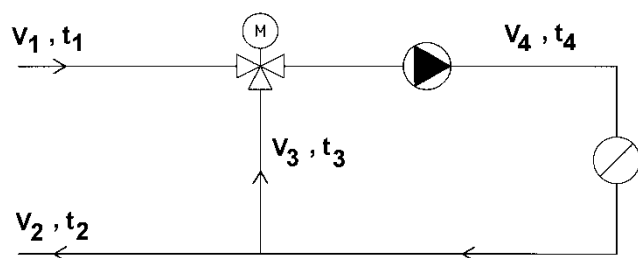


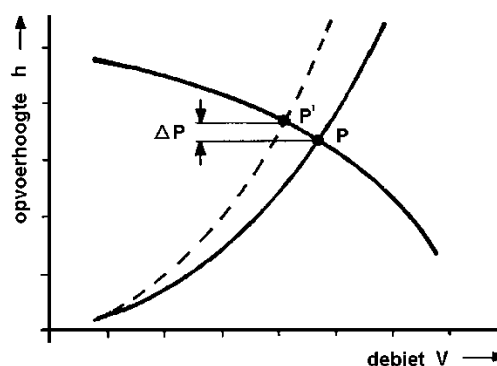
# Straalpompen (type 480)

Energiebesparing, is het meer dan een modieuze kreet? De feiten zijn, dat de vraag naar energie-zuinige systemen met het stijgen van de energieprijzen sterk toeneemt. De geregelde straalpomp biedt een elegant hydraulisch regelalternatief voor conventionele systemen met circulatie-pompen.

Met name in de Oost-Europese landen zijn straalpompen (overigens meestal ongeregeld) al vele decennia wijdverbreid in bedrijf. In de BRD worden sinds 1950 al veelvuldig geregelde straalpompen succesvol toegepast. Ondanks de technologische en economische voordelen bij de toepassing van straalpompen, bezien ontwerpers de straalpompen toch nog met een zekere scepsis, te meer daar relatief weinig publicaties hieromtrent zijn verschenen en de ervaringen in ons land beperkt en nog niet algemeen zijn. Doorgaans is men geneigd terug te grijpen naar conventionele systemen met warmwater-retour-mengregeling (3-weg regelafsluiters en -evtl. toerengeregelde- circulatiepompen in de groepen (figuur.1 en 2)).



Figuur 1



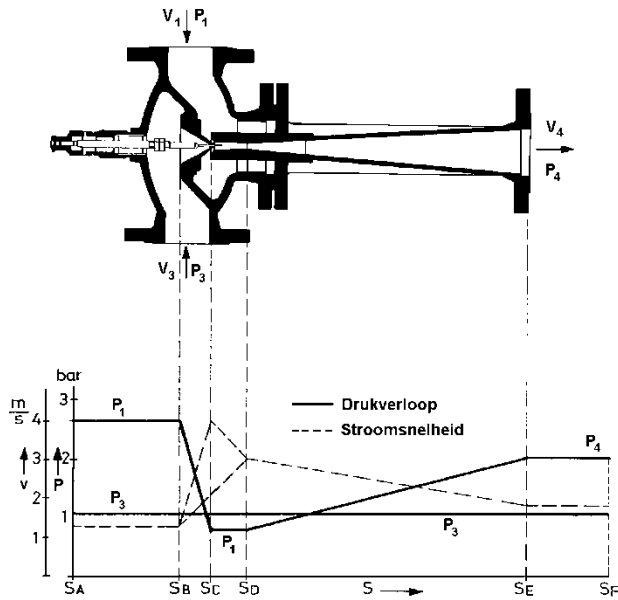
Figuur 2

Worden in deze installaties bijv. radiatorkranen gesloten, dan verschuift in de V/h-kromme van de pomp het werkingpunt P naar P'. Hierdoor zal door de overige installatiedelen een grotere hoeveelheid warmwater gaan stromen. Als gevolg hiervan stijgt de retourtemperatuur. Dit effect vindt men ook terug bij bijv. zonbeïnvloeding of andere warmtestraling. Bij pompen met een vlakke karakteristiek en door een doelmatige opdeling van het totale drukverlies in de installatie, is dit probleem te ondervangen. Ook bij toepassing van straalpompen wordt deze ongewenste toename van de retourtemperatuur voorkomen.

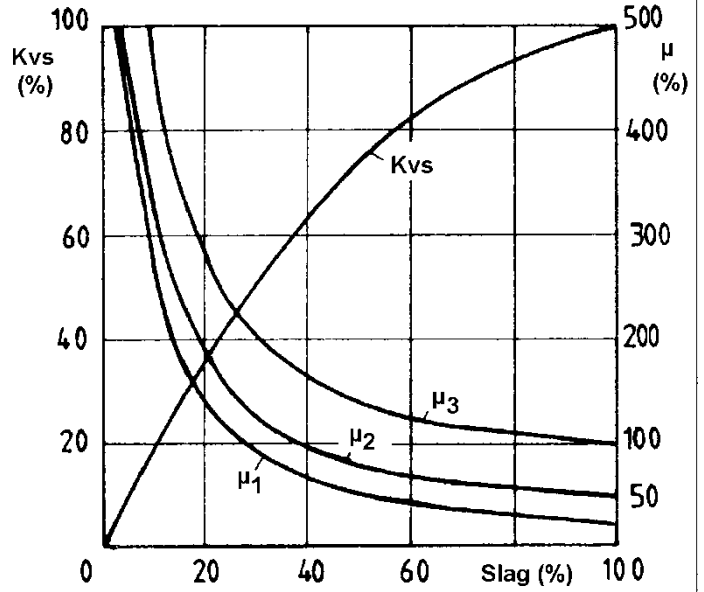
## Werking

Het principe van de straalpomp berust op de snelheidsverhoging van een (water)straal in een ver-nauwing (venturi). Deze verhoging resulteert in een vermindering van de druk en wel tot onder de druk aan de zuigzijde, waardoor het aanzuigen van het medium vanuit de retour wordt gerealiseerd. In de verdere constructie (mengbuis en diffusor) vindt energie- en impulsrovergang tussen de 2 waterstromen plaats en neemt de snelheid van de totale stroming ( $V_4$ ) af (Wet van Bernoulli). De statische druk neemt weer toe en staat nu als "aandrijfkracht" in de installatie ter beschikking voor het circuleren van het medium en het overwinnen van wrijving in leidingen, afsluiters etc. (figuur. 3). Door de regelnaald (elektrisch of pneumatisch aangedreven) te verstellen, kan de doorlaat worden gewijzigd, waardoor in afhankelijkheid van de slag, de aandrijvende waterhoeveelheid ( $V_1$ ) en daarmee de totale hoeveelheid ( $V_4$ ), van 0 tot 100% trappenloos instelbaar is. De huidige straalpompen zijn zo geconstrueerd, dat de Kvs-kurve zo vlak mogelijk verloopt. Bij 100%-slag zal de berekende mengverhouding ( $\mu$ ) bereikt worden. Een verkleining van de slag, leidt tot een verkleining van de doorlaatverhouding bij een gelijktijdig afnemende aandrijvende energie-stroom. De mengverhouding neemt sterk toe en loopt in een kleine slag naar oneindig. Deze eigenschap verklaart de hoge regelnauwkeurigheid van straalpompen (figuur. 4).

Straalpompen (type 480)



Figuur 3



Figuur 4

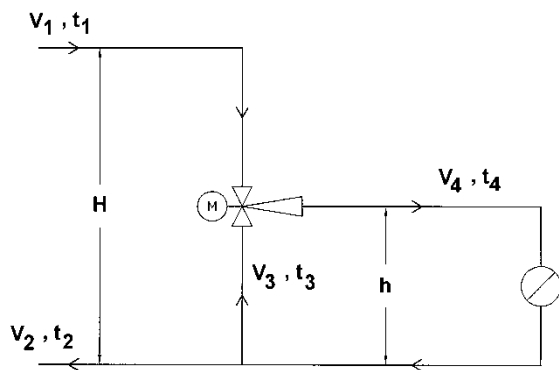
De belangrijkste parameters zijn (figuren 5 en 6):

- de drukverhouding  $\pi = h / H$ , waarin h de weerstand in de groep en H het primaire drukverschil vertegenwoordigt;
- de mengverhouding  $\mu = V_3 / V_1 = (t_1 - t_4) / (t_4 - t_3)$ . De hoeveelheid te circuleren water is:  $V_4 = V_1 + V_3$ ;
- de doorlaatverhouding  $\delta = At / Am$ , waarin Am het oppervlak van de mengbuis en At van de aandrijfbuis is;
- de weerstandverhouding  $\xi' = \xi (Am / A)^2$ , waarin A = equivalente oppervlak van de verbruiker.

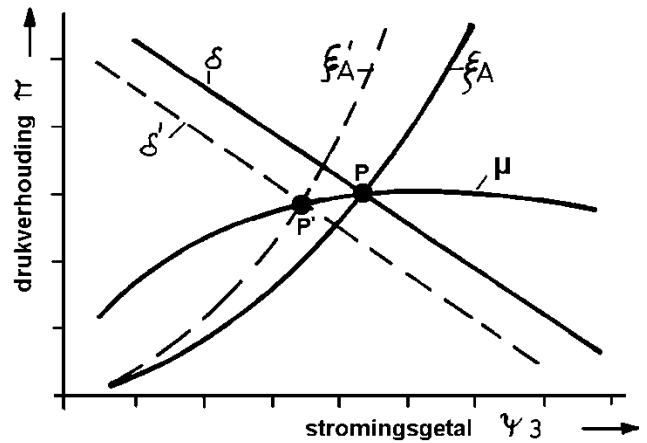
Het rendement van een straalpompelement ( $\eta$ ) laat zich berekenen uit de vergelijking:

$$\eta = \frac{N_s}{N_p} = \frac{(V_1 + V_3) \cdot h}{V_1 \cdot H} = (1 + \mu) \cdot \pi$$

Bij een mengverhouding van  $\mu = 0,25$  kan dit resulteren in een rendement van 60 à 70%.



Figuur 5

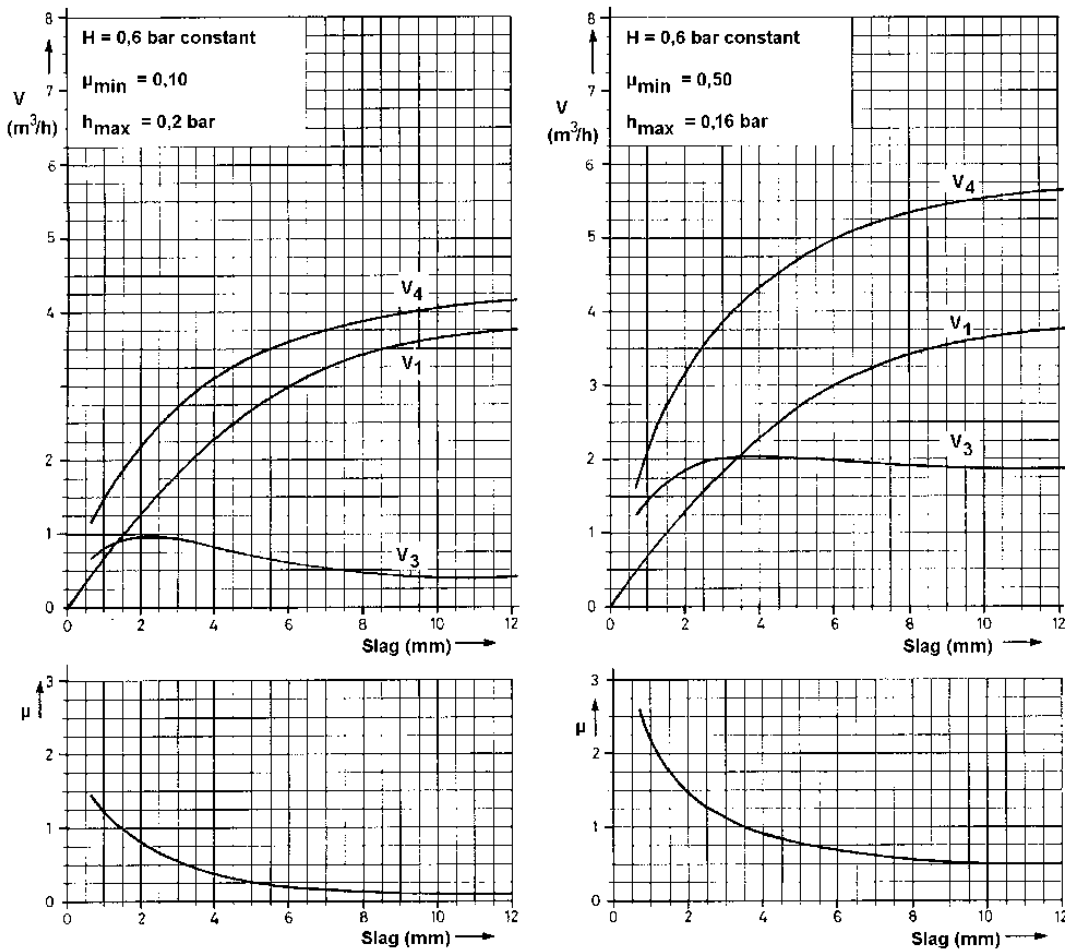


Figuur 6

Straalpompen (type 480)

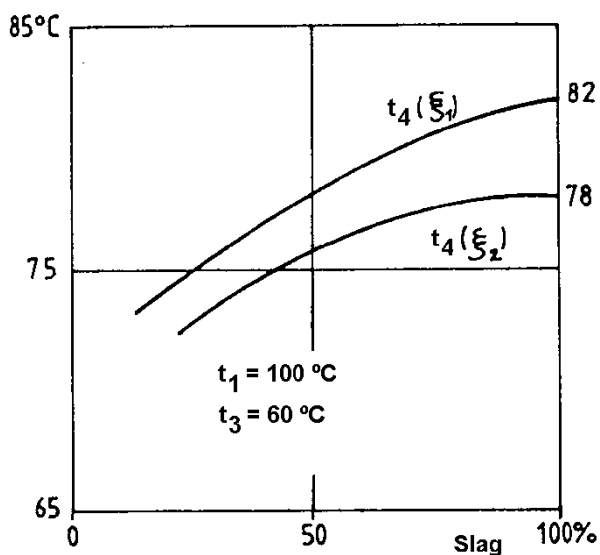
Uit de voorgaande figuur volgt verder, dat indien de radiatorkranen worden gesloten, er een verandering van de drukverhouding( $\pi$ ) en de installatie-weerstand ( $\xi_a$ ) optreedt. De mengverhouding( $\mu$ ) en daarmee ook de mengstroom( $V_3$ ) neemt af en de aanvoertemperatuur( $t_4$ ) zal daardoor stijgen. De regeling verzorgt nu het verkleinen van de slag( $y$ ) en de doorlaat-verhouding( $\delta$ ) van de straalpomp, en wel zolang tot door het verminderen van de aandrijvende stroom( $V_1$ ) de aanvoertemperatuur( $V_4$ ) weer op de oorspronkelijk ingestelde waarde is gekomen. Door het afnemen van de totale stroom( $V_4$ ) wordt ook het drukverlies in de secundaire groep(h) verminderd. In de praktijk blijkt, dat ook de oorspronkelijke mengverhouding( $\mu$ ) zich weer instelt, waardoor geen hoge stroomsnelheden en als gevolg hiervan ook geen hinderlijk geluid in de warmte-verbruikers (LBK's of radiatoren) zal optreden.

Door de stromingstechnische constructie van mengbuis en diffusor wordt een grenswaarde bepaald. Bij een vlakke curve (doorlaatverhouding  $\delta$  klein) wordt een grotere mengverhouding bereikt en omgekeerd. In de praktijk zal men eerst door de pijpdimensionering "h" vaststellen. Hoe kleiner de mengverhouding wordt, des te kleiner kan de primaire verschuldruk(H) zijn.

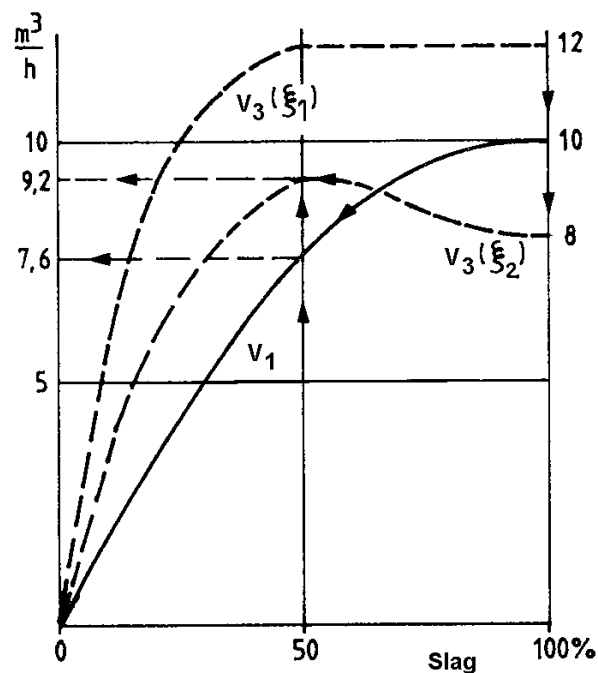


Figuur 7

Voorbeeld regeling



Figuur 8



Figuur 9

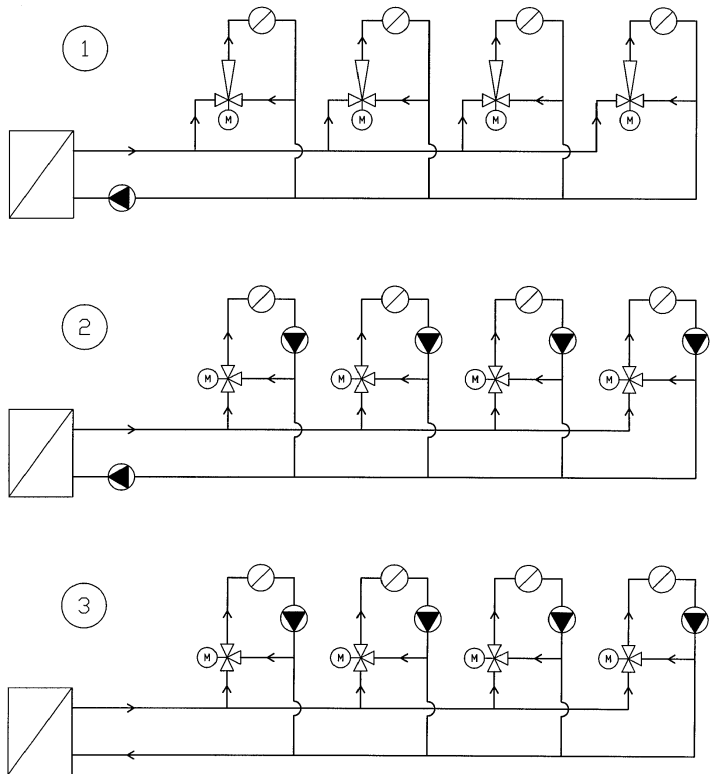
In een stabiele situatie wordt in de groep 22  $\text{m}^3/\text{h}$  gecirculeerd ( $V_1 = 10 \text{ m}^3/\text{h}$  en  $V_3 = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Het gewenste setpoint is op 78°C ingesteld. Door b.v. het dichtlopen van radiatorkranen neemt de weerstand in de groep toe, waardoor de menghoeveelheid ( $V_3$ ) zakt naar 8  $\text{m}^3/\text{h}$ . De primaire hoeveelheid blijft vooralsnog ongewijzigd. Inmiddels loopt wel de temperatuur op tot 82°C, hetgeen resulteert in het dichtlopen van de straalpomp (in het voorbeeld tot 50% van de slag). Hierdoor neemt de aandrijvende energie ( $V_1$ ) af tot 7,6  $\text{m}^3/\text{h}$  en stelt zich een nieuw evenwicht in. Er wordt nog maar 16,8  $\text{m}^3/\text{h}$  gecirculeerd, waardoor de temperatuur ( $t_4$ ) op het oorspronkelijke setpoint terugkomt.

## Praktische aanwijzingen

Nadat het installatie-concept voor het hydraulische systeem (energie-verdeling, aantal en situering van de sub-verdelers, aantal groepen e.d.) vaststaat en de warmtevraag van het totale project, alsmede per groep is berekend, zijn de volgende parameters vast te leggen:

- de mengverhouding ( $\mu$ ), in de praktijk veelal tussen 0,25 en 0,75. Hoe kleiner de meng-verhouding ( $\mu$ ), hoe kleiner ook de primaire verschildruk ( $H$ ) gekozen kan worden en omgekeerd,
- de bepaling van de aandrijvende stroom ( $V_1$ ) voor iedere groep uit  $V_1 (\text{m}^3/\text{h}) = 0,86 \cdot Q / (t_1 - t_3)$
- de bepaling van de totale warmtestroom voor iedere groep uit  $V_4 (\text{m}^3/\text{h}) = 0,86 \cdot Q / (t_4 - t_3)$
- de bepaling van het drukverlies ( $h$ ) voor iedere groep. Bij de groep met het ongunstigste drukverlies is het primaire drukverschil ( $H$ ) vast te leggen.
- de berekening van het drukverschil  $H'$  in de primaire groep
- het vastleggen van het arbeidspunt van de hoofdpomp(en)  $H_{\text{tot}} = H + H'$ . De totale stroom volgt uit:  $V_{\text{tot}} (\text{m}^3/\text{h}) = 0,86 \cdot Q_{\text{tot}} / (t_1 - t_3)$ .
- de controle van de min. primaire aanvoerdruk ( $P_{1\text{min}}$ ), teneinde cavitatie-verschijnselen uit te sluiten.  $P_{1\text{min}} \geq PD_1 + 1 \text{ Bar}$ , waarin  $PD_1$  de dampdruk bij  $t_1$  voorstelt.
- in de praktijk blijkt veelal, dat de weerstand van de verbruikersgroep kleiner dan geprojecteerd is. Een gevolg hiervan is, dat mengverhouding ( $\mu$ ) groter wordt, of anders gezegd, de gewenste aanvoertemperatuur  $t_4$  en dus ook  $V_4$  worden niet

meer bereikt. Daarom is een inregelafsluiter in de groep noodzakelijk om door aanpassing van de weerstand de geprojecteerde waarden voor mengverhouding( $\mu$ ) en aanvoertemperatuur( $t_4$ ) te bereiken.



Figuur 10

### Praktijkvoorbeeld (bij figuur 10)

Vergelijk bij 4 groepen, ieder 250 kW:

situatie	opvoerhoogte hoofdpomp	pompen in de groepen	H
1	7mWk - type UPE -80	geen pompen	2 mWk
2	3 mWk - type UPE-65	UPE-32-120F	3 mWk (1 mWk voor regelafsluiter)
3	geen	UPE-40-120F	6 mWk (1 mWk voor regelafsluiter en 3 mWk voor TSA)