

Garantiemeting pomp 1, 2 en 3 gemaal De Helsdeur

definitief



Verantwoording

Titel Garantiemeting pomp 1, 2 en 3 gemaal De Helsdeur
Opdrachtgever H.H. van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier
Projectleider dhr. ing. P. Heuseveldt
Auteur(s) dhr. G.W. Hulsman en ing. P. Heuseveldt
Uitvoering meet- en inspectiewerk dhr. J. Korting en G.W. Hulsman
Projectnummer 3903753
Aantal pagina's 18 (exclusief bijlagen)
Handtekening

Datum 29 juli 2002

Colofon

TAUW bv
afdeling Werktuigbouw & Elektrotechniek
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 69 99 11
Fax (0570) 69 96 66

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of Tauw bv.

Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw bv een hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

. NEN-EN-ISO 9001.

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Omschrijving installatie.....	6
3	Capaciteitsmetingen.....	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Meetlocatie	7
3.3	Meetmethode.....	7
3.4	Meetnauwkeurigheid	7
4	Resultaten capaciteitsmeting	9
4.1	Algemeen	9
4.2	Pomp 1	9
4.3	Pomp 2	10
4.4	Pomp 3	10
5	Vermogensmetingen	11
5.1	Algemeen	11
5.1.1	Trafo- en f.o.-rendement	11
5.1.2	Motor-tandwielkast rendement.....	11
5.2	Vermogensmetingen netzijdig (Nuon).....	12
5.3	Vermogensmeting trafo 5 (GTI).....	12
5.4	Vermogensmetingen secundair f.o. (TAUW)	12
5.5	Vermogensmetingen pompas (JVS)	12
5.6	Toelichting op de tabellen	12
5.7	Meetgegevens vermogens pomp 1	13
5.8	Meetgegevens vermogens pomp 2	13
5.9	Meetgegevens vermogens pomp 3	13
5.10	Bespreking rendementen	15
5.10.1	Trafo- en f.o.-rendement	15
5.10.2	Motor-tandwielkast rendement.....	15
6	Bespreking meetresultaten garanties.....	16
6.1	Algemeen	16
6.2	Resultaten pomp 1	16
6.2.1	Capaciteit	17
6.2.2	Energieverbruik	17
6.2.3	Analyse vermogensreserve	17
6.3	Resultaten pomp 2	17
6.3.1	Capaciteit	17
6.3.2	Energieverbruik	17
6.3.3	Analyse vermogensreserve	18
6.4	Resultaten pomp 3	18
6.4.1	Capaciteit	18
6.4.2	Energieverbruik	18
6.4.3	Analyse vermogensreserve	18

6.5	Conclusies en aanbevelingen	19
-----	-----------------------------------	----

Bijlagen

1. Overzicht meetlocatie
2. Garantiegrafiek Stork Pompen gemaal De Helsdeur
3. Meetgrafieken pomp 1 van gemaal De Helsdeur
4. Meetgrafieken pomp 2 van gemaal De Helsdeur
5. Meetgrafieken pomp 3 van gemaal De Helsdeur

1 Inleiding

Op donderdag 28 maart en vrijdag 29 maart 2002 heeft TAUW in opdracht van het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier garantiemetingen verricht bij gemaal De Helsdeur te Den Helder. De keuze is gevallen op bovengenoemde data vanwege het optredende springtij.

Aanleiding van de garantiemeting is de afronding van de renovatie van pomp 1, 2 en 3. In dit rapport worden de meetresultaten besproken. Tevens worden in dit rapport de meetresultaten vergeleken met de door Stork Pompen afgegeven garantiegegevens.

Gelijktijdig met de capaciteitsmetingen is een aantal ongebruikelijke metingen verricht, te weten:

- 10 kV-meting (NUON);
- koppelmetering pompas (JVS).

Van de genoemde metingen wordt in deze rapportage verslag gedaan.

2 Omschrijving installatie

De bemalingsinstallatie van gemaal De Helsdeur bestaat uit vier vernieuwde pompinstallaties. Tijdens deze capaciteitsmetingen zijn de metingen uitgevoerd bij pomp 1, 2 en 3. De capaciteitsmeting van pomp 4 is in 1997 uitgevoerd. De pompen zijn ontworpen voor ieder 900 m³/min (= 15 m³/sec) bij een statische opvoerhoogte van 2,00 mWk. De pompinstallaties bestaan uit gesloten schroefcentrifugaalpompen met betonnen slakkenhuis. De motoren worden gevoed vanuit frequentieomvormers.

De gegevens van de pompinstallaties zijn:

Tabel 2.1 Technische specificaties installaties

Pomp	
Fabrikaat	Flowserve
Type	BSV 280-1
Capaciteit	900 m ³ /min (= 15 m ³ /sec)
Toerental	79 omw/min
Elektromotor	
Fabrikaat	Siemens
Type	1PQ8 455 – 8PB50-Z
Nominaal vermogen	585 kW (bouwgrootte 630 kW)
Toerental	744 omw/min
Spanning	500 V
Frequentie	50 Hz
I nominaal	855 A
Cos_φ	0,81
Beschermingsklasse	IP 55
Aanzetvoorziening	Frequentieomvormer
Frequentieomvormer	
Fabrikaat	Siemens
Type	6SE7038 – 6UK60
Tandwielkast	
Fabrikaat	Brook Hansen
Toerental	QVRJ2S – CDN
Nominaal vermogen	955 kW
Overbrengingsverhouding	1 : 9,4144
Toerental	740 : 78,6

3 Capaciteitsmetingen

3.1 Algemeen

De capaciteitsmeting is uitgevoerd met stroomsnelheidsmeters. Deze meters worden geprojecteerd in een matrix van het natte oppervlak, ook wel dwarsprofiel genoemd. De waarden van de gemeten snelheden in combinatie met de matrix van het dwarsprofiel, resulteert door middel van berekening in een capaciteit.

3.2 Meetlocatie

Voor de capaciteitsmeting is een meetlocatie gekozen direct voor het krooshek (zie bijlage 1). De meetlocatie bevindt zich aan de instroomzijde van het gemaal. De instromingen van de pompen zijn verschillend van breedte:

- pomp 1 breedte 6,57 m;
- pomp 2 en 3 breedte 6,61 m.

De waterdiepte bedraagt tijdens de meting ca. 5,63 meter.

De op de meetlocatie gekozen dwarsprofielen gekozen zijn verdeeld in 42 meetpunten (6 horizontaal en 7 verticaal). Op elk van deze punten is de stroomsnelheid bepaald. Na controle van de peilschalen ten opzichte van het telemetriesysteem zijn de waterstanden bepaald door aflezing van het display van het telemetriesysteem. Gedurende de metingen is de aflezing van het display regelmatig gecontroleerd op eventuele afwijkingen met de peilschalen.

3.3 Meetmethode

De stroomsnelheidsmetingen zijn uitgevoerd met zes Ott-molens type C31, met componentenschoep A Ø 100 mm.

Voor deze metingen is een frame geconstrueerd om vanwege de grote waterdiepte alsmede de hogere watersnelheden toch een juiste meting te kunnen verrichten. Deze werd door een mobiele hijskraan gepositioneerd op de vooraf bepaalde, en voor elke meetsessie zelfde positie. Achteraf is gebleken dat de meetopstelling dermate afwijkend is ten opzichte van de wijze waarop normaal wordt gemeten, dat een aparte ijking van de frameconstructie met Ott-molen diende te worden uitgevoerd. De frameconstructie bleek namelijk in enige mate het stromingsbeeld ter plaatse van de Ott-molens te beïnvloeden. De nieuwe ijkgegevens zijn verwerkt in de berekeningen.

De garantiemetingen zijn uitgevoerd bij een tweetal toerentallen en drie verschillende opvoerhoogten. Het betreft de pomptoeerentallen 79,7 en 59,8 omw/min, respectievelijk de uitgestuurde frequenties 50,2 en 37,7 Hz. De metingen zijn tevens uitgevoerd bij verschillende opvoerhoogten, aangezien het hier een getijdegemaal betreft. De gemeten waarden bij ieder toerental zijn tevens rekentechnisch verschaald naar de respectievelijke andere toerentallen.

3.4 Meetnauwkeurigheid

Onder normale condities wordt een meettolerantie aangehouden van $\pm 3\%$. Hierbij dient te worden voldaan aan de volgende condities:

- voldoende rechte aanstroamlengte voor de meetlocatie;
- schone bodem;
- voldoende hoge stroomsnelheid.

De meetlocatie voldoet aan de bovengenoemde condities. Voor het gemaal bevindt zich voldoende rechte aanstroamlengte. Tevens is vastgesteld dat ter plaatse van de meetlocatie de bodem voldoende schoon is. De gemeten stroomsnelheden variëren tussen 0,774 en 0,014 m/s. Op een tweetal meetpunten wordt niet voldaan het gestelde criterium ($v > 0,030$ m/s) waarvoor de Ott-molens zijn geijkt. Echter door het zeer geringe aantal meetpunten dat niet voldoet is de invloed op de meettolerantie te verwaarlozen.

De geschatte meettolerantie bedraagt derhalve $\pm 3\%$.

4 Resultaten capaciteitsmeting

4.1 Algemeen

In tabelvorm zijn hieronder de meetresultaten samengevat. Vanwege het ontbreken van garantiegegevens gerelateerd aan het elektrische vermogen zullen wij ons ten aanzien van de garanties beperken tot de asvermogens.

Bij de betreffende opvoerhoogte wordt behandeld: de gemeten capaciteit, asvermogen en toerental. Het genoemd rendement is berekend met behulp van H_{stat} . De pomptoeerentallen die tijdens de meting zijn vastgesteld bedragen 59,8 en 79,7 omw/min (resp. 37,7 Hz en 50,2 Hz). De garantiekromme die opgegeven is door Stork Pompen en weergegeven in de grafiek van bijlage 2, heeft betrekking op 79 omw/min.

In de onderstaande tabellen is in de kolom “ η pompsysteem” weergegeven het rendement bepaald over het gemeten asvermogen en het “watervermogen”. Het watervermogen is berekend met de statische opvoerhoogte. Eén en ander leidt in een aantal gevallen tot rendementswaarden die lager zijn dan 10%, aangezien het in die gevallen gaat om zeer lage opvoerhoogtes (ca. 0,15 m en lager). In die gevallen zegt het specifieke energieverbruik meer; hierin komt namelijk tot uiting wat het resultaat is van het energieverbruik ten opzichte van het waterverzet. Daarom kan het, in die gevallen dat het waterbezwaar het toelaat, uit oogpunt van energiebesparing gunstiger zijn om gebruik te maken van de mogelijkheden van toerenregeling.

4.2 Pomp 1

In de onderstaande tabel zijn de meetgegevens van pomp 1 samengevat.

Tabel 4.1 Meetresultaten pomp 1

Meting	Niveau instroming [mNAP]	Niveau uitstroming [mNAP]	H_{stat} [m]	Cap. [m ³ /min]	n pomp [min ⁻¹]	P-as [kW]	P _{specifiek} [kWh/1000m ³]	η pomp-systeem [%]
1-1	-0,53	0,13	0,66	993,3	79,7	436,0	7,3	25
1-2	-0,56	0,03	0,59	831,6	59,8	187,0	3,7	43
1-3	-0,53	-0,37	0,16	1253,7	79,7	409,0	5,4	8
1-4	-0,54	-0,49	0,05	859,6	59,8	174,0	3,4	4
1-5	-0,54	0,71	1,25	1137,2	79,7	462,0	6,8	50
1-6	-0,56	0,69	1,25	674,5	59,8	206,0	5,1	67

4.3 Pomp 2

In de onderstaande tabel zijn de meetgegevens van pomp 2 samengevat.

Tabel 4.2 Meetresultaten pomp 2

Meting	Niveau instroming [mNAP]	Niveau uitstroming [mNAP]	H _{stat.} [m]	Cap. [m ³ /min]	n pomp [min ⁻¹]	P _{as} [kW]	P _{specifiek} [kWh/1000m ³]	η pomp-systeem [%]
2-1	-0,51	-0,32	0,19	1024,7	79,7	426,0	6,9	7
2-2	-0,52	-0,05	0,47	841,7	59,8	187,0	3,7	35
2-3	-0,52	0,21	0,73	1156,1	79,7	437,0	6,3	32
2-4	-0,52	0,28	0,80	698,7	59,8	197,0	4,7	46
2-5	-0,52	0,64	1,16	1007,9	79,7	456,0	7,5	42
2-6	-0,52	0,64	1,16	722,1	59,8	206,0	4,8	66

4.4 Pomp 3

In de onderstaande tabel zijn de meetgegevens van pomp 3 samengevat.

Tabel 4.3 Meetresultaten pomp 3

Meting	Niveau instroming [mNAP]	Niveau uitstroming [mNAP]	H _{stat.} [m]	Cap. [m ³ /min]	n pomp [min ⁻¹]	P _{as} [kW]	P _{specifiek} [kWh/1000m ³]	η pomp-systeem [%]
3-1	-0,53	0,47	1,00	914,3	79,7	466,0	8,5	32
3-2	-0,53	0,39	0,92	683,8	59,8	209,0	5,1	49
3-3	-0,53	-0,11	0,42	1059,8	79,7	445,0	7,0	16
3-4	-0,53	-0,15	0,38	777,2	59,8	193,0	4,1	25
3-5	-0,53	-0,38	0,15	1151,3	79,7	434,0	6,3	7
3-6	-0,53	-0,45	0,08	859,9	59,8	180,0	3,5	6

5 Vermogensmetingen

5.1 Algemeen

Tijdens de capaciteitsmetingen zijn tevens vermogensmetingen uitgevoerd. Deze zijn, gelijktijdig op verschillende locaties binnen het gemaal, door verschillende partijen uitgevoerd tijdens de capaciteitsmetingen.

Het doel van de verschillende vermogensmetingen is om inzicht te verschaffen in de verschillende rendementen die een rol spelen voor diverse onderdelen van de aandrijflijn.

5.1.1 Trafo- en f.o.-rendement

Dit rendement kan bepaald worden door gelijktijdig het primaire vermogen in het net alsmede het secundaire vermogen na de frequentieomvormer (f.o.) te meten. Hiervoor is de volgende procedure gevolgd.

In opdracht van het Hoogheemraadschap heeft het energiebedrijf (NUON) de momentane waarden vastgesteld van het opgenomen vermogen uit het net. Noodzakelijkerwijs is dit het opgenomen vermogen voor de gehele installatie (het complete 10 kV-net), aangezien zich alleen een geschikte meetlocatie voordoet aan de primaire zijde van alle vijf de aanwezige trafo's. De 10 kV-meting bestrijkt derhalve het opgenomen vermogen van vijf trafo's. Trafo 1 t/m 4 zijn de machinetrafo's. Trafo 5 is bedoeld voor de kleine verbruikers, ook wel eigen-verbruik-trafo genoemd.

Tijdens de metingen is met één pomp tegelijk gedraaid. De machinetrafo's kunnen echter niet worden afgeschakeld als een pomp buiten bedrijf is. Dit levert een nullastverbruik op van de drie overige machinetrafo's. In de waarde van het primaire opgenomen vermogen van één pompinstallatie zit derhalve een "vervuiling" c.q. restant voor drie machinetrafo's in nullast, alsmede de hierboven reeds genoemde trafo 5. In de hieronder te bespreken meetresultaten zijn deze waarden vastgesteld en in mindering gebracht. Dit is als volgt in zijn werk gegaan:

De meting aan trafo 5 is door GTI verzorgd. De meting is noodzakelijkerwijs uitgevoerd aan de secundaire zijde van trafo 5. Bij de leverancier van de trafo's (Holec/Resitra) is voor dit type (RD 420) het rendement opgevraagd bij verschillende belastingen. In het belastingsbereik 25% - 100% bedraagt het rendement 97%.

Het nullastvermogen van de gezamenlijke machinetrafo's is vastgesteld door een meting uit te voeren bij alle pompen buiten bedrijf. De in mindering te brengen waarde bij één pomp in bedrijf bedraagt $\frac{3}{4}$ hiervan.

Door TAUW is het secundair vermogen (na de f.o.) gemeten.

5.1.2 Motor-tandwielkast rendement

Door meting van enerzijds het secundaire vermogen van de f.o., en anderzijds het vermogen aan de pompas kan het gezamenlijke rendement van motor en tandwielkast worden bepaald.

Hieronder wordt in detail de werkwijze van de afzonderlijke metingen besproken. De hierboven genoemde rendementen worden aansluitend besproken.

5.2 Vermogensmetingen netzijdig (Nuon)

Het energieleverend bedrijf Nuon heeft het energieverbruik van de hoofdvoeding (10 kV-gedeelte) van het gemaal geregistreerd. Op donderdagochtend 28 maart 2002 is bij de eerste vier metingen (1-1 t/m 1-4) door de Nuon om de 5 seconden een registratie van de meting verricht, nadien om de 5 minuten. Deze handelwijze levert een minder nauwkeurig beeld op. Door deze wijze van registratie is het namelijk minder goed mogelijk om simultane meetresultaten uit te lezen, d.w.z. meetresultaten die synchroon lopen met de gelijktijdig uitgevoerde overige metingen.

5.3 Vermogensmeting trafo 5 (GTI)

Tevens werd van trafo 5 (eigen-verbruik-trafo) het aandeel in het opgenomen vermogen (secundair) geregistreerd tijdens de capaciteitsmetingen. Dit is dus exclusief de machinetrafo's. Tijdens de eerste vier metingen van pomp 1, op donderdagmorgen, zijn deze uitgevoerd door het waterschap. Nadien zijn door GTI Zaandam de gegevens geregistreerd. Dit werd om de 5 minuten uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd met meetapparatuur van het fabrikaat ELCONTROL Energy Spa - Vip Utilities 3.0.

5.4 Vermogensmetingen secundair f.o. (TAUW)

TAUW heeft vermogensmetingen uitgevoerd aan de pompen gelijktijdig met de capaciteitsmeting. De vermogensmetingen werden uitgevoerd met een ABB-Mavowatt 45, welke geschikt is voor 'true RMS-metingen'. De meetwaarden zijn vastgesteld aan de secundaire zijde van de f.o. met behulp van een zogenaamde TCM-key van ABB (software-applicatie voor het meten in netten met hogere harmonischen). De toerentallen zijn vastgesteld door meting aan de pompas (zie meting van JVS onder 5.5). Tevens vond een "cross-check" plaats door de motortoerentallen op het display van de schakelkast af te lezen.

5.5 Vermogensmetingen pompas (JVS)

Gelijktijdig is aan de pompas ook een vermogensmeting uitgevoerd door de firma JVS Scheeps- en Industrietechniek b.v. uit Papendrecht. Het vermogen werd gemeten door middel van een gecombineerde koppel-toerentalmeting. Het draaimoment werd gemeten met op de pompas aangebrachte rekstrookjes, in combinatie met een FM-transmissiesysteem. Na demodulatie is het signaal proportioneel aan het koppel.

Het toerental werd gemeten met een infrarood toerental pick-up systeem. Calculatie van het vermogen volgt uit bovengenoemde eenheden.

5.6 Toelichting op de tabellen

In de tabellen 5.1 tot en met 5.3 wordt in de kolom "P-net totaal" het geregistreerde vermogen door de NUON vermeld. Hierin zijn geen correcties verwerkt voor het onbelaste vermogen van de overige drie machinetrafo's. De bijbehorende arbeidsfactor staat vermeld in de kolom "Cosφ totaal".

In de kolom "Ptrafa5" staat het berekende primaire vermogen weergegeven. Dit is het gemeten secundaire vermogen, gecorrigeerd met het in artikel 5.1.1 genoemde rendement van de betreffende trafo.

In de kolommen “P-sec f.o.” en “P-as” worden respectievelijk de gemeten vermogens van de frequentieomvormer (secundair) en de pompas weergegeven.

De berekende rendementen staan vermeld in de kolommen rechts van de dubbele lijnen.

5.7 Meetgegevens vermogens pomp 1

Tabel 5.1 Vermogens pomp 1

Meting	n motor [min ⁻¹]	n pomp [min ⁻¹]	P-net Totaal kW	Cos φ totaal	P Trafo 5 kW	P-sec f.o. kW	P-as kW	η trafo en FO [%]	η motor en twk [%]	η totale aandrijving [%]
1-1	750	79,7	517,6	0,82	22	476,2	436	97,7	91,6	89,5
1-2	563	59,8	246,2	0,78	22	210,2	187	97,4	89,0	86,6
1-3	750	79,7	491,9	0,83	22	444,9	409	96,4	91,9	88,6
1-4	563	59,8	233,1	0,80	22	191,7	174	94,6	90,8	85,8
1-5	750	79,7	537,4	0,83	20	503,1	462	98,8	91,8	90,8
1-6	563	59,8	270,0	0,81	20	227,3	206	94,0	90,6	85,2
1-7	376	39,9	105,9	0,70	22	66,7	60	88,3	90,0	79,4
1-8	470	49,9	163,0	0,75	22	128,1	113	96,6	88,2	85,2
1-9	658	69,9	361,2	0,80	22	323,8	294	97,9	90,8	88,9
1-10	470	49,9	176,7	0,78	20	136,4	121	92,4	88,7	82,0
1-11	658	69,9	373,6	0,82	19	346,4	323	100	93,2	93,5

Van het grijs gearceerde gedeelte zijn geen capaciteitsmetingen verricht. In de rest van deze rapportage wordt op dit gedeelte dan ook niet teruggekomen. Deze meetresultaten zijn verkregen teneinde te worden opgenomen in een rapportage (van TAUW) over toerenregeling en optimalisatie van het pompbedrijf. Eén en ander valt buiten dit onderzoek.

5.8 Meetgegevens vermogens pomp 2

Tabel 5.2 Vermogens pomp 2

Meting	n motor [min ⁻¹]	n pomp [min ⁻¹]	P-net totaal kW	cos φ totaal	P Trafo 5 kW	P-sec f.o. kW	P-as kW	η trafo en FO [%]	η motor en twk [%]	η totale aandrijving [%]
2-1	750	79,7	513,9	0,82	20	464	426	95,7	91,8	87,9
2-2	563	59,8	265,7	0,79	21	208,5	187	88,4	89,7	79,3
2-3	750	79,7	525,4	0,82	21	475,1	437	95,8	92,0	88,1
2-4	563	59,8	262,6	0,82	22	215,7	197	93,2	91,3	85,1
2-5	750	79,7	532,3	0,82	20	495,3	456	98,4	92,1	90,6
2-6	563	59,8	269,0	0,80	20	224,9	206	93,5	91,6	85,6

5.9 Meetgegevens vermogens pomp 3

Tabel 5.3 Vermogens pomp 3

Meting	n motor [min ⁻¹]	n pomp [min ⁻¹]	P-net totaal kW	cos φ totaal	P Trafo 5 kW	P-sec f.o. kW	P-as kW	η trafo en FO [%]	η motor en twk [%]	η totale aandrijving [%]
3-1	750	79,7	543,8	0,82	18	506,8	466	97,97	91,95	90,08
3-2	563	59,8	273,0	0,80	18	233,5	209	94,77	89,51	84,83
3-3	750	79,7	529,8	0,82	18	481,1	445	95,56	92,50	88,39
3-4	563	59,8	254,7	0,79	17	212	193	92,77	91,04	84,46
3-5	750	79,7	516,2	0,82	18	467,9	434	95,52	92,75	88,60
3-6	563	59,8	309,9	0,80	18	199,7	180	70,42	90,14	63,47

5.10 Bespreking rendementen

5.10.1 Trafo- en f.o.-rendement

De eerder genoemde wijze van registratie (zie 5.2) leidt tot een verschil in nauwkeurigheid tussen de verschillende metingen. Dit uit zich met name in een grovere spreiding van de meetpunten van "P-net totaal" voor pomp 2 en 3, en voor pomp 1 meting 1-5 en verder.

Voor pomp 1 varieert het rendement tussen 94 en 98%. Pompen 2 en 3 geven een soortgelijk beeld, echter hier treedt meer variatie op in het rendement ten gevolge van bovengenoemde meet(on)nauwkeurigheid.

5.10.2 Motor-tandwielkast rendement

Het rendement van motor met tandwielkast ligt bij hogere belastingen op een gemiddelde van ca. 92%. Bij deellasten ligt het gemiddelde op ongeveer 90%. Dit zijn rendementen die men normaal zou kunnen verwachten.

6 Bespreking meetresultaten garanties

6.1 Algemeen

Per definitie hebben meetpunten enige spreiding. De getekende grafieklijn is een gemiddelde, en bepaald uit de meetpunten. Bij de bespreking van de meetresultaten is vervolgens uitgegaan van de grafieklijn, te weten bovengenoemd gemiddelde. Meetpunten verkregen uit meerdere toerentallen zijn met verschalingsregels omgerekend naar de respectievelijke overige toerentallen. De overige punten zijn hieruit berekend.

De meetresultaten van de pompen 1 tot en met 3 staan weergegeven in grafiekvorm in de bijlagen 3 tot en met 5. De garantie-eisen zijn vermeld in het bestek T002-3848280JVR-D01-D blz. 14. De ontwerp- c.q. garantiegegevens luiden:

Ontwerp:

- Q = 900 m³/min;
- H_{stat} = 2,00 mWk;
- n = 79 omw/min.

De meetgegevens zullen worden getoetst aan de garantiegegevens, zoals deze in deze rapportage ongewijzigd zijn overgenomen uit de garantiegrafieken van de leverancier, te weten Stork Pompen, met als aanduiding: Ordernr. GV 0005-002 pomptype BSV 280.

Conform bestek gelden over het gehele werkgebied de volgende toleranties met betrekking tot de capaciteit, specifiek energieverbruik en vermogensreserve:

- Capaciteit : $\pm 5\%$;
- Vermogen : $+ 7,5\%$;
- Vermogensreserve : geen bestekseis

Voor de goede orde: in de garantiegegevens is het vermogen uitgedrukt in het vermogen aan de pompas. Derhalve is een vergelijking gemaakt met de vermogens verkregen uit de rekstrookmeting van de firma JVS. Deze zijn hier rechtstreeks mee te vergelijken. Het hieronder behandelde specifiek energieverbruik is betrokken op het asvermogen.

Het toerental behorende bij de garantiegegevens bedraagt 79,0 omw/min. Bij het maximum toerental van de aandrijving bleek dat het pomptoerental 79,7 omw/min bedraagt. Teneinde de meetgegevens te kunnen vergelijken met de garantiegegevens zijn de laatstgenoemde omgerekend naar 79,7 omw/min. Dit leidt tot de volgende garantiegegevens:

- Q = ca. 906 m³/min;
- H_{stat} = 2,00 mWk;
- n = 79,7 omw/min.
- $H_{\text{stat-max}}$ = 3,40 mWk (bepaald uit $H_{\text{instr.}} = \text{NAP } -0,90 \text{ m}$ en $H_{\text{uitstr.}} = \text{NAP } +2,50 \text{ m}$).

6.2 Resultaten pomp 1

In bijlage 3 zijn de verkregen resultaten bij twee toerentallen en drie opvoerhoogten weergegeven in de grafieken.

6.2.1 Capaciteit

Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt de uit de grafiek bepaalde capaciteit ca. 940 m³/min. De afwijking met de garantiewaarde (906 m³/min) bedraagt +3,8 %.

6.2.2 Energieverbruik

Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt het uit de grafiek bepaalde vermogen ca. 482 kW. De afwijking met het vermogen in het garantiepunt (515 kW) bedraagt -6,4 %.

Het specifiek energieverbruik bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min dat is vastgesteld uit de meetresultaten bedraagt circa 8,8 kWh/1000 m³. De bijbehorende garantiewaarde van het specifiek energieverbruik bedraagt 9,5 kWh/1000 m³. De afwijking met de garantiewaarde bedraagt -7,3 %.

6.2.3 Analyse vermogensreserve

Bij de maximaal optredende opvoerhoogte van $H_{\text{stat}}=3,40$ m is vanwege het ontbreken van meetgegevens in dit meetbereik niet objectief vast te stellen of er voldoende vermogensreserve beschikbaar is. De garantielijne van het vermogen vertoont een maximum bij $H_{\text{stat}}=2,00$ à 2,50 m. Uit recente metingen van TAUW bij dit pomptype (BSV280) op een andere locatie is daadwerkelijk gemeten dat dit maximum zich bij deze opvoerhoogte voordoet. Het maximum van $H_{\text{stat}}=2,00$ à 2,50 m is dus maatgevend voor het vaststellen van de vermogensreserve.

Beschouwen we de ligging en trend van de gemeten vermogenslijn, wetende dat het beschikbare asvermogen 585 kW bedraagt, dan kan geconcludeerd worden dat er over het hele werkgebied voldoende vermogensreserve aanwezig is. Volgens de garantiegrafiek van Stork Pompen (Flowserve) strekt de bovenkant van het werkgebied van deze pomp zich uit tot een opvoerhoogte van ca. $H_{\text{stat}}=3,80$ m.

6.3 Resultaten pomp 2

In bijlage 4 zijn de verkregen resultaten bij twee toerentallen en drie opvoerhoogten weergegeven in de grafieken.

6.3.1 Capaciteit

Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt de uit de grafiek bepaalde capaciteit ca. 930 m³/min. De afwijking met de garantiewaarde (906 m³/min) bedraagt +2,6 %.

6.3.2 Energieverbruik

Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt het uit de grafiek bepaalde vermogen ca. 484 kW. De afwijking met het vermogen in het garantiepunt (515 kW) bedraagt -6,0 %.

Het specifiek energieverbruik bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min dat is vastgesteld uit de meetresultaten bedraagt circa 9 kWh/1000 m³. De bijbehorende garantiewaarde van het specifiek energieverbruik bedraagt 9,5 kWh/1000 m³. De afwijking met de garantiewaarde bedraagt -5,3 %.

6.3.3 Analyse vermogensreserve

Bij de maximaal optredende opvoerhoogte van $H_{stat}=3,40$ m is vanwege het ontbreken van meetgegevens in dit meetbereik niet objectief vast te stellen of er voldoende vermogensreserve beschikbaar is. De garantielijne van het vermogen vertoont een maximum bij $H_{stat}=2,00$ à $2,50$ m. Uit recente metingen van TAUW bij dit pomptype (BSV280) op een andere locatie is daadwerkelijk gemeten dat dit maximum zich bij deze opvoerhoogte voordoet. Het maximum van $H_{stat}=2,00$ à $2,50$ m is dus maatgevend voor het vaststellen van de vermogensreserve.

Beschouwen we de ligging en trend van de gemeten vermogenslijn, wetende dat het beschikbare asvermogen 585 kW bedraagt, dan kan geconcludeerd worden dat er over het hele werkgebied voldoende vermogensreserve aanwezig is. Volgens de garantieline van Stork Pompen (Flowserve) strekt de bovenkant van het werkgebied van deze pomp zich uit tot een opvoerhoogte van ca. $H_{stat}=3,80$ m.

6.4 Resultaten pomp 3

In bijlage 5 zijn de verkregen resultaten bij twee toerentallen en drie opvoerhoogten weergegeven in de grafieken.

6.4.1 Capaciteit

Bij $H_{stat}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt de uit de grafiek bepaalde capaciteit ca. 870 m³/min. De afwijking met de garantiewaarde (906 m³/min) bedraagt -4,0 %.

6.4.2 Energieverbruik

Bij $H_{stat}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min bedraagt het uit de grafiek bepaalde vermogen ongeveer 507 kW. De afwijking met het vermogen in het garantiepunt (515 kW) bedraagt -1,5 %.

Het specifiek energieverbruik bij $H_{stat}=2,00$ mWk en een toerental van 79,7 omw/min dat is vastgesteld uit de meetresultaten bedraagt circa 9,8 kWh/1000 m³. De bijbehorende garantiewaarde van het specifiek energieverbruik bedraagt 9,5 kWh/1000 m³. De afwijking met de garantiewaarde bedraagt +3,2 %.

6.4.3 Analyse vermogensreserve

Bij de maximaal optredende opvoerhoogte van $H_{stat}=3,40$ m is vanwege het ontbreken van meetgegevens in dit meetbereik niet objectief vast te stellen of er voldoende vermogensreserve beschikbaar is. De garantielijne van het vermogen vertoont een maximum bij $H_{stat}=2,00$ à $2,50$ m. Uit recente metingen van TAUW bij dit pomptype (BSV280) op een andere locatie is daadwerkelijk gemeten dat dit maximum zich bij deze opvoerhoogte voordoet. Het maximum van $H_{stat}=2,00$ à $2,50$ m is dus maatgevend voor het vaststellen van de vermogensreserve.

Beschouwen we de ligging en trend van de gemeten vermogenslijn, wetende dat het beschikbare asvermogen 585 kW bedraagt, dan kan geconcludeerd worden dat er over het hele werkgebied voldoende vermogensreserve aanwezig is. Volgens de garantieline van Stork Pompen (Flowserve) strekt de bovenkant van het werkgebied van deze pomp zich uit tot een opvoerhoogte van ca. $H_{stat}=3,80$ m.

6.5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de meetresultaten blijkt dat de prestaties van pomp 1 en 2 dicht bij elkaar liggen. Beide hebben een iets hogere opbrengst bij de garantie-opvoerhoogte, terwijl de opgenomen vermogens onder de garantiewaarden liggen. Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk bedragen de capaciteiten respectievelijk 940 en 930 m³/min.

De opbrengst van pomp 3 is iets minder dan van pomp 1 en 2, en ligt onder het garantiepunt. Het opgenomen vermogen nadert bij de garantie-opvoerhoogte de garantiewaarde. Bij $H_{\text{stat}}=2,00$ mWk bedraagt de capaciteit 870 m³/min.

Naar aanleiding van de metingen kan geconcludeerd worden dat alle drie de pompen voldoen aan de gestelde toleranties met betrekking tot de garantiegegevens. De gemeten afwijkingen ten opzichte van de garantiegegevens zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Gemeten afwijkingen in %

	Afwijkingen in procenten gemeten bij $H_{\text{stat}} = 2,00$ mWk		
	<i>Q</i>	<i>P</i>	<i>P_{specifiek}</i>
Pomp 1	+3,8 %	-6,4 %	-7,3%
Pomp 2	+2,6 %	-6,0 %	-5,3%
Pomp 3	-4,0 %	-1,5 %	+3,2 %

In hoofdstuk 4.1 is reeds het aspect toerenregeling genoemd. Uit oogpunt van energiebesparing alsmede optimalisatie van het pompbedrijf zouden wij het Hoogheemraadschap willen aanbevelen om gebruik te maken van deze mogelijkheid.

Bijlage 1

Overzicht meetlocatie



Figuur 6.1

Bijlage 2

Garantiegrafiek Stork Pompen gemaal De Helsdeur

Bijlage 3

Meetgrafieken pomp 1 van gemaal De Helsdeur

Bijlage 4

Meetgrafieken pomp 2 van gemaal De Helsdeur

Bijlage 5

Meetgrafieken pomp 3 van gemaal De Helsdeur