

Hoofdstuk 4. Bewatering

4.1 Grootte van de wateropslag berekenen

Op de internetsite van het KNMI staan neerslag - en referentie gewasverdamping gegevens, gemeten in zeer veel plaatsen in ons land gedurende 2013.

http://www.knmi.nl/klimatologie/monv/pdf/monv_201313.pdf

Opdracht

Maak een grafiek voor de referentie gewasverdamping en de neerslag gedurende 2013.

In de zomer zie je een verschil tussen weinig neerslag en veel verdamping. Dit oppervlakte in de grafiek is uit te drukken L/m^2 ($L = 1 \text{ mm}/m^2$).

Kies zelf een glastuinbouwbedrijf.

Bereken het totale tekort aan regenwater voor dit bedrijf, dat door reparatie van het waterbassin geen regenwater kan opslaan.

Bereken het maximale totale watertekort voor een hete zomerse dag.

Bereken het geadviseerde volume wateropslag voor dit bedrijf met toelichting.

4.2 Vloeistofleer

Debiet is een natuurkundige eenheid voor een doorstromend medium uitgedrukt als de hoeveelheid van een vloeistof of gas per tijdseenheid. De eenheid wordt toegepast in de stromingsleer, hydrologie, geografie, civiele techniek, de meet- en regeltechniek en procestechniek. In de pomptechniek wordt vaak de term opbrengst gebruikt.

$$Q = \frac{V}{t}$$

waarbij

Q = debiet

V = volume

t = tijd

De eenheid wordt doorgaans uitgedrukt in m^3/s . Maar waar dit in de praktijk leidt tot onhandige getallen worden ook afgeleide eenheden gebruikt als m^3/d , m^3/h , l/s of l/h .

Debiet kan in plaats van volume ook als massadebiet uitgedrukt worden (bijvoorbeeld als kg/s).

Vloeistoffen

In de hydrologie staat debiet voor de hoeveelheid water die een rivier of beek per tijdseenheid transporteert of afvoert. Het jaargemiddelde debiet van de Rijn aan de Nederlands-Duitse grens bedraagt bijvoorbeeld 2200 kubieke meter per seconde.



De debietmeter is een meetinstrument, waarmee het debiet van water gemeten kan worden door buizen en pijpen. Het debiet van grotere waterlopen kan alleen berekend worden uit dwarsdoorsneden en stroomsnelheidsmetingen, of stijgsnelheden van de waterspiegel in bassins aan het eind van de waterloop (stuwmeren).

Omgekeerd kan wanneer het debiet bekend is, de gemiddelde stroomsnelheid van het water op een zekere locatie worden bepaald door deze te delen door de oppervlakte van de doorsnede van de waterloop, $v = Q / A$, er geldt immers:

$$Q = Av$$

waarbij

Q het debiet,

A de oppervlakte van de doorsnede

v de snelheid van de vloeistof

In deze vorm heeft de formule overeenkomst met de wet van Ohm ($U = I \cdot R$) voor elektriciteit, waarbij $Q \leftrightarrow U$, $A \leftrightarrow R$ en $v \leftrightarrow I$. Hierdoor kan stroming van water gemodelleerd worden in een analoge computer.

De dwarsdoorsnede-gemiddelde stroomsnelheid in Rijntakken in Nederland varieert van 0,5 tot 1,5 m/s, corresponderend met een A van 1500 tot 4400 m².

Wet van Bernoulli

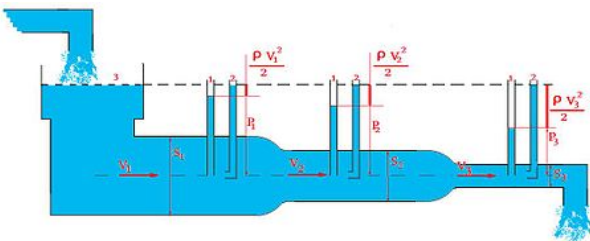


Fig. 106 De Bernoullivergelijking op drie punten in een buis

De wet van Bernoulli is een natuurkundige wetmatigheid die het stromingsgedrag van vloeistoffen en gassen beschrijft, en de drukveranderingen aan hoogte- en snelheidsveranderingen relateert. Het is een wet uit de aero- en hydrodynamica, die in de achttiende eeuw werd beschreven door Daniel Bernoulli.

Een van de natuurkundige effecten die de wet beschrijft, is dat een toename in de snelheid van een vloeistof of gas gepaard gaat met een verlaging van de druk in die vloeistof of dat gas.

Beschrijving

De wet is genoemd naar Daniel Bernoulli, hoewel het Leonhard Euler was die de vergelijking in de navolgende vorm als eerste afleidde. De formule is, onder strenge voorwaarden, een vereenvoudigde vorm van de wet van behoud van energie. In feite formuleert de wet het behoud van de energiedichtheid langs een stroomlijn voor stationaire stromingen in onsamendrukbare en niet-viskeuze media met constante (massa)dichtheid. Langs een stroomlijn geldt:



$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p = \text{constant}$$

Hierin is:

v de snelheid (m/s)

g de valversnelling (m/s²)

h het hoogteverschil (m)

p de druk (Pa)

ρ de (massa)dichtheid (kg/m³)

In de formule zien we de kinetische energiedichtheid of dynamische druk $\frac{1}{2}\rho v^2$ en de gravitatiedruk ρgh .

Omgerekend naar lengte-eenheden levert dit voor het totale energieniveau H [m] van de stromende vloeistof:

$$\frac{v^2}{2g} + h + \frac{p}{\rho g} = H.$$

Hierin is $h + \frac{p}{\rho g}$ het zogenaamde piëzometrisch niveau en $\frac{v^2}{2g}$ de snelheidscomponent.

Uitbreiding

De wet kan uitgebreid worden door toe te laten dat de temperatuur van het medium langs de stroomlijn verandert:

$$\frac{1}{2}v^2 + gh + \frac{p}{\rho} + \frac{u}{g} = \text{constant}$$

u: dichtheid van de energie-inhoud van het medium (indien het medium opgewarmd wordt, stijgt u)

De wet is van toepassing als de volgende aannames van toepassing zijn:

Viscositeit = 0

Stationaire stroming

ρ is constant

De wet geldt alleen voor twee punten op dezelfde stroomlijn.

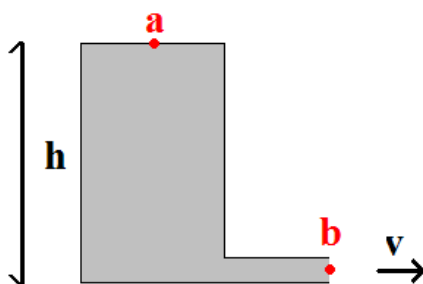


Fig. 107 Wet van Toricelli



Aan de hand van deze vergelijking kan de wet van Torricelli, waarmee de snelheid van water onderaan een vrij reservoir berekend wordt, aangetoond worden:

$$\frac{1}{2}v_a^2 + gh_a + \frac{p_a}{\rho} + \frac{u_a}{g} = \frac{1}{2}v_b^2 + gh_b + \frac{p_b}{\rho} + \frac{u_b}{g}$$

We verwaarlozen de term v_a , stellen $p_a=p_b$ (vrij reservoir), nemen $h_a=0$ en $h_b=-h$, en veronderstellen dat de inwendige energie van het water niet verandert; dan wordt de formule:

$$0 = \frac{1}{2}v_b^2 - gh \Rightarrow v_b = \sqrt{2gh}$$

Toepassingen

De Wet van Bernoulli wordt onder andere gebruikt in berekeningen aan een pitotbuis. Een veelgebruikte afgeleide formule van de wet binnen de procestechnologie is:

$$p_a + \rho gh_a + \frac{1}{2}\rho v_a^2 = p_b + \rho gh_b + \frac{1}{2}\rho v_b^2 + \Delta p_f$$

Hierin is:

p_a de druk in punt a (als voorbeeld kan bovenstaande afbeelding gebruikt worden)

ρ de dichtheid van de vloeistof

g de valversnelling

h_a de (relatieve) hoogte in punt a

v_a de stroomsnelheid in punt a

p_b de druk in punt b

h_b de (relatieve) hoogte in punt b

v_b de stroomsnelheid in punt b

Δp_f de drukval als gevolg van wrijving.

Deze formule kan natuurlijk ook uitgebreid worden voor meer dan twee punten. In principe is het mogelijk om oneindig veel punten te beschrijven. Voor n punten ziet de formule er als volgt uit:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \Delta p_{f(1,2)} = \dots = p_n + \rho gh_n + \frac{1}{2}\rho v_n^2 + \Delta p_{f(n-1,n)}$$

In de volgende internetsites staat deze wet van Bernoulli in andere woorden uitgelegd met 8 bijbehorende vragen met uitwerkingen.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20theorie.pdf>

Zo kan je zelf jouw antwoorden controleren.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20uitwerkingen.pdf>

In de volgende internetsite staan nog meer opgaven mét uitwerkingen.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20toetsen.pdf>

Vraag

Leg aan de hand van de wet van Bernouille uit waarom de pvc buizen nabij een waterbassin een grotere doorsnede bevatten dan verder van het waterbassin.

