

## Praktijkopdracht Flowmeting met GUNT HM 122 proefopstelling



Naam studenten: Lourens Soldaat (s1007323), Gjalt Nieuwenhuis (s1067860)

Naam docent: Roy van der Laan

21 september 2021

Hogeschool Windesheim

Vak Pro PIE '21/'22 module I

## Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
2. Principes van drukmeting .....	3
3. Praktijkmetingen Gunt proefopstelling.....	4
3.1. Opdracht 5.2.....	4
3.2. Opdracht 5.3.....	4
3.3. Opdracht 5.4.....	9
3.4. Opdracht 5.5.....	9
3.5. Opdracht 5.8.....	11
4. Samenvatting.....	12
5. Literatuurlijst.....	12

## 1. Inleiding

Op de eerste dag van het schooljaar zijn we gestart met de proefopstelling van Gunt. Enige onduidelijkheid in de opdracht en een handleiding van 136 pagina's in het Engels hebben ervoor gezorgd dat we niet echt lekker van start gingen. De verkregen meetresultaten riepen daarom een aantal vragen op. Daarom hebben we thuis eens rustig uitgezocht hoe de proefopstelling nu precies werkt. De conclusie hieruit was dat we op school bij het doen van de metingen niet helemaal de juiste werkwijze hadden gevolgd. Om die reden hebben we een week later de tijd genomen om vooraf het systeem op de juiste wijze te ontluchten en hebben we alle metingen opnieuw gedaan. De gevolgde stappen die hiervoor nodig zijn, zijn terug te lezen onder 3.1 (opdracht 5.2).

## 2. Principes van drukmeting

Met behulp van de wet van Bernoulli is te berekenen wat het verband is tussen druk, snelheid en hoogte. In deze proef zitten de leidingen op 1 lijn, dus is de hoogte verwaarloosbaar.

De wet luidt als volgt:

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

Hierin is:

$\rho$  de (massa)dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  de snelheid (m/s)

$g$  de valversnelling (m/s<sup>2</sup>)

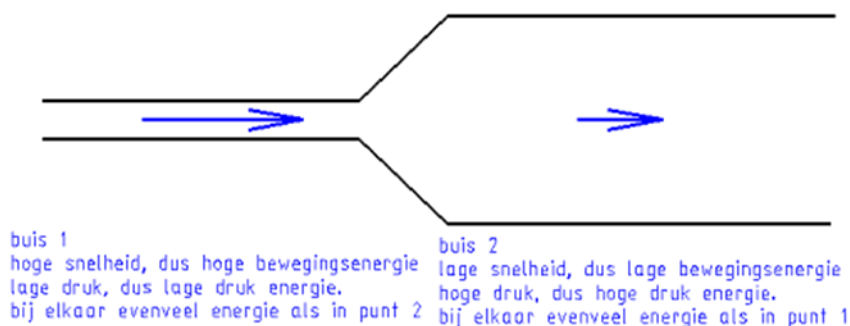
$h$  het hoogteverschil (m)

$p$  de druk (Pa)

Figuur 1 Wet van Bernoulli, (wet van Bernoulli 2004)

Als er lucht of een vloeistof door een leiding stroomt gaan de moleculen (bijna)allemaal dezelfde kant op. Ze botsen dus minder vaak tegen de wanden van de buis en hierdoor is de druk ook lager. Hoe hoger dus de snelheid, hoe lager de druk

Hieruit is af te leiden dat bij dezelfde snelheid in een leiding er verschil in druk ontstaat tussen twee verschillende meetpunten. Als er drukverlies opspeelt in een leiding, betekent dit dat de snelheid hoger is geworden, en als er druktoename is vice versa. Zie onderstaande afbeelding.



Figuur 2 Verhouding druk en snelheid (Geurt, P. sd)

### 3. Praktijkmetingen Gunt proefopstelling

#### 3.1. Opdracht 5.2 Principes van drukmeting

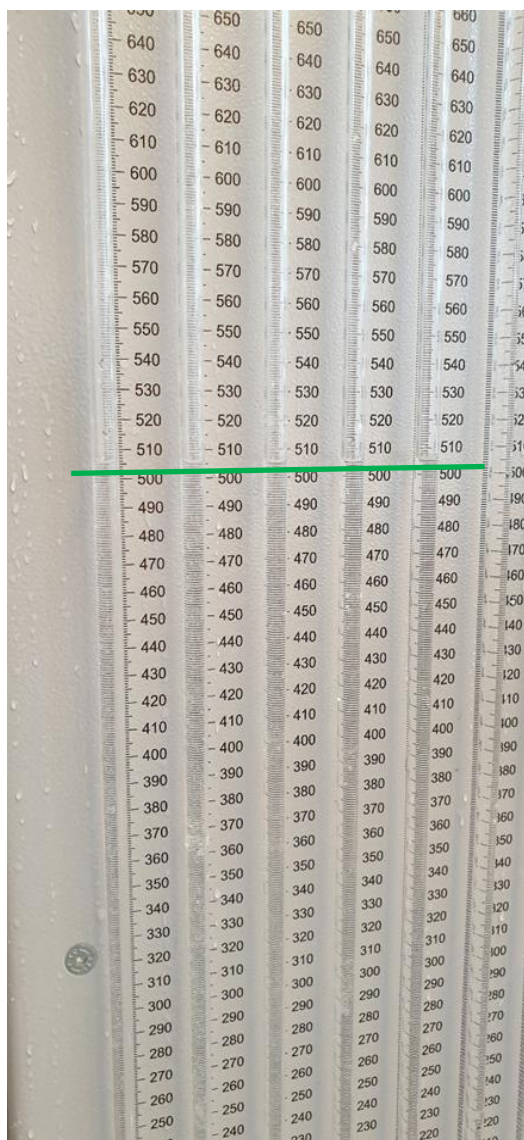
De eerste belangrijke stap die moet worden gezet voordat je drukverschil kunt gaan meten is dat je het systeem goed moet ontluchten nadat je alle slangen hebt aangesloten. Door nu het ontluichtingsventiel dicht te draaien en het reinigingsventiel (Purging) open te draaien zal bij het aanzetten van de pomp alle lucht uit het systeem verwijderd worden. Eventueel kan doormiddel van het knijpen van V7(retourafsluiter) extra druk opgebouwd worden waardoor dit sneller gaat. Als eenmaal alle lucht eruit is kan het reinigingsventiel weer gesloten worden en de pomp worden uitgezet. In de handleiding stond aangegeven dat eerst de pomp uit moest, maar hierdoor ontstond daarna weer lucht in de leiding. Nadat we deze stappen waren omgedraaid hadden we daar geen last meer van. Om nu een zo maximaal mogelijk meetbereik te kunnen krijgen moet het nulpunt voor je meting worden ingesteld in het midden (of onderste gedeelte) van de buismanometer. Alle aangesloten buizen van de buismanometer staan nu volledig vol water. Door nu het ventilatieventiel langzaam een stukje open te draaien kan er lucht in de manometerbuizen lopen en zal het waterpeil zakken. Kies nu een geschikte hoogte voor het te verwachten meetbereik. Wij hebben voor onderstaande metingen steeds een nulpunt halverwege manometerbuizen gekozen +/- 500 mmWK (Figuur 3).

Vervolgens kan er gestart worden met het uitvoeren van de drukverschilmeting. Door met het fijnregelventiel (V10) het gewenste debiet in te stellen is bij verschillende flow het drukverschil tussen de waterkolommen in mmWK af te lezen (Figuur 4) en naar verschillende drukeenheden om te zetten. Wel is het van belang dat de metingen worden uitgevoerd met een gesloten ventilatie- en reinigingsventiel.

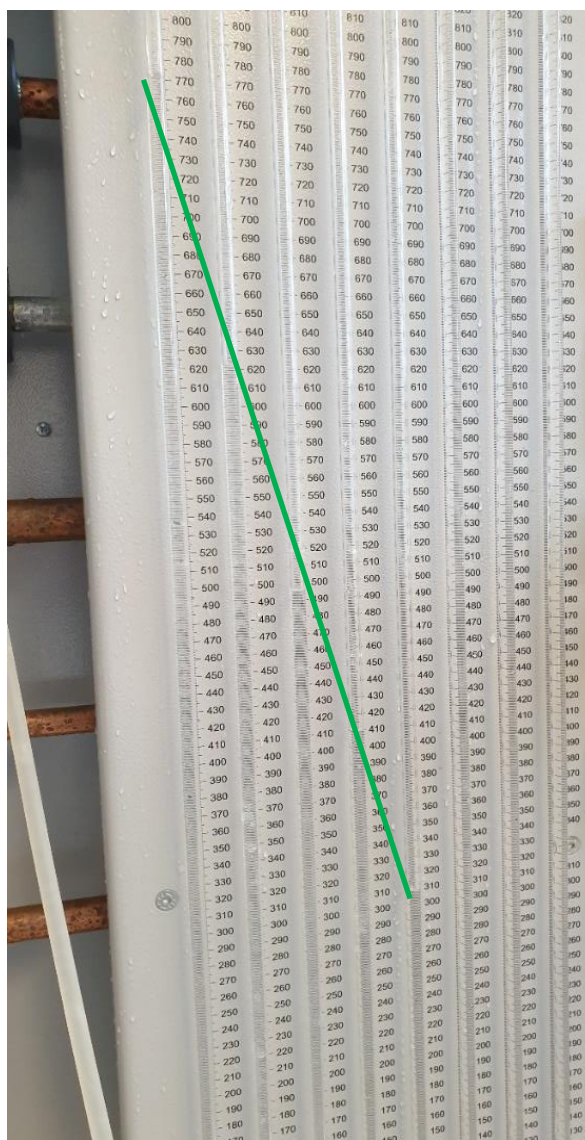
Als alle metingen zijn gedaan is het goed om de buismanometer en de aangesloten leidingen af te tappen en te ventileren. Zodra de pomp uit is kan het ventilatieventiel geopend worden en de meetslangen via de nippels op tank B2 worden gedraineerd.

#### 3.2. Opdracht 5.3 Bepaling van de wrijvingscoëfficiënt van de pijp voor verschillende pijpen

De eerste opdracht was om te ontdekken welke wrijvingscoëfficiënt er is voor verschillende soorten leidingen. Bij opdracht 5.3 hebben we daarom metingen gedaan bij verschillende soorten leidingen en van verschillende diameters. De bovenste leiding op de proefopstelling is een koperleiding van Ø28 mm. In de onderstaande figuren 3 (nullijn) voor de meting en Figuur 4 tijdens de meting is duidelijk te zien dat de druk val over de leiding recht evenredig is met het verhogen van de flow.



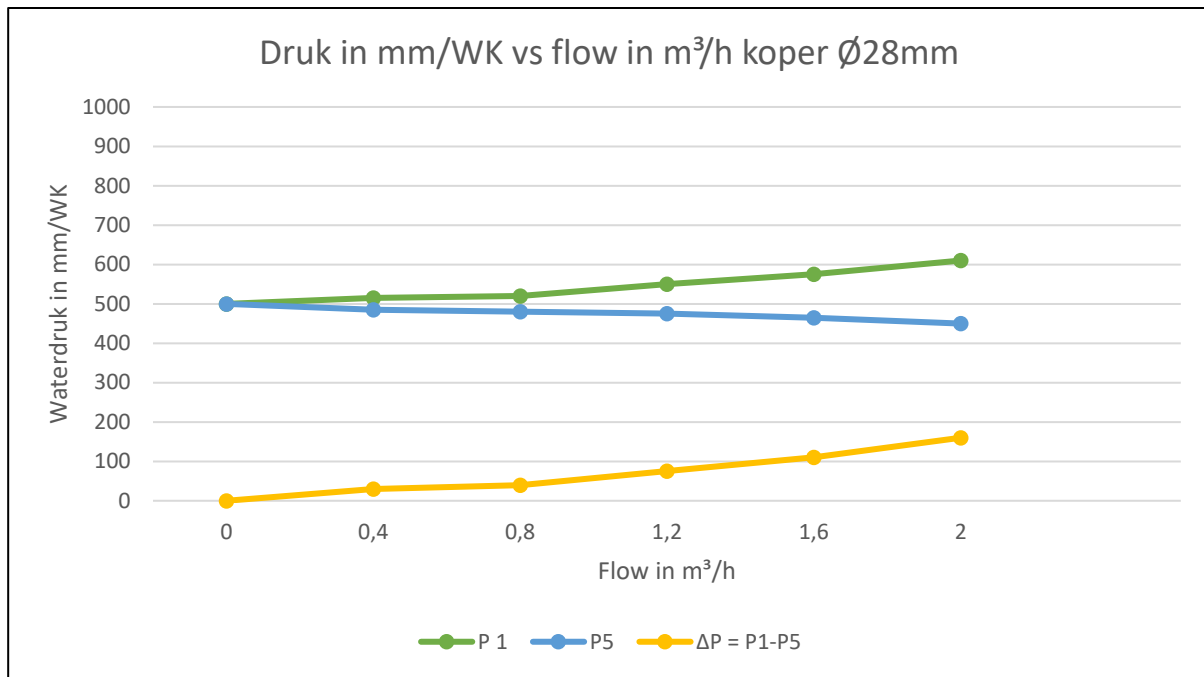
Figuur 3 Nulpunt instelling voor de meeting



Figuur 4 Resultaat drukverschil koperleiding  $\varnothing$  22 mm

HM 122	Opdracht 5.3	Principles of pressure measurement		
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: $\varnothing$ 28x1 mm, di $\varnothing$ 26 mm		
V in m <sup>3</sup> /h	P1 in mmWK	P5 in mmWK	$\Delta P = P1 - P5$ in mmWK	Lengte leiding P1>P5
0,00	500	500	0	220cm
0,40	515	485	30	220cm
0,80	520	480	40	220cm
1,20	550	475	75	220cm
1,60	575	465	110	220cm
2,00	610	450	160	220cm

Tabel 1 Flowmeting koperleiding  $\varnothing$  28mm



Grafiek 1 Flowmeting koperleiding Ø 28 mm

Bernoulli gaat echter uit van ideale vloeistoffen, maar in werkelijkheid hebben we bij vloeistofstromen te maken met de inwendige wrijving, de inwendige diameter van de leiding en de soort vloeistof. Het verband hiertussen is vastgelegd in het zogenaamde Reynoldsgetal. (Piping Design -Wet van Bernoulli.) (z.d.).

$$Re = \frac{v \cdot \rho \cdot d}{\eta}$$

$v$  = gemiddelde stroomsnelheid  
 $\rho$  = dichtheid van de vloeistof  
 $d$  = inwendige diameter  
 $\eta$  = dynamische viscositeit van de vloeistof

Figuur 5 Formule berekening Reynoldsgetal

Het Reynoldsgetal heeft geen dimensiegetal. Er zijn drie verschillende categorieën:

- $Re \leq 3000(2300)$  : stroming is laminair
- $Re \geq 6000$  : stroming turbulent
- $3000 \leq Re \leq 6000$  : overgangsgebied

Omdat vloeistoffen dus nooit ideaal zijn, betekent dat ook dat ze tijdens stroming wrijving met de leidingwand ondervinden. Dit zorgt voor een verlies in energie wat terug te zien is als drukverlies over een bepaalde lengte van de leiding. De grootte van dit drukverlies kunnen we berekenen met de formule:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

$\lambda$  = wrijvingscoëfficiënt  
 $l$  = lengte van de leiding  
 $d$  = inwendige diameter van de leiding  
 $\rho$  = dichtheid van de vloeistof  
 $v$  = stroomsnelheid van de vloeistof

Figuur 6 Formule berekening drukverlies



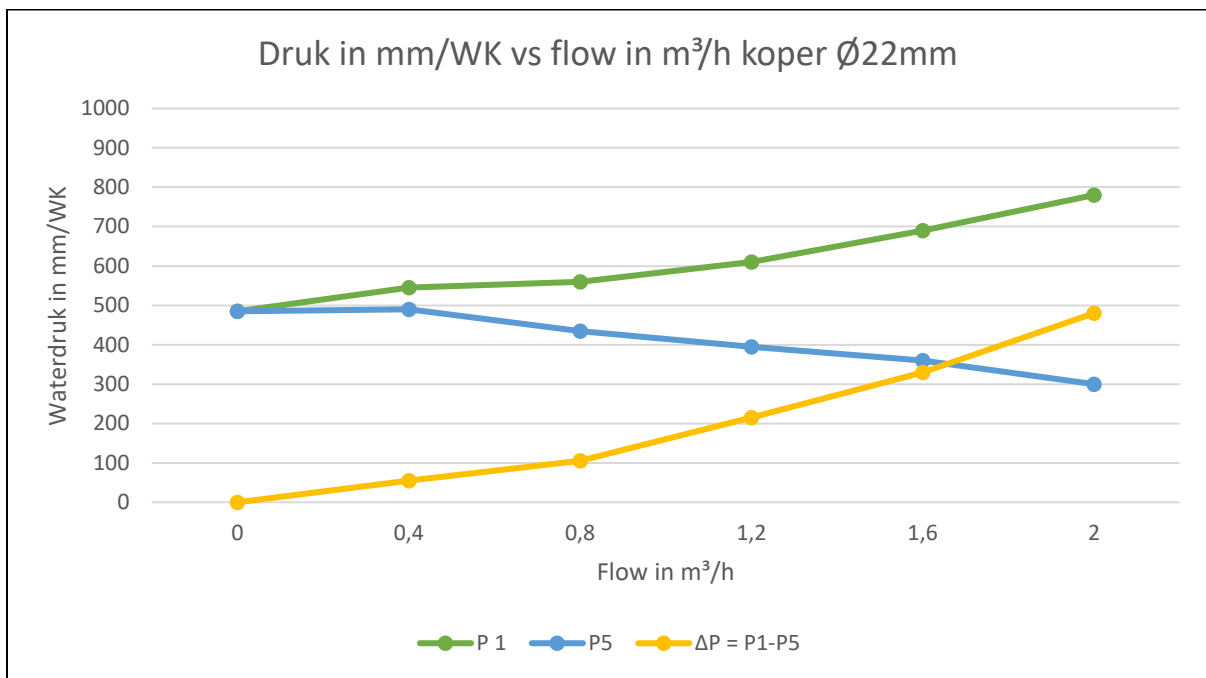
### Conclusie:

Het drukverlies heeft een constante waarde in verhouding tot toegenomen flow. Dit betekent dat  $\Delta p$  groter wordt, naarmate er meer flow is. Uit de wet van Bernoulli is dan te achterhalen dat de snelheid is toegenomen.

De tweede leiding op de proefopstelling is een koperleiding van  $\varnothing 22$  mm. In de onderstaande tabel 2 en grafiek 2 van de meting is duidelijk te zien dat ook hier het drukverval over de leiding recht evenredig is met het verhogen van de flow. Echter hier is ook te zien dat  $\Delta p$  veel groter is dan bij de leiding van  $\varnothing 28$  mm.

HM 122	Opdracht 5.3	Principles of pressure measurement		
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: $\varnothing 22 \times 1$ mm, di $\varnothing 20$ mm		
V in m <sup>3</sup> /h	P1 in mmWK	P5 in mmWK	$\Delta P = P1 - P5$ in mmWK	Lengte leiding P1>P5
0,00	485	485	0	220cm
0,40	545	490	55	220cm
0,80	560	435	105	220cm
1,20	610	395	215	220cm
1,60	690	360	330	220cm
2,00	780	300	480	220cm

Tabel 2 Flowmeting koperleiding  $\varnothing 22$  mm



Grafiek 2 Flowmeting koperleiding  $\varnothing 22$  mm

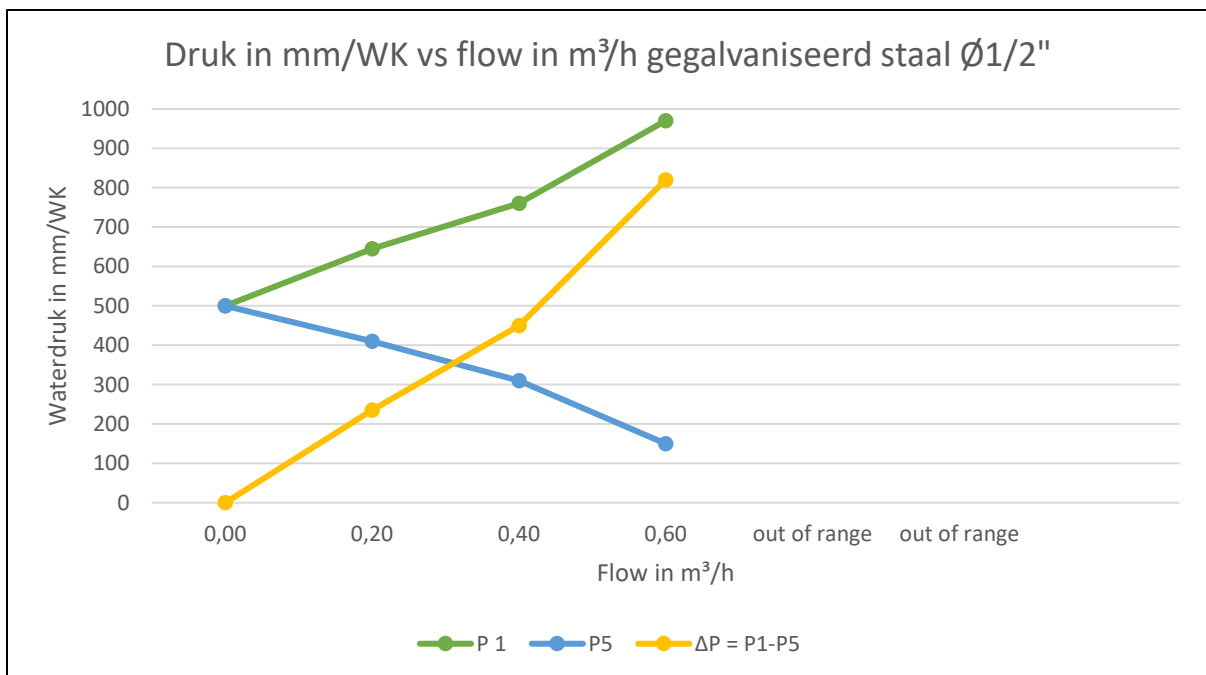
### Conclusie:

Bij een leiding met een kleinere diameter, is het drukverschil  $\Delta p$  groter bij een gelijke flow dan bij een leiding met grotere diameter. In een buis met kleinere diameter neemt dus de snelheid over een gelijke afstand verder toe.

De derde leiding op de proefopstelling is een stalen leiding van  $\varnothing 22$  mm, dezelfde diameter als de vorige leiding. In de onderstaande tabel 3 en grafiek 3 van de meting is duidelijk te zien dat ook hier het drukverval over de leiding recht evenredig is met het verhogen van de flow. Het verschil is hier, dat  $\Delta p$  weer veel meer toeneemt over dezelfde afstand en bij dezelfde flow als bij een leiding van koper. Bij een flow groter dan  $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$  waren de waarden niet meer af te meten in de waterkolommen. We hebben bij deze leiding dus kleinere stappen gemaakt in het verhogen van de flow. De wanddikte van de stalen buis is dikker dan bij de koperen buis, hierdoor is de binnendiameter wel kleiner.

HM 122	Opdracht 5.3	Principles of pressure measurement		
Leidingmateriaal: Gegalvaniseerd staal		Diameters: buiten $\varnothing \frac{1}{2}$ ", di $\varnothing 16$ mm		
V in $\text{m}^3/\text{h}$	P1 in mmWK	P5 in mmWK	$\Delta P = P1 - P5$ in mmWK	Lengte leiding P1>P5
0,00	500	500	0	220cm
0,20	645	410	235	220cm
0,40	760	310	450	220cm
0,60	970	150	820	220cm
0.80	Out of range			220cm

Tabel 3 Flowmeting gegalvaniseerde stalen leiding  $1/2"$



Grafiek 3 Flowmeting gegalvaniseerde stalen leiding  $1/2"$

#### Conclusie:

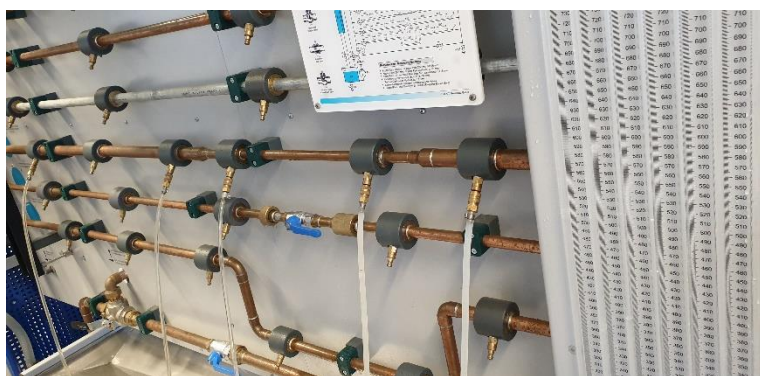
Bij een stalen buis is het drukverschil over eenzelfde afstand en met eenzelfde buitendiameter veel groter dan bij een koperen buis. Zowel het materiaal als de kleinere binnendiameter resulteren in een groter drukverschil.



### 3.3. Opdracht 5.4 Bepaling van drukverliezen voor veranderingen van leidingdoorsnede afhankelijk van stroomsnelheid

HM 122	Opdracht 5.4	Determination of pressure losses for changes of pipe cross-section depending on flow rate		
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: Ø 28x1 mm, di Ø 20 mm naar Ø18x1, diØ16mm		
V in m³/h	P3=Ø28 x1 in mmWK	P4= Ø18x1 in mmWK	P5= Ø18x1 in mmWK	P6= Ø28x1 in mmWK
0,00	520	520	520	520
0,40	560	520	495	505
0,80	610	490	435	460
1,20	685	470	370	415
1,60	790	430	280	360
2,00	920	390	180	290

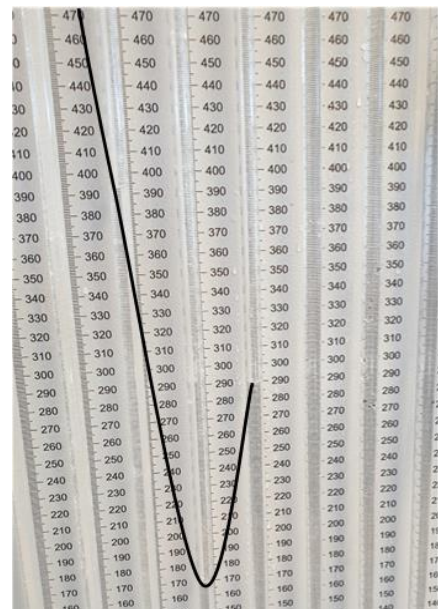
Tabel 4 Drukverliezen bij verandering van leidingdoorsnede



Figuur 3 Aansluiting van de proefopstelling verandering van leidingdoorsnede

Conclusie:

Bij een vernauwing neemt de druk af en dus de snelheid van het water toe. Bij een verdikking neemt de snelheid weer af en juist de druk weer toe.



Figuur 4 Gemeten drukverschil bij tabel 4

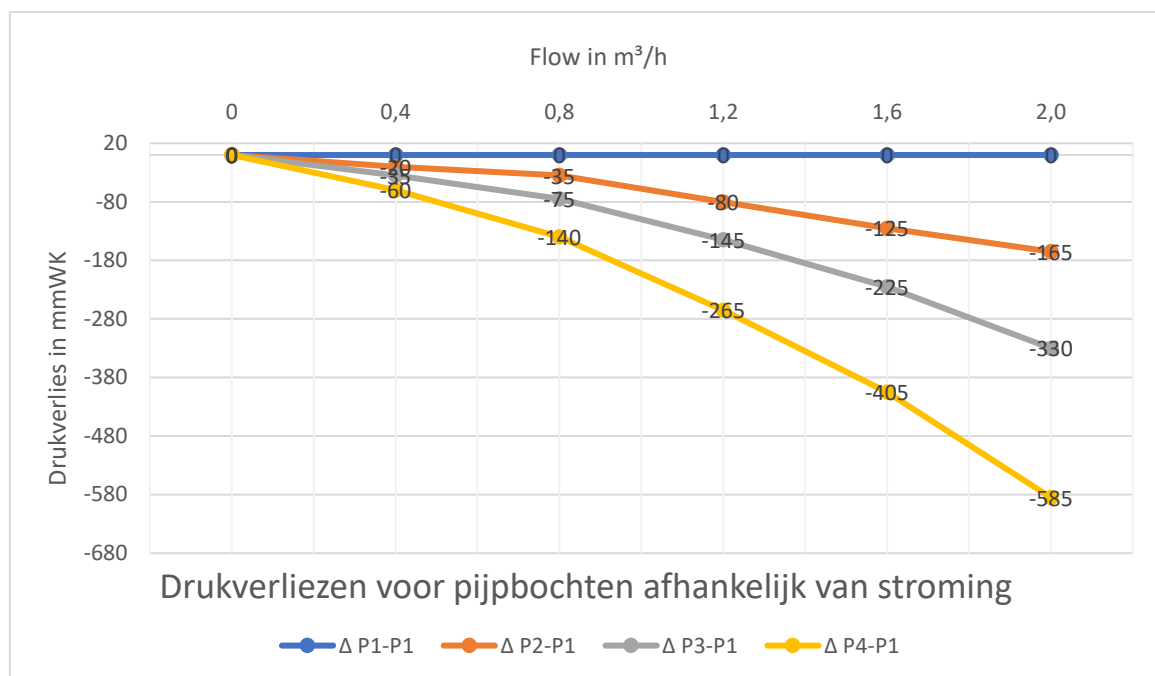
### 3.4. Opdracht 5.5 Bepaling van drukverliezen voor pijpbochten afhankelijk van stroming

HM 122	Opdracht 5.5	Determination of pressure losses for pipe elbows depending on flow rate		
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: Ø 22x1 mm, di Ø 20 mm voorzien van 4 bochten 90° (2 x bocht en 2 x knie)		
V in m³/h	P1=Voor 1 <sup>e</sup> bocht in mmWK	P2= na 2 <sup>e</sup> bocht in mmWK	P3=voor 1 <sup>e</sup> knie in mmWK	P4= na 2 <sup>e</sup> knie in mmWK
0,00	490	490	490	490
0,40	540	520	505	480
0,80	565	530	490	425
1,20	640	560	495	375
1,60	725	600	500	320
2,00	830	665	500	245

Tabel 5 Drukverliezen van een bocht t.o.v. een knie

HM 122	Opdracht 5.5	Determination of pressure losses for pipe elbows depending on flow rate		
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: $\varnothing$ 22x1 mm, di $\varnothing$ 20 mm voorzien van 4 bochten 90° (2 x bocht en 2 x knie)		
V in m <sup>3</sup> /h	$\Delta P1 - P1$ voor 1 <sup>e</sup> bocht in mmWK	$\Delta P2 - P1$ na 1 <sup>e</sup> bocht in mmWK	$\Delta P3 - P2$ tussen 2 <sup>e</sup> en 3 <sup>e</sup> bocht in mmWK	$\Delta P4 - P3$ na 2 <sup>e</sup> knie in mmWK
0,00	0	0	0	0
0,40	0	-20	-15	-25
0,80	0	-35	-40	-65
1,20	0	-80	-65	-120
1,60	0	-125	-100	-180
2,00	0	-165	-165	-255

Tabel 6  $\Delta P$  van bocht in een leiding t.o.v een knie



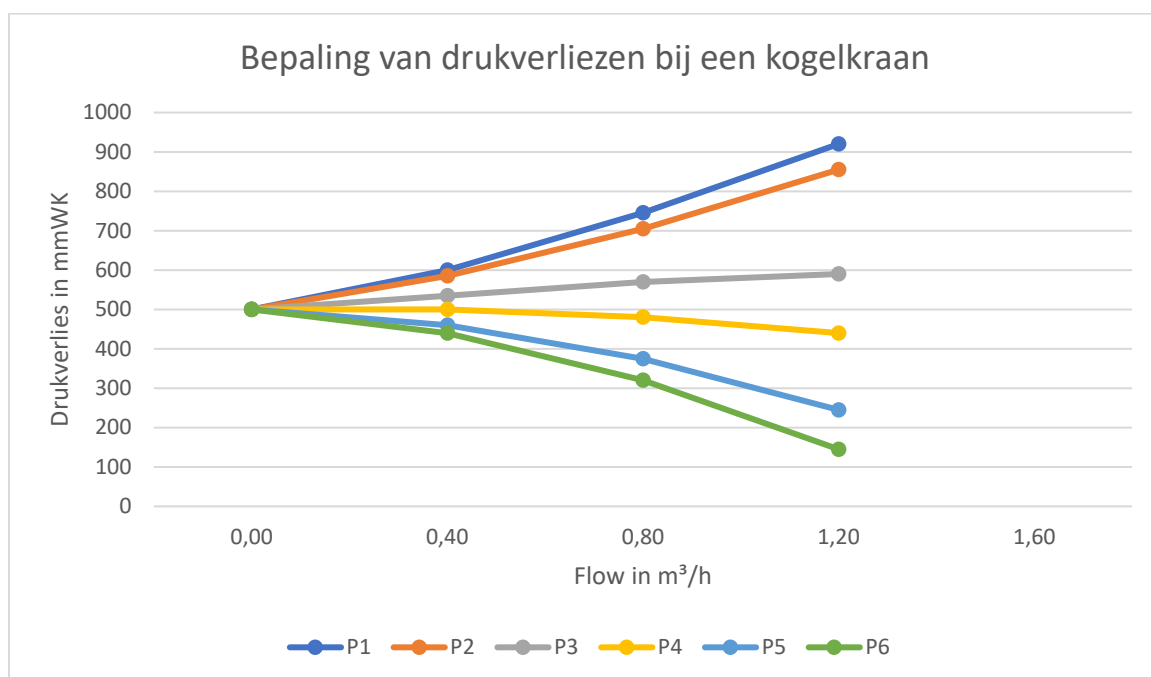
Grafiek 4  $\Delta P$  na bocht/knie t.o.v. meetpunt P1

#### Conclusie:

Het is duidelijk zichtbaar in de grafiek dat bochten en knie zorgen voor een behoorlijk drukverlies in een leiding. Daarom moet er bij het aanleggen van leidingen dan ook rekening mee gehouden worden dat er niet te veel bochten (knieën) in een leiding komen. Het toepassen van een bocht is gezien het verschil in drukverschil tussen bocht en knie dan ook aan te bevelen.

### 3.5. Opdracht 5.8 Bepaling van drukverliezen voor buisfittingen

HM 122	Opdracht 5.8	Determination of pressure losses for pipe fittings				
Leidingmateriaal: Koper		Diameters: Ø 22x1 mm, di Ø 20 mm				
V in m <sup>3</sup> /h	P1 voor kogelkraan in mmWK	P2 voor kogelkraan in mmWK	P3 voor kogelkraan in mmWK	P4 na kogelkraan in mmWK	P5 na kogelkraan in mmWK	P6 na kogelkraan in mmWK
0,00	500	500	500	500	500	500
0,40	600	585	535	500	460	440
0,80	745	705	570	480	375	320
1,20	920	855	590	440	245	145
1,60	Out of range					



#### Conclusie:

Een afsluiter zorgt voor groter drukverval op een leiding, zelfs als de afsluiter volledig open is gezet. Hoe hoger de flow voor de afsluiter hoe groter de druk (P1 t/m P3). Na de afsluiter (P4 t/m P6) de druk neemt af als de flow toeneemt.

## 4. Samenvatting

Met de proefopstelling Gunt HM122 hebben we metingen gedaan aan verschillende leidingenmaterialen, leidingdiameters, leidingbochten en leidingappendages. Het heeft even tijd gekost om de werking van de proefopstelling onder de knie te krijgen, maar daarna hebben we aan de hand van metingen en het verwerken hiervan een beter inzicht gekregen in wat flow doet op de verschillen bij die leidingen. Onderstaand alle conclusies bij elkaar.

Conclusie 1: Het drukverlies heeft een constante waarde in verhouding tot toegenomen flow. Dit betekent dat  $\Delta p$  groter wordt, naarmate er meer flow is. Uit de wet van Bernoulli is dan te achterhalen dat de snelheid is toegenomen.

Bij een leiding met een kleinere diameter, is het drukverval groter bij een gelijke flow dan bij een leiding met grotere diameter. In een buis met kleinere diameter neemt dus de snelheid over een gelijke afstand, meer toe.

Conclusie 2: Bij een stalen buis is het drukverval over eenzelfde afstand en met eenzelfde buitendiameter veel groter dan bij een koperen buis. Zowel het materiaal als de kleinere binnendiameter resulteren in een groter drukverschil.

Conclusie 3: Bij een vernauwing neemt de druk af en dus de snelheid van het water toe, en bij een verdikking van de leiding werkt dit vice versa.

Conclusie 4: een bocht zorgt voor een kleiner drukverval in een leiding dan een knie. Maar het is van groot belang om rekening te houden met het aantal bochten in een leiding.

Conclusie 5: Een afsluiter zorgt voor groter drukverval op een leiding, zelfs als de afsluiter open is gezet.

## 5. Literatuurlijst

Geurts, P. (sd). Bernoulli. Opgehaald van [www.zeiltheorie.nl](http://www.zeiltheorie.nl/bernoulli.html):  
<http://www.zeiltheorie.nl/bernoulli.html>

Wet van Bernoulli. (2004). Opgehaald van Wikipedia:  
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Wet\\_van\\_Bernoulli](https://nl.wikipedia.org/wiki/Wet_van_Bernoulli)

Piping Design -Wet van Bernoulli. (z.d.). [www.pipingdesign.nl](http://www.pipingdesign.nl). Geraadpleegd op 20 september 2021, van <http://www.pipingdesign.nl/mbo%20piping/pagina3-1-2-1.htm>