

Calibratie van het leidingnet-model van Nijmegen

IR. M. RIEMERSMA, DHV WATER BV

IR. R. BRONDA, DHV WATER BV

R. INKLAAR, NUON WATER GELDERLAND

ING. J. VAN DER PIJL, NUON WATER GELDERLAND

Nuon Water Gelderland heeft in samenwerking met DHV Water een calibratie verricht van het leidingnetmodel van Nijmegen. Gedurende een ochtend werd op verschillende plaatsen in het leidingnet gemeten. De bedrijfsvoering werd aangepast om een geschikte meetset te verkrijgen. De gegevens zijn gebruikt om mogelijke inconsistenties in het leidingnet te vinden. Met behulp van H₂Onet zijn de wandruwheden van de leidingen aangepast. De resultaten van de calibratie zijn zeer goed: de berekende drukken met het gecalibreerde model benaderen de gemeten druk nauwkeurig, zodat het resultaat van de calibratie een betrouwbaar leidingnetmodel is. Met het model wordt een studie uitgevoerd naar de toekomstige opzet van de drinkwatervoorziening in Nijmegen.

Nuon werkt sinds twee jaar met het nieuwe leidingnetmodel H₂Onet. Inmiddels zijn de oude transportmodellen overgezet. Het bedrijf streeft ernaar om de leidingnetmodellen zoveel mogelijk de werkelijkheid te laten benaderen. Prioriteit daarbij heeft het leidingnetmodel van Nijmegen, omdat aan de hand van dit leidingnet een studie wordt verricht waarmee de optimale toekomstige drinkwatervoorziening van deze stad wordt bepaald. Daarnaast wordt het model gebruikt voor berekeningen van de leveringszekerheid en keuzes ten aanzien van de nieuw te bouwen reinwaterkelder en hogedruk-pompensectie van pompstation Heumensoord.

Het Nijmeegse calibratieproject dient bovendien als een pilot: er wordt ervaring opgedaan met calibratie van een leidingnetmodel die zinvol is bij toekomstige calibraties elders in het voorzieningsgebied van Nuon.

Wat wordt verstaan onder calibratie van een leidingnetmodel?

Een calibratie van een leidingnetmodel bestaat uit de volgende onderdelen:

- vergelijking van gemeten waarden (zoals druk en debiet) en diezelfde waarden, berekend met een leidingnetmodel;
- op basis hiervan kunnen kleine fouten - inconsistenties - in de modellering worden gevonden (zoals onjuiste leidingdiameter en/of lengtes);

- zodra de hydraulische grootheden van de leidingen correct zijn bevonden, worden de wandruwheden van alle leidingen in het model gecorrigeerd.

De wandruwheid van een leiding verandert enigszins in de tijd door ouderdom en

eventuele kalkafzettingen. Bovendien verschilt deze per soort leidingmateriaal. Zo is bijvoorbeeld een betonnen leiding ruwer dan een PVC-leiding, zodat het drukverlies bij een betonnen leiding groter zal zijn.

Na een calibratie is de uitvoer van het leidingnetmodel nauwkeuriger, zodat het model betrouwbaarder is. Hierbij is de belangrijkste rekenuitkomst van een leidingnetmodel de berekende druk op alle locaties in het leidingnet: het model geeft bijvoorbeeld aan of het uur van maximaal verbruik onder voldoende druk kan worden geleverd met de capaciteit van de huidige infrastructuur.

Drinkwatervoorziening van Nijmegen

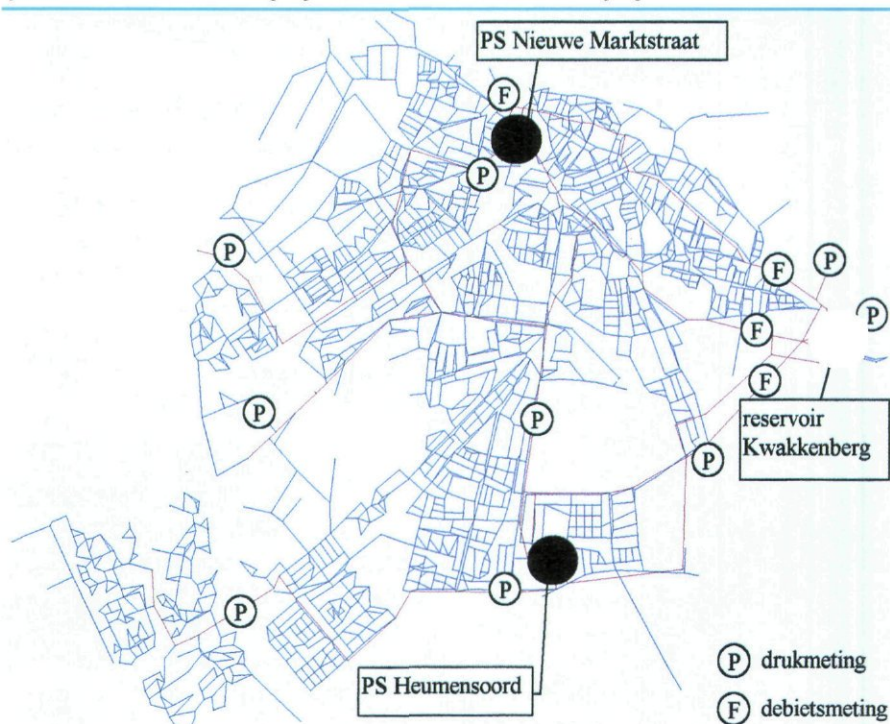
In de huidige situatie wordt Nijmegen voorzien door twee pompstations (Heumensoord en Nieuwe Marktstraat) en een reservoir (Kwakkenberg). Reservoir de Kwakkenberg ligt relatief hoog en kan middels een open verbinding met het leidingnet pieken in de drinkwatervraag voorzien.

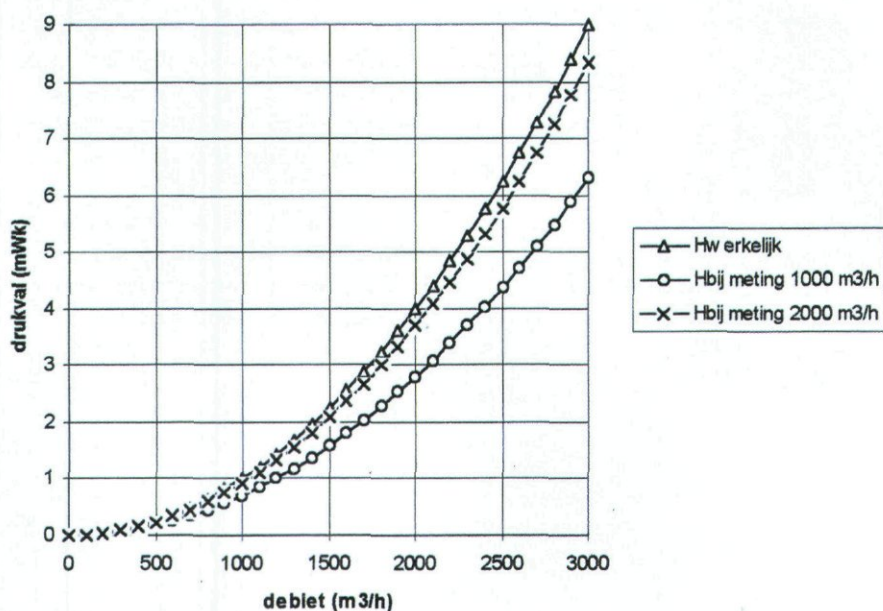
Voor een calibratiemeting levert een bedrijfssituatie waarbij sprake is van extreme debieten en drukvallen, de meest betrouwbare meetset op (zie afbeelding 2).

De bovenste lijn in afbeelding 2 is de werkelijke dynamische leidingkarakteristiek van een leidingnet (het drukverlies in een leidingnet versus het debiet dat door dat leidingstelsel wordt getransporteerd).

De onderste lijn is een berekende dynamische leidingkarakteristiek, waarbij de aflees-

Afb. 1: De locaties van de twee pompstations en het drinkwaterreservoir in Nijmegen.





Afb. 2: De leidingkarakteristiek, werkelijk en benaderd.

fout van de drukmeting -0,3 mWk bedraagt bij een debiet van 1000 kubieke meter per uur.

De middelste lijn tenslotte geeft een berekende dynamische leidingkarakteristiek weer, waarbij de afleesfout van de drukmeting -0,3 mWk bedraagt bij een debiet van 2000 kubieke meter.

Bij de calibratie van het leidingnet van Nijmegen is gebruik gemaakt van het principe uit afbeelding 2, door gedurende een ochtend de beide pompstations af te schakelen en de gehele voorziening enige uren vanuit reservoir de Kwakkenberg te laten plaatsvinden. Het gevolg was een aanzienlijke drukval in Nijmegen, omdat al het drinkwater vanuit één punt kwam, zodat het debiet in een groot deel van het leidingnet aanzienlijk hoger lag dan onder normale omstandigheden. Uiteraard is zorgvuldig in de gaten gehouden dat de afgegeven druk in Nijmegen tijdens de calibratiemetingen op geen enkele locatie beneden de 20 mWk zakte.

Metingen

Voor een calibratie is een meetset nodig: gemeten hydraulische grootheden die bij de calibratie worden gebruikt om het model te ijken. Voor de calibratie van het leidingnet-model van Nijmegen is gekozen voor de volgende soorten metingen:

- drukmetingen: om inzicht te krijgen in de verdeling van de afgegeven druk over de stad zijn over het gehele leidingnet drukmeters aangebracht. Sommige drukmetingen, zoals bij pompstations, zijn bestaande drukmetingen. Voor alle overige drukmetingen zijn tijdelijke voorzieningen getroffen, zoals drukmeters op

brandkranen. Daarnaast zijn van alle drukmeters de exacte NAP-hoogtes ingemeten. Hierdoor kan de gemeten druk gecorrigeerd worden naar maaiveldhoogte;

- debietsmetingen: aangezien enig inzicht benodigd is hoe het verbruik zich verdeelt over hoofdtransportleidingen in de stad is op verschillende hoofdleidingen een tijdelijke debietmeter geïnstalleerd. Verder is bij grootverbruikers gedurende de metingen de watermeter afgelezen. Hierbij is het gemeten verbruik van die grootverbruiker invoer voor het model;
- niveaumeting reservoir de Kwakkenberg: aan de daling van het niveau van de Kwakkenberg kan direct het verbruik van Nijmegen worden berekend, aangezien beide pompstations afgeschakeld waren. Daarnaast is het peil in de Kwakkenberg direct gelijk aan de afgegeven druk. Zo kan het drukverlies op iedere drukmeetpunt worden berekend als 'druk Kwakkenberg in NAP' minus 'gemeten drukhoogte op meetpunt in mWk' minus 'ingemeten hoogte drukmeter in NAP'.

Deze metingen zijn weergegeven in afbeelding 1.

Calibratie met H₂Onet

Met behulp van de zogeheten Calibrator, een specifieke aanvulling op het H₂Onet-pakket, kan op een handige manier de wandruwheid van alle leidingen worden aangepast. Daartoe worden groepen leidingen geselecteerd op basis van een specifiek kenmerk (bijvoorbeeld het soort leidingmateriaal). Alle leidingen binnen één groep krijgen dezelfde

wandruwheid toegekend. De Calibrator itereert de wandruwheid van iedere groep totdat de berekende druk van het model de gemeten druk op alle meetlocaties zoveel mogelijk benaderd.

Voor de calibratie van het leidingnet model Nijmegen zijn berekeningen verricht op basis van drie verschillende criteria (groepenindelingen), met iedere keer een indeling van vijf groepen leidingen.

De criteria van deze groepen waren:

- het leidingmateriaal;
- de leidingdiameter: leidingen met een kleine diameter zijn over het algemeen bochtiger en hebben meer splitsingen dan hoofdtransportleidingen. Door middel van een calibratie kan de wandruwheid verhoogd worden om te compenseren voor deze lokale drukverliezen;
- de kalkafzetting: het reine water van pompstation Heumensoord is licht kalkagressief, het reine water van pompstation Nieuwe Marktstraat licht kalkafzettend. Door afzetting van kalk of juist door beschadiging van leidingen als gevolg van de agressiviteit van het water kan de wandruwheid van leidingen in de loop van de jaren beïnvloed zijn.

Uit de calibratieberekeningen bleek dat zowel de mate van kalkafzettendheid van het water als de diameter van de leidingen waarschijnlijk geen (grote) invloed hebben op de wandruwheid van het Nijmeegse leidingnet. De wandruwheid bleek met name een correlatie te vertonen met het leidingmateriaal.

Resultaten metingen

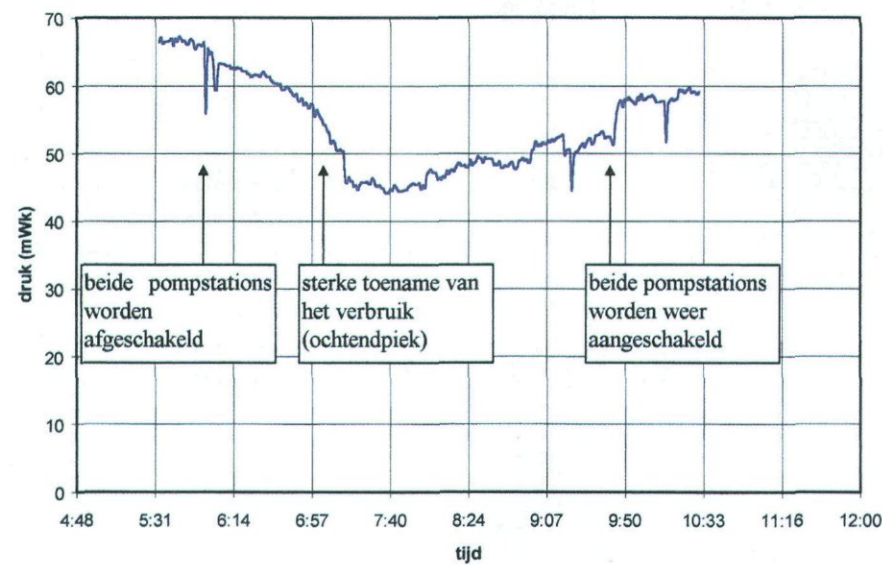
Voor één drukmeetpunt is het verloop van de druk tegen de tijd uitgezet in afbeelding 3.

Afbeelding 3 toont het effect als omstreeks 6:00 uur beide pompstations volledig afgeschakeld worden. Verder laat de afbeelding zien dat tussen 6:30 en 7:15 uur het drukverlies in het leidingnet sterk toeneemt (drinkwaterverbruik stijgt door douche/bad, wassen, koffie zetten etc.). Omstreeks 9:50 uur worden beide pompstations weer aangezet.

Resultaten calibratie

Zoals eerder gesteld bestaat een calibratie uit verbetering van kleine modelinconsistenties en aanpassing van de wandruwheden van alle leidingen.

Zo ontstaan gaandeweg de calibratie drie modellen: het originele model, het originele model verbeterd naar modelinconsistenties en het gecalibreerde model: het originele model verbeterd naar modelinconsistenties én aanpassing van wandruwheden. De rekenuitkomsten van deze modellen en de gemeten



Afb. 3: Meetspunt Nijmegen-west, drukverloop in de tijd.

grootheden zijn gegeven in tabel 1. In de onderste rij is de standaardafwijking (gemiddelde afwijking) gegeven van de rekenuitkomsten van ieder model ten opzichte van de meetwaarden.

Uit de tabel blijkt dat de rekenuitkomsten van het gecalibreerde model betrouwbaarder zijn in vergelijking met de gemeten drukken dan die van originele model. De standaardafwijking van de berekende drukken in vergelijking met de metingen bedraagt voor het originele model 4,28 mWk en voor het gecalibreerde model 0,5 mWk. Dit houdt in dat de kans dat een berekende druk méér afwijkt dan 1 mWk bij het gecalibreerde model vijf procent bedraagt, voor de tijdens de calibratie beschouwde verbruikssituatie. Voor situaties waarin het verbruik nog verder stijgt (zoals

het maximale uur) zal het verschil tussen het originele en het gecalibreerde model nog verder oplopen (zie afbeelding 2).

De rekenuitkomsten van het gecalibreerde model zijn ook vergeleken met metingen tijdens een totaal andere verbruikssituatie. Hierbij werd een standaarddeviatie van 0,9 mWk gevonden.

Conclusies

- Door middel van een calibratie is de betrouwbaarheid van het Nijmeegse leidingnetmodel aanzienlijk verbeterd. De verbetering van het leidingnetmodel is op twee manieren bereikt: door de controle van modellerings- en invoergegevens en door het aanpassen van de wandruwheden;

- Een goede meetset voor een calibratie is een meetset waarin het leidingnet met een relatief hoog debiet wordt belast. Bij relatief hoge debieten zijn de drukverliezen groter. Als een model bij een dergelijk extreme situatie nauwkeurig de dynamische drukval kan berekenen, zal de nauwkeurigheid van het model bij lagere debieten nog hoger zijn. Natuurlijk mag de afgegeven druk tijdens calibratiemetingen niet zakken tot een ontoelaatbaar niveau.

Tabel 1: Resultaten van de calibratie (drukken in mWk + NAP).

locatie	gemeten druk	berekende druk origineel model	berekende druk model-inconsistenties weg	berekende druk model verbeterd naar inconsistenties en wandruwheden
	(mWk)	(mWk)	(mWk)	
Nijmegen-west	49,3	49,6	52,5	50,7
Dukenburg	54,1	52,2	55,0	54,4
PS Nieuwe Marktstraat	48,6	47,4	50,2	48,9
PS Heumensoord	47,2	44,3	47,1	46,4
Bospad	48,5	45,9	48,8	48,1
Sophiaweg	31	29,2	32,1	31,5
Upbergen (Holleweg)	31,4	29,9	32,8	32,1
Slagader 3	16,9	14,0	16,9	16,4
standaardafwijking		4,28	2,10	0,49