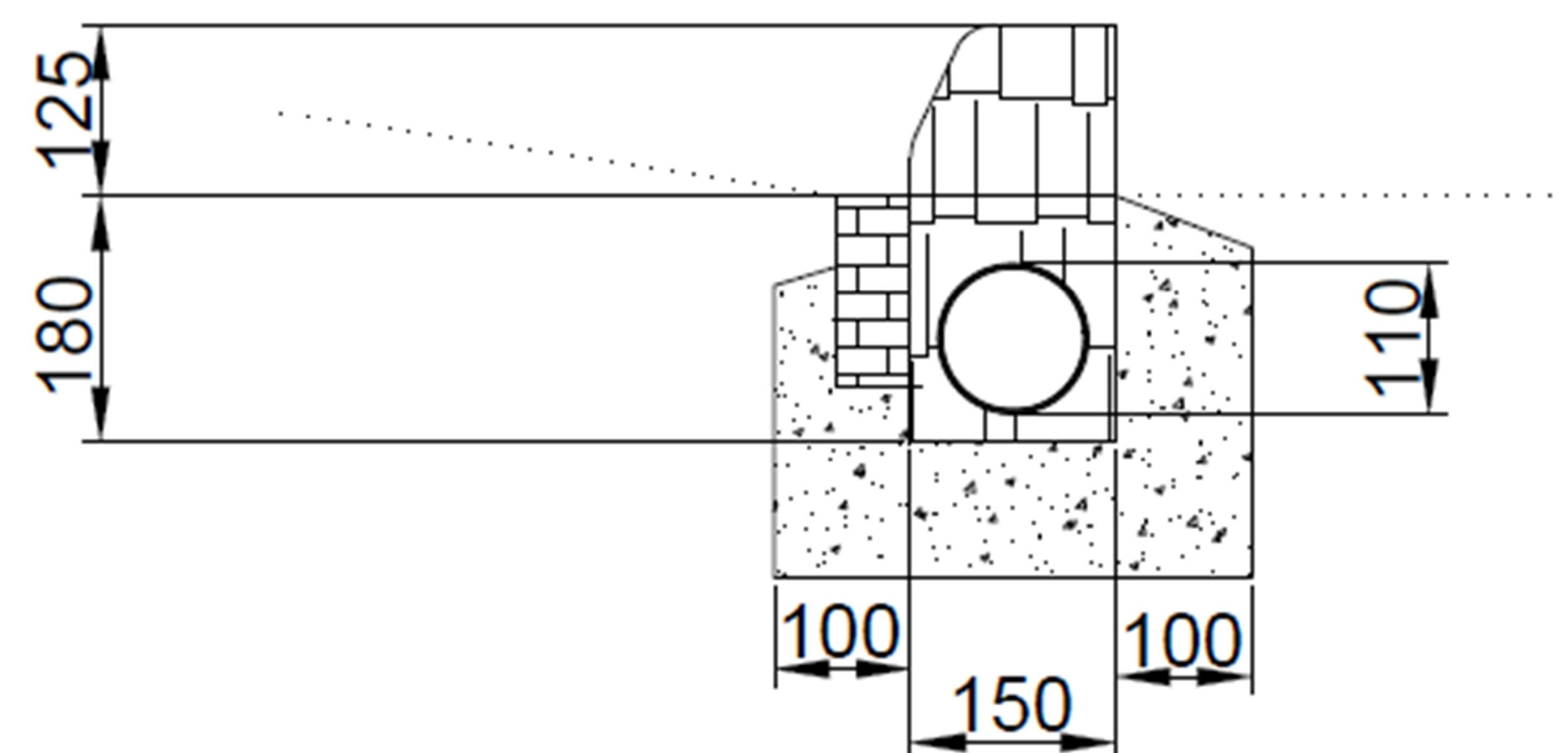
- Kantsten (~30 m)
- Linjedræn (~4,4 m)
- Støbt betonkant (~0,5 m)
- Ø110 (~2 m)
- ⋯ Ø160 (~20 m)
- Jerndeksel Ø600
- Brønd Ø1000
- Sandfang Ø315
- Udløb fra Ø160

0 2 4 6 8 m



# FREMTIDIGT PERSPEKTIV

Nyt forsøgsanlæg i **Viby** i **Aarhus**





**TAK!**