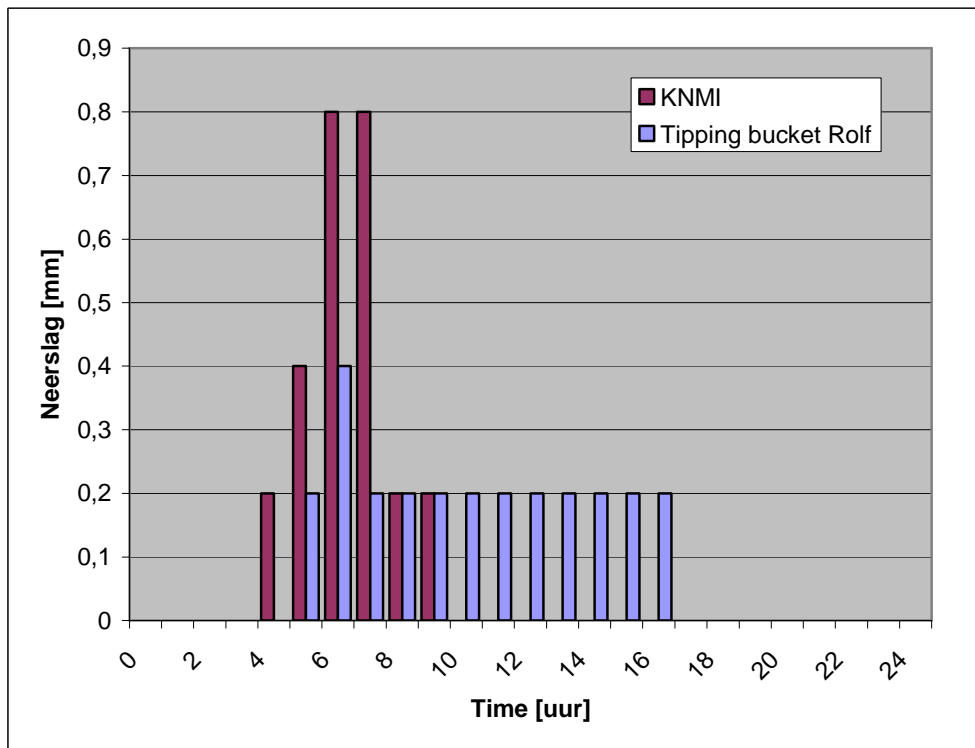


## Oefenvraagstukken CT3412

1. Rolf gebruikt een tipping bucket om regen te meten.
  - a. Leg uit, met onder andere een tekening, hoe een tipping bucket werkt.
  - b. Waarom moet Rolf niet lui zijn en de regenmeter niet vlak naast de voordeur van zijn huis zetten, zodat hij gemakkelijk en snel kan uitlezen?

Ok, Rolf is niet lui. Hij heeft een weiland in de buurt gevonden, daar installeert hij de tipping bucket. Ter controle vergelijkt hij de meetwaarden van zijn tipping bucket met de metingen van een nabij KNMI-station. De dagsommen van de regenmeter van het KNMI en de tipping bucket van Rolf zijn steeds gelijk. Echter valt het Rolf op dat telkens de regenbuien in zijn tipping bucket minder intens zijn en langer duren (zie grafiek). Rolf vermoedt dat er iets mis is.

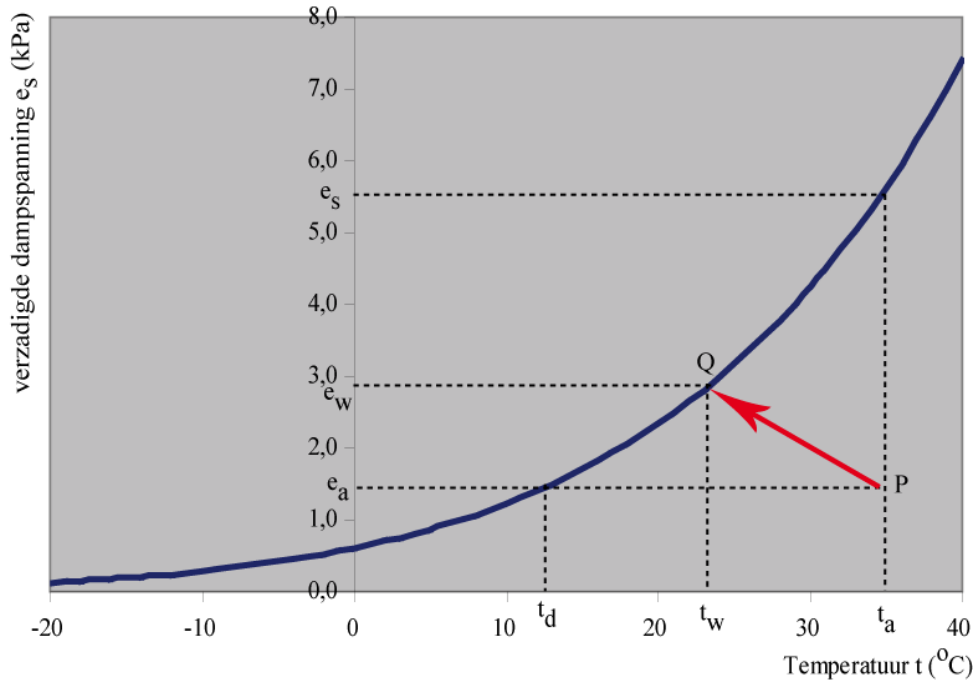


- c. Wat zou een mogelijk probleem met Rolfs tipping bucket kunnen zijn?

Rolf besluit dat hij toch liever binnen zit en besluit de regen van RADAR te gebruiken.

- d. Leg het meetprincipe van een regenradar uit.
- e. Wat voor foutenbronnen en problemen kent de radar? Noem er minimaal twee.

2. In bijgaande grafiek is de relatie tussen de verzadigingsdampspanning en de luchttemperatuur gegeven.



- Benoem  $t_a$ ,  $t_w$  en  $t_d$
- Met een psychrometer worden op een bepaald moment de volgende temperaturen gemeten; 25°C en 17,5 °C
- Wat stellen de twee temperaturen voor
- Wat is de verzadigingsdampspanning die hoort bij de temperatuur van 17,5 °C
- Bereken op basis van de psychrometer waarnemingen wat de actuele dampspanning is.
- Wat is de waarde van de psychrometer constante en wat is de eenheid.
- Wat is de definitie van de relatieve vochtigheid en wat is de waarde daarvan op basis van de metingen.

De volgende formules zouden van pas kunnen komen.

$$s = \frac{4100e_s}{(237+t)^2} \quad e_s(t) = 0.61 \exp\left(\frac{17.3t}{237+t}\right) \quad e_a(t_a) - e_s(t_w) = -0.066(t_a - t_w)$$

3. Casus:

Je werkt bij Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat is bezig met de renovatie van de sluisen bij IJmuiden. De renovatie wordt aangegrepen om een uitgebreid monitoringsnetwerk rond het sluisencomplex aan te leggen. Dit netwerk moet in kaart gaan brengen hoe de zoutconcentratie van het water rond het sluisencomplex varieert in de tijd.

Deze renovatie wordt Europees aanbesteed. In de aanbestedingsbrief moet beschreven worden aan welke eisen aannemers moeten voldoen. Een belangrijk onderdeel van de aanbestedingsbrief is daarom de paragraaf over het monitoringsnetwerk.

Opdracht:

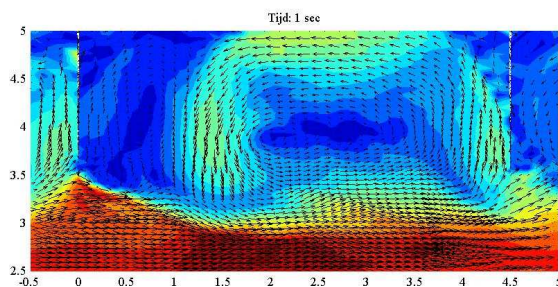
Schrijf in maximaal een half A4tje de paragraaf over het monitoringsnetwerk in de aanbestedingsbrief. Laat hierin zien dat je begrip hebt van de begrippen filters en aliasing. Als je aannames maakt over dimensies (afmetingen, etc.) meld deze dan duidelijk.

4. Voor een stedelijk gebied moet een meetplan worden ontworpen om vast te stellen of het gemengd rioolstelsel voldoet aan de eisen ten aanzien van lozing van gemengd overstortwater.
- Formuleer de doelstelling voor het meetplan.
  - Welke parameters moeten in elk geval gemeten worden?
  - Geef 3 mogelijke bronnen van onzekerheid in de uitkomsten van de metingen voor de parameters in het antwoord bij vraag b?

5. Twee situaties:

Waterstroming  $u \approx 1-2$  m/s

Luchtstroming  $u \approx 35$  m/s (orkaan)



- Bereken het getal van Mach voor deze water- en luchtstroming.
- Toon aan dat deze water- en luchtstroming als onsamendrukbaar kunnen worden beschouwd.

6. In een stroming over een brede stuw stellen we de afvoer per meter breedte (symbool  $q$  en eenheden  $m^3/s/m$  ofwel  $m^2/s$ ) slechts afhankelijk van de zwaartekrachtsversnelling ( $g$ ) en de hoogte van het wateroppervlak in het stuwmeer boven de kruin van de stuw ( $h$ ). Leidt uit dimensie-beschouwingen af hoe  $q$  met  $h$  varieert.

7. Als er sprake is van supersone condities, dan:

- is de relatieve dichtheidsverandering te verwaarlozen
- is de relatieve volumeverandering te verwaarlozen
- is het getal van Mach groter dan 1.

Vink aan welk(e) punt(en) juist is/zijn.

8. In een probleem spelen de volgende grootheden een rol:

Lengte  $l$

Hoogte  $h$

Dichtheid  $\rho$

Kinematische viscositeit  $\nu$

Zwaartekrachtsversnelling  $g$

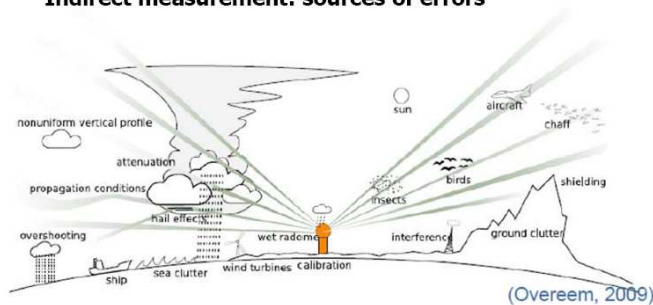
Snelheid  $U$

Ga na hoeveel onafhankelijke dimensieloze parameters hieruit gevormd kunnen worden en leid die af.

### Antwoord 1

- Zie dictaat
- Invloed van wind (eddies ontstaan door veranderende windstroming door gebouw) en het gebouw kan als een 'regenschild' werken (ene kant van het gebouw ontvangt meer regen dan de andere kant).
- De trechter van de tipping bucket kan deels verstopt zitten. Hierdoor sijpelt er slechts een deel van de neerslag door in het tipping mechanisme. De rest van de neerslag accumuleert in de trechter. De regenbui lijkt langer te duren, omdat het dit doorsijpelen net zolang duurt tot de trechter volledig geleegd is.
- Zie dictaat
- Kromming van de aarde, blocking by large showers, etc:

#### Indirect measurement: sources of errors



### Antwoord 2

a)  $t_a$  = actuele temperatuur,  $t_w$  = temperatuur van een natte thermometer,  $t_d$  condensatie punt

b)  $25\text{ °C} = t_a$  = actuele temperatuur  
 $17,5\text{ °C} = t_w$  = temperatuur van de natte thermometer (bol)

c)  $e_s(17.5) = 0.61 \exp\left(\frac{17.3 \cdot 17.5}{237 + 17.5}\right) = 2.0 \text{ [kPa]}$

d)  $e_a(t_a) - e_s(t_w) = -0,066(t_a - t_w)$   
 $e_a(t_a) - 2.0 = -0,066(25 - 17.5)$   
 $e_a(t_a) = 1.51 \text{ [kPa]}$

e) psychrometer constante =  $0.066 \text{ [kPa/°C]}$

f)  $h = \frac{e_a(t)}{e_s(t)}$

$$e_s(25) = 0.61 \exp\left(\frac{17.3 \cdot 25}{237 + 25}\right) = 3.18$$

$$h = \frac{e_a(t)}{e_s(t)} = \frac{1.51}{3.18} = 0.475 \text{ of te wel } 47.5\%$$

### Antwoord 3

-

### Antwoord 4

- Doelstelling: meten overstortvolume om vast te stellen of jaarlijks overstortvolume de maximaal toegestane waarde overschrijdt.
- Neerslag, overstortvolume, afgeleid van het verloop van de overstorthoogte boven de stuw tijdens overstortgebeurtenissen.
- Neerslag: de regenmeter kan hevige regenintensiteiten onderschatten, de regenmeter kan vervuild raken, de regenmeter kan niet goed gecalibreerd zijn waardoor deze een systematische afwijking geeft.
- Overstortdebiet afgeleid uit overstorthoogte boven stuw: de waterhoogte kan niet representatief zijn voor de water-/of energiehoogte boven de stuw (afhankelijk van de gekozen overstortformule), de overstortcoëfficiënt kan afwijken door vervuiling of vervorming van de stuwkruin (begroeiing van de overstortrand, beschadiging van de rand), de overstortcoëfficiënt kan afwijken doordat deze niet lokaal is gecalibreerd, de waterhoogtesensor kan afwijkingen vertonen (druksensor door nulpuntverloop, akoestische sensor door valse weerkaatsing van het signaal)

### Antwoord 5

water:  $u \approx 1-2$  m/s     $c = 1480$  m/s     $Ma \approx 10^{-3}$      $\Delta V/V \approx 10^{-6}$   
orkaan:  $u \approx 35$  m/s     $c = 340$  m/s     $Ma \approx 10^{-1}$      $\Delta V/V \approx 10^{-2}$

Relatieve volumeveranderingen zijn dus verwaarloosbaar klein  $\rightarrow$  onsamendrukbaar

### Antwoord 6

Er is gegeven dat de afvoer per eenheid van breedte (oftewel het specifieke debiet)  $q$  slechts een functie is van de zwaartekrachtsversnelling ( $g$ ) en de hoogte van het wateroppervlak in het stuwmeer boven de kruin van de stuw ( $h$ ), dus kunnen we schrijven:

$$q = h^a g^b$$

en dus moet voor de dimensies van de parameters gelden:

$$[q] = [h]^a [g]^b$$
$$L^2 T^{-1} = L^a L^b T^{-2b}$$

$$\rightarrow 2 = a + b$$

$$-1 = -2b$$

$$\rightarrow b = \frac{1}{2}, a = \frac{3}{2} \rightarrow q = h^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}}$$

### Antwoord 7

Als er sprake is van supersone condities, dan is het getal van Mach groter dan 1.

### Antwoord 8

Schrijf eerst de dimensies van de grootheden op:

$$l \quad L$$

$h$	$L$
$v$	$L^2/T$
$g$	$L/T^2$
$u$	$L/T$

Buckingham pi-theorema: Als we te maken hebben met  $I$  grootheden en  $J$  dimensies, dan kunnen we het aantal van  $I-J$  dimensieloze grootheden vormen.

In dit geval:  $I=5$  en  $J=2$  ( $L, T$ ), dus we kunnen 3 dimensieloze grootheden vormen. Vorm de eerste dimensieloze parameter door  $l$  en  $h$  te delen:  $l/h$  of  $h/l$ .

Daarna vormen we de tweede door met  $u$  te beginnen en de dimensie  $T$  te elimineren met  $g$  (dus  $u/\sqrt{g}$ ), daarna elimineren we  $L$  met  $h$ , en vinden we  $u/\sqrt{gh}$  ( $=Fr!$ ).

De derde parameter vinden we nu door te starten met  $v$  en de dimensie  $T$  te elimineren met  $u$  (dus  $v/u$ ) en vervolgens  $L$  te elimineren met  $l$ . We vinden dan de derde dimensieloze parameter  $v/(lu)$  ( $=1/Re!$ ).