

**서울특별시 상수도사업본부**

**남부수도사업소**

**노량진(배)가압장 펌프 효율측정 용역**

**보고서**

2012. 07.

**주식회사 터보엔에스**

# 제 출 문

남부수도사업소 귀하

귀소에서 의뢰하신 『노량진(배)가압장 펌프 효율 측정 용역』 과업을  
성실히 수행하고 그 실시 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2012년 07월 일

(주) 터 보 엔 에스

대표이사 권 명 래(인)

# 목 차

제 1 장 과업의 개요 .....	1
1.1 과업의 명칭 .....	1
1.2 과업의 기간 .....	1
1.3 과업의 목적 .....	1
1.4 과업의 내용 .....	1
1.5 과업의 대상 .....	1
1.6 과업의 범위와 내용.....	1
1.7 과업추진 현황 .....	2
1.8 과업참여 기술자 .....	2
제 2 장 진단방법 개요 .....	3
2.1 펌프의 성능진단 목적 .....	3
2.2 펌프의 원리와 구조, 효율의 중요성 .....	3
2.3 진단방법 .....	5
제 3 장 진단결과	
3.1 노량진(배)가압장 시설현황조사.....	10
3.2 현장 운영현황 .....	12
3.3 진단결과요약.....	12
3.4 조사 및 측정결과 요약.....	13
제 4 장 용역 수행 결과 관련 자료	
4.1 개선 전 후 측정결과 자료 .....	17
4.2 현장 측정 광경 사진.....	25

# 제 1 장 과업의 개요

## 1.1 과업의 명칭

“노량진(배)가압장 펌프 효율 정밀측정” 용역

## 1.2 과업 기간

2012. 06. 27 ~ 2012. 07. 26 (착수일로부터 30일간)

## 1.3 과업의 목적

- 노량진(배)가압장의 모터펌프 성능개선 전후의 펌프 효율을 측정하여 성능개선 효과를 분석 하고자 함.

## 1.4 과업의 내용

- 열역학적 펌프 성능 측정 장비를 이용 펌프효율 정밀 측정

## 1.5 과업의 대상

- 노량진(배)가압장 모터펌프 2대

가. 대방배수지 급수용 5호기 1250hp 1대

나. 상도배수지 급수용 3호기 970hp 1대

## 1.6 과업의 범위와 내용

- 지정된 대상 가압장 모터펌프에 대한 현장조사 및 기초자료 수집 (당초 제작사양과 시험성적서, 성능곡선도등)을 조사하고 현장에서 지정된 측정방법으로 펌프의 성능측정을 개선 전과, 개선 후에 실시한다.

## 1.7 과업의 추진현황

- 2012.06.27(수) : 개선 전 성능 정밀진단 실시
- 2012.06.27~30 : 자료 수집 조사
- 2012.06.29(금) : 대방5호기 개선작업(코팅작업)을 위해 반출
- 2012.07.02(월) : 상도3호기 개선작업(코팅작업)을 위해 반출
- 2012.07.09(월) : 상기 2대 코팅작업 완료 후 현장 반입
- 2012.07.10 ~12: 마모부품교체 및 펌프조립, 현장설치
- 2012.07.12(목) : 펌프설치 완료 및 시운전 실시
- 2012.07.16(월) : 개선 후 성능 정밀진단 실시
- 2012.07.17~ : 용역보고서 작성

## 1.8 과업의 참여기술자

분야별	성명	소속	학력 및 경력 사항
진단 및 용역보고서 작성 총괄	권명래	(주)터보엔에스	공학사, 25년
자료조사	정종섭	(주)터보엔에스	공학사, 16년
성능진단	최인용	(주)터보엔에스	공학사, 17년
성능진단	정윤희	(주)협성히스코	공학사, 15년

## 제 2 장 진단방법 개요

### 2.1 펌프의 성능진단 목적

에너지를 대량으로 소비하는 펌프의 경우에 설계된 유량, 즉 최고효율점에서 운전이 되도록 기계와 시스템을 매칭하는 것이 중요하다. 설치된 펌프는 십 수년을 수명으로 운전되기 때문에 운전도중 관로 상태가 변하고 수계의 변경과 수용가의 요구유량의 변화가 있을 수 있고, 또 펌프 자체의 성능도 저하하거나 변하여 최고효율점을 벗어나서 운전되는 경우가 많다. 이러한 경우 운전 상태를 실시간 또는 정기적으로 평가하여 펌프가 최적의 상태에서 운전되도록 유지시키기 위해 현장에서 실제로 운전되고 있는 펌프 개개의 성능과 운전현황을 정확하게 진단하는 것이 일반적이다. 노량진가압장 펌프는 2010년 4월에 정밀진단을 실시 하였으며 상대적으로 성능이 저하된 펌프를 대상으로 개선작업을 실시함에 있어 그 효과파악을 하기 위해 개선작업 전 후의 성능측정을 실시한다.

### 2.2 펌프의 원리와 구조, 효율의 중요성

#### 2.2.1 펌프의 원리

- 모터를 이용하여 전기에너지를 유체의 압력에너지로 변환
- 회전차의 회전을 이용하여 압력에너지 생성
- 원심펌프 : 깃의 의한 운동량 변화와 원심력에 의한 압력에너지 부가

#### 2.2.2 구조

- 회전차
- 케이싱
- 주축
- 웨어링
- 축수대
- 원동기

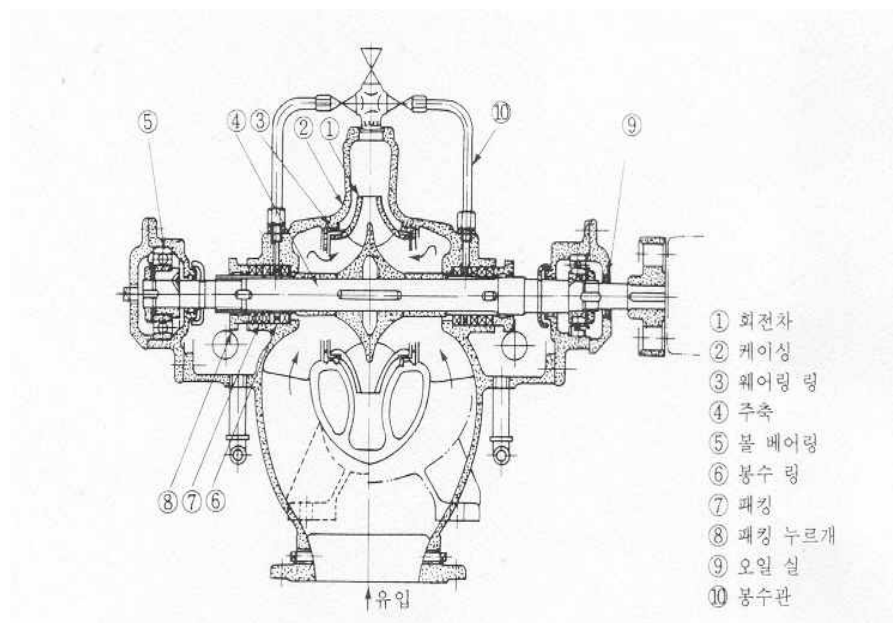


그림 1. 양흡입 펌프의 구조

### 2.2.3 펌프 효율의 중요성

- 펌프의 종합효율 : 입력되는 전기동력과 출력되는 수동력의 비
- 펌프효율 : 모터에서 펌프로 전달되는 동력(전기동력×모터효율)과 수동력의 비
- 최근 모터효율은 대형의 경우 95%에 달하고 경년변화에 따른 효율 저하율의 적음
- 펌프효율은 대형의 경우 최고효율점이 90% 정도이고 운전점에 따라 효율변화가 큼
- 펌프효율은 경년 변화에 따른 효율의 저하가 큼

**따라서 펌프효율의 관리는 사용 전력 절감에 큰 역할을 담당함**

- 펌프의 운전점

일정 회전속도에서 운전되는 펌프의 H-Q 성능은 (양정-유량 곡선) 체절점인 Q=0 에서 Q=최대 까지 광범위하게 표시되지만 실제 현장에서 운전할 때에는 관로 저항곡선과 H-Q 곡선과의 교점이 실 운전점이 되고 그 상태에서 H(양정), Q(유량), kW(소비동력) 등이 결정된다. 이와 같이 펌프에서의 소비동력은 토출량, 전양정과 해당운전점에서의 펌프효율에 따라 결정되므로 실제적으로 현장에서 운전되고 있는 펌프의 운전점이 중요하며 이에 따라 소비동력의 차이도 많이 나게 되며 효과적인 운전에 따라서 에너지절감도 상당히 실현할 수 있게 된다.

## 2.3 진단방법

펌프 성능의 정밀진단방법에는 유량을 직접 측정하는 수력학적 방법과 펌프 흡 토출 유체의 온도를 측정, 유량을 찾아내는 열역학적 방법이 있다.

기존 진단방법(수력학적인 방법)과 열역학적인 방법과의 비교는 다음과 같으며 이번 용역에서는 열역학적 측정방법을 적용 진단하였다.

### 2.3.1 기존 진단방법(수력학적 방법)

#### 2.3.1.1 진단장비

- 1) 진단장비 : 수력학적 효율진단장비 및 전력분석계
- 2) 측정값 : 펌프 흡/토출 압력, 유량, 전동기입력, 회전수

#### 2.3.1.2 측정원리

- 1) KSB 6301(수력학적인 측정방법)
- 2) 펌프의 양정, 유량, 전동기 입력전압의 측정
- 3) 수동력 평가에 의한 에너지 전달량 평가(식1)
- 4) 평가된 수동력과 전동기 출력으로부터 펌프효율 계산(식2)



그림 2. 유량측정

$$W_i = P_m \text{ (Power to motor kW)}$$

$$W_o = \rho g H Q \quad (1)$$

$$BHP = P_m \eta_m \text{ (kW)}$$

$$\eta_p = \frac{W_o}{BHP} = \frac{\rho g H Q}{P_m \eta_m} \quad (2)$$

$$W_o = \rho g H Q = P_m \eta_m \eta_p \quad (3)$$

여기서,

$W_i$  모터 입력 동력,  $W_o$  수동력,

$\eta_p$  펌프효율,  $P_m$  전동기입력,  $\eta_m$  전동기효율,

$BHP$  전동기 출력



그림 3. 전력측정



그림 4. 흡/토출 압력측정



### 2.3.1.3 수력학적 측정방법의 특성

- 1) 기존의 측정 센서를 이용하여 측정할 수 있는 간편한 방법
- 2) 토출량, 양정 및 전력 측정으로 직접적인 수동력 측정에 의한 현장효율측정( $\pm 5.0\%$ )
- 3) 초음파 유량계 설치를 위한 일정거리 직관부 필요
- 4) 측정시 기존의 운전조건 및 관로 변경 불필요
- 5) 유량계 설치조건에 따라 측정 정밀도 결정 ( $\pm 5.0\%$ )

### 2.3.1.4 측정방법

#### 1) 측정 파라미터

- 유량 : 배관에 초음파유량계를 설치하여 측정(그림 2, 어느 정도 정확한 측정을 위해서는 유량계 전/후단이 10D이상의 직관이 확보되어야한다)
- 전력 : 전력분석계로 전압, 전류, 역률, 전력을 동시에 측정(그림 3)
- 흡·토출 압력 : 펌프 흡입관과 토출관에 압력센서를 설치하여 측정(그림 4)
- 전양정 : 흡·토출 압력값을 사용하여 수학적으로 계산됨
- 펌프 효율 : 식(2)를 통해서 계산됨

#### 2) 측정 방법

- 펌프 흡토출 배관에 설치된 측정용 탭에 압력센서를 설치한다.
- 펌프 배관 직관부에 유량계를 설치한다.
- 펌프 전동기에 전력계를 설치한다.
- 흡토출 배관으로부터의 압력을 측정하여 양정을 측정하고 유량계로부터 유량을 측정하고 전동기의 입력전력을 측정한다.
- 측정된 양정, 유량과 동력으로부터 식(1), (2), (3)을 이용하여 펌프의 효율과 성능을 평가한다.

## 2.3.2 열역학적 펌프 효율 측정방법

### 2.3.2.1 진단장비

- 1) 진단장비 : 열역학적 효율진단장비(Yatesmeter등) 및 전력분석계
- 2) 측정값 : 펌프 흡/토출 유동의 온도 및 압력, 전동기입력, 회전수

### 2.3.2.2 측정원리

- 1) ISO 5198 precision class, Testing Class A (열역학적인 측정방법)
- 2) 펌프내부 통과 액체의 엔탈피 변화량 측정에 의한 에너지손실량 직접 평가(식 4)
- 3) 에너지손실량과 측정된 양정보로부터 펌프효율 계산(식 5)
- 4) 펌프효율, 양정 및 전동기입력/효율로부터 펌프토출량 산출(식 6)

$$W_i = W_o + Losses$$

$$W_o = \rho g H Q$$

$$Losses = \rho Q C_p \Delta T \quad (4)$$

$$\eta_p = \frac{W_o}{W_i} = \frac{1}{1 + \frac{C_p \Delta T}{gH}} \quad (5)$$

$$W_o = \rho g H Q = P_m \eta_m \eta_p$$

$$Q = \frac{P_m \eta_m \eta_p}{\rho g H} \quad (6)$$

여기서,

$W_i$  축동력,  $W_o$  수동력,  $\Delta T$  흡/토출 온도차,  
 $\eta_p$  펌프효율,  $P_m$  전동기입력,  $\eta_m$  전동기효율



그림 5. 온도 및 압력측정



그림 6. 전동기 입력전압 측정

### 2.3.2.3 열역학적 측정방법의 특성

- 1) 토출량 및 전력 측정없이 직접적인 손실량 평가에 따른 고정도 현장효율측정( $\pm 1.0\%$ )
- 2) 연합운전중인 시스템에서 개별펌프의 효율/성능 실시간 정밀측정
- 3) 기존 유량계 설치를 위한 일정거리 직관부 불필요
- 4) 측정시 기존의 운전조건 및 관로 변경 불필요
- 5) 기존 유량계 검교정 기준 정도의 정밀 유량 측정 ( $\pm 1.0\%$ )

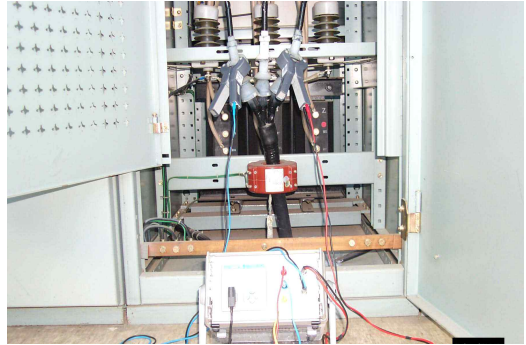


그림 7. 전동기 입력전류 측정

이와 같은 현장의 여러 가지 제약조건이 따르는 전통적인 수력학적 측정방법보다 현장의 조건에서도 신뢰성과 편리성, 정확도가 검증된 열역학적 측정방법을 이용하여 펌프 운전 성능을 평가함.

### 2.3.2.4 측정방법

- 1) 측정 파라미터

시간  
흡입 압력  
토출 압력  
흡입 온도  
토출 온도  
속도 수두  
입력 전력  
전양정  
입출구 온도차  
펌프 효율  
총 효율



그림 8. 펌프 성능 측정장치

## 2) 측정 방법

- 펌프 흡토출 배관에 설치된 측정용 탭에 온도 센서와 압력센서를 설치한다.
- 전력배전반에 전력계를 설치한다.
- 흡토출 배관으로부터의 압력과 온도를 측정하여 양정과 온도차를 측정하고 전동기의 입력전력을 측정한다.
- 측정된 양정과 동력 그리고 온도차로부터 식(4)와 (5)를 이용하여 펌프의 효율과 유량을 평가한다.
- 펌프의 성능측정은 처음 상시운전점인 밸브 100% 오픈상태에서 측정하고 단계적으로 20%씩 닫아 가면서 측정하고 편차가 심한 데이터는(최대, 최소값)은 취하지 않았다.

### 제 3 장 진 단 결 과

#### 3.1 노량진 (배) 가압장 시설현황 조사

소재지		동작구 본동 258-1						관 리		유인	
대 지		38,795m <sup>2</sup>	연면적	2040.78m <sup>2</sup>	구 조		콘크리트 슬라브	층 수	지상1층(지하4층)		
급수현황		급 수 지 역			급수세대	급수인구		급수량		수 계	
		대방배수지, 상도배수지			253,000	728,640		350,000 m <sup>3</sup> /일		암사	
구 분		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
모 타	마 력(HP)	1250	1250	1250	1250	1250	1250	970	970	970	970
	전 압(V)	6600	6600	6600	6600	6600	6600	6600	6600	6600	6600
	전 류(A)	102	102	102	102	102	102	77	77	77	77
	회전수(rpm)	705	705	705	705	705	705	1176	1176	1176	1176
	제 작 사	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성
	제작년월	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04
펌 프	형 식	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입	양흡입
	펌프구경 (흡입/토출)	900/800	900/800	900/800	900/800	900/800	900/800	500/400	500/400	500/400	500/400
	펌프형식	HDR 800-870A						HDR 400-700A			
	양 정(m)	52	52	52	52	52	52	86	86	86	86
	토출량(m <sup>3</sup> /분)	79	79	79	79	79	79	34.8	34.8	34.8	34.8
	제 작 사	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성	효성
제작년월	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	'01.04	
운전방법	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	대수제어	
급수방법	간접	간접	간접	간접	간접	간접	간접	간접	간접	간접	
변 압 기		7000KVA×2대		계약전력		7000KW	변전소		노량진(815-5090)		
유 량 계	형 식		구 경			제작사			설치년월		
	초음파(다회선)		2200 mm 1350 mm			전송반 : 자라다 유량계 : 창민			'01.04 '01.04		
표 고	가압장(펌프중심)		배수지(H.W.L)			최고급수지역			최저급수지역		
	5.85 m		55 m 91.4 m								
배 수 지	배수지명		소재지				용 량		재 질		
	대방 배수지		동작구 대방동 350-5				60,000 m <sup>3</sup>		철근콘크리트		
		상도 배수지		동작구 본동 126-249				30,000 m <sup>3</sup>		철근콘크리트	



가압장 외부전경



가압장 내부전경

### 대방계통 펌프 제원

구 분 가압펌프(#1~#6호)

형 식 수평축 양흡입 벌루트펌프

모 델 HDR 800-870A

용 량  $79.0\text{m}^3/\text{min} \times 52\text{mH} \rightarrow 79.0\text{m}^3/\text{min} \times 50\text{mH}$  2006년 개선작업 실시(양정감소)

구 경 900A×800A

회전속도 705rpm

펌프효율 84.0%

운전방식 정속운전

전동기 6,600V×30×10P, 930kW(1250HP)

설치년도 2001.04

제작자 Pump:효성, Motor:효성

수 량 6대

### 상도계통 펌프제원

구 분 가압펌프(#7~#10호)

형 식 수평축 양흡입 벌루트펌프

모 델 HDR 400-700A

용 량  $34.8\text{m}^3/\text{min} \times 86\text{mH}$

구 경 500A×400A

회전속도 1176rpm

펌프효율 80% → 84% 7,8,10호기 '08년 효율 개선(내부유로면 조도개선 작업)

운전방식 정속운전

전동기 6,600V×30×6P, 720kW(970HP)

설치년도 2001.04

제작자 Pump:효성, Motor:효성

수 량 4대

### 펌프 효율 측정절차

- 1) 펌프 흡, 토출관에 온도probe설치
- 2) 교정 작업수행
- 3) 펌프 흡, 토출관에 압력센스설치
- 4) 전기실로부터 power meter설치
- 5) 토출밸브 개도 조정하면서 성능측정
- 6) 성능곡선도 작성
- 7) 개선전후 자료비교

### 3.2 현장운영 현황

노량진 가압장에는 총 10대의 펌프가 설치운영 중에 있으며 1에서 6호기 6대는 대방배수지로 송수되며 운전대수는 최대 3대, 통상2대(하절기 통상3대)심야1대로 수요 유량에 따라 1대에서 3대가 운전 되고 있으며, 7호기부터 10호기 4대는 상도배수지로 송수되며 수요량에 따라 1대에서3대, 통상2대가 운전되고 있다. 각 계통에서는 2대 운전 시간이 상대적으로 많다.

토출측의 밸브는(제수변 및 B/V는) 통상 FULL OPEN 상태로 운전 되고 있다. 역지변(C/V)은 90~100% 정도 OPEN으로 운전되고 있었다.

### 3.3 진단결과 요약 (토출밸브 풀 오픈상태 운전 점) 및 정밀측정자료

호 기	유량 (m3/hr)	양정 (m)	펌프효율 (%)	축동력 (kw) (kw/m3)	비 고	운전대수
정격 사양	4,739	52	84	797	(930kw)	*양정50m로 개선작업(06년)
대방계통 5호기	5,396	48.2	83.2	851.5 (0.157798)	2010.4.30 측정자료	5, 2호 2대운전 (BEP 점)
개선 전	5,411	47.6	81.2	862 (0.159305)	2012.6.27 측 정	2대 병렬운전 (BEP 점)
개선 후	5,711	48.0	86.7	861 (0.150762)	2012.7.16 측정	1, 5호 2대 운전 (BEP 점)
비 고	2010년4월 효율측정결과 상대적으로 효율이 낮은(1호기84.8%, 2호기85.4%, 3호기85.8% 4호기85.5%, 5호기83.2%, 6호기 84.7%) 5호기를 개선대상으로 선정하여 개선작업 실시함. 성능 개선작업 결과 효율 향상 +5.5% 로 개선됨.					
정격 사양	2,087	86	80 (84%)	609.5	(720kw)	*7,8,10호기성능 개선공사실시08
상도계통 3호기	1,981	84.8	80.1	571.2 (0.288270)	2010.4.30 측정자료	1,3호기 2대운전
개선 전	2,000	84.01	78.6	585 (0.2925)	2012.6.27 측 정	2대 운전
개선 후	2,260	84.2	84.3	615 (0.272123)	2012.7.16 측정	1,3호기 2대운전
비 고	상도계통펌프는 2008년에 1, 2, 4호기에 대해 성능개선작업을 기실시하여 2010년4월 효율측정결과 성능이 양호(1호기 84.1%, 2호기 84.6%, 4호기 82.2%) 하게 나타났으나 개선작업을 실시하지 않은 3호기는 80.1%로 나타나 개선대상 호기로 선정하여 개선작업 실시함. 성능개선작업결과 효율향상 +5.7% 로 개선됨.					

각호기별 계측 포인트별 상세데이터의 시험성적서 및 성능곡선도는 첨부과 같다.

### 3.4 조사 및 측정 결과에 대한 의견

1) 대방배수지계통 펌프 6대 는 조사결과 2006년 개선작업 전의 운전 상황은 토출밸브 개도 율을(밸브를 더 열면 모터의 과부하발생으로) 50~65% 로 교축 하여 운전해야 하므로 실제 필요양정(47~48M)보다 높은 양정(약50M정도)에서 운전되므로 낭비요소가 있어, 이의개선작업을 실시 하였으며(회전차 외경 절삭 과 밸브 완전개방운전) 그 결과 ①전동기 과 부하 염려해소 ②밸브개방운전으로 시스템안정 ③ 낭비요소 제거로 동력 비 절감 등의 효과를 얻을 수 있었다. 실시시기는 2006.11~2007.1 사이에 회전차 외경절삭과 마모부품 교체작업을 실시하였음.(대방계통 펌프 1호기~6호기 6대의 전부를 개선 작업 실시하였음, 전동기 수선도 동시 실시)

#### 2) 효율저하 경향과 각 손실요소

개선전의 성능측정(2012.6)결과, 2010.4월 보다 성능이 다소 저하된 경향을 보이고 있는데 이는 각 펌프마다 다소의 차이는 있지만 운전시간이 경과하게 되면 효율은 자연히 저하하게 된다. 일반적으로 펌프의 운전 시간이 경과하게 되면 펌프의 운전점은 변하지 않더라도 펌프내의 부품 마모나 유로면 표면의 녹 발생이나 침식 등으로 표면 거칠기 변화 등으로 펌프의 성능은 저하될 수밖에 없을 것이다. 이것은 펌프 내에서 기계손실, 원판마찰손실, 회전차 손실, 누설손실, 케이싱수력손실, 재순환손실 등이 증가하기 때문일 것이다.

실제로 운전시간경과에 따른 웨어링 마모영향은 틈새증가가 되어 누설 손실의 증가가 되며, 유로면의 표면도 녹 발생 및 부식 등으로 거칠어져 마찰손실의 증가를 야기 시켜 효율저하가 자연적으로 일어나며 일반적인 운전시간 경과에 따른 효율저하 경향은 다음 그림과 같다.

(그림 출처 ;펌프핸드북, 박한영, 김경엽 공저 동명사 151 페이지)



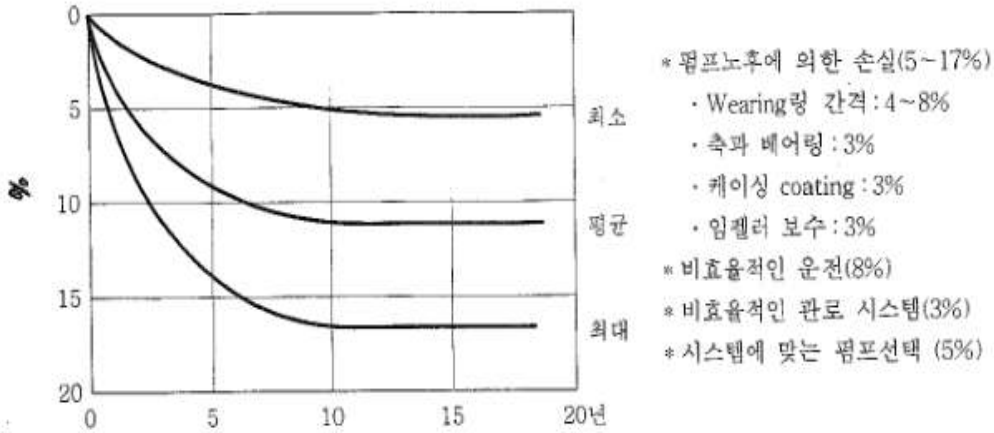


그림. 펌프운전시간 경과에 따른 효율저하

그림의 그래프에서 보면 펌프의 운전시간이 경과하여 10년 정도가 되면 최소 5%에서 최대 17%의 효율 손실을 예상하고 있다.

항목별로는 웨어링의 마모에 의해 누설손실에 따른 효율 2~8%의 손실, 축과 베어링에서생기는 기계적인손실에 따른 효율 1~3%의 손실, 케이싱에서 생기는 마찰손실에 따른 효율 1~3%의 손실, 회전차의 원판, 유동 등의 회전차 손실에 따른 효율 1~3%의 손실을 예상하고 있다.

실제적으로 K-Water의(한국수자원공사) 과거, 최근 5년간의 효율추이 그래프를 보면 효율저하 값이 5년경과 후 약 2~3%, 10년경과 후 약 4~5%, 15년경과 후 약 8~9% 정도로 나타나고 있어 일반적인 효율저하 그래프의 최소치에 근접하고 있어 이는 비교적 유지관리가 잘 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 그리고 2년경과에 약 2%의 효율저하를 보이고 있었다. 어떤 경우든 회전기계인 펌프는 운전개시가 시작되면 각 부품이 펌핑을 하는 역할을 담당하게 되고 유체의 이송과, 질량을 갖는 회전체의 회전 등으로 부품의 마모나 유로면의 거칠기는 나빠지는 종합적인 영향으로 효율저감은 일어날 수밖에 없다.

3) 현재의 운전양정은 2006년 말에 개선작업 시 목표한 양정 50m보다는 다소 저 양정인 47.5~ 48.5m 에서운전 되고 정격유량보다 많은 유량이 송출되고 있지만 밸브를 닫아 정격사양에서 운전 하는 것보다는 현재의 운전 점의 원단위생산성이 높기 때문에 밸브를 full-open 하여 운전 하고, 현재와 같이 수요량에 따라 대수제어에 의한 운전방법이 타당하다고 생각한다. 일반적으로 밸브를 닫고 운전하면 원단위 생산성이 저하 된다.

- 4) 또한 심야에 1대만 운전될 경우에도 개별펌프의 양정이 2대운전시 보다 더 저하된 양정의 운전 점 에서 운전되더라도 효율저하는 없기 때문에 양호한 운전이 유지 될 것이다.
- 5) 배수지 송수방식으로 향후에도 양정의변화도 크게 없을 것이며 현재의 운전양정에서의 성능이 양호하므로 정기적으로 운전 상태를 확인하고 성능이 저하된 호기를 대상으로 개선작업을 실시한다면 펌프장 전체 효율은 양호하게 운영 될 것이다.
- 6) 효율개선방법을 이미 이방법이 검정된, 펌프 유료면 표면조도 개선 작업과 마모부품 교체를 추천한다.
- 7) 대방계통 펌프는 2010년4월 효율측정결과 상대적으로 효율이 낮은 호기를 (1호기84.8%, 2호기85.4%, 3호기85.8% 4호기85.5%, 5호기 83.2%, 6호기 84.7%) 개선대상으로 선정하여 개선작업 실시함.  
**성능 개선작업 결과 효율 향상 +5.5%의 결과가 나타남.**
- 8) 상도배수지계통 펌프 4대의 2010년 성능측정 결과의 운전경향을 보면 유량-양정곡선이 당초제조업체 제시성능과 거의 동일하게 발휘되고 있으며 효율 또한 양호 한 상태를 나타내고 있었다. 다만 상도3호기 펌프는 유량- 양정의 성능이 다소 저하되어 나타나고 있었으며 효율은 정격효율(80%)을 만족 하나 타호기에 비해서는 효율이 3~4%가 낮은 것으로 나타났다. 이는 상도 계통 펌프도 2007년도에 효율 개선작업 실시하였으나 상도 3호기만 실시치 않았기 때문이다. 상수도 본부 진단 팀에서 2006년 진단 시 타 호기보다 효율이 높았기 때문에(그당시 타호기의 평균효율 76.6 %였으나 상도 3호기는 81.3% 이였음) 개선작업을 실시하지 않았기 때문이었으며 2010년 효율도 80.1%로 양호한 상태를 유지하고 있었음. 타호기(상도 1, 2, 4호기)는 성능개선작업 실시하여 효율을 향상 시켜 2010년 성능조사 시 1호기 84.1%, 2호기 84.6%, 4호기 82.2%양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 결과에 따라 상도 3호기를 금번에 성능개선작업 호기로 선정 하고 개선공사를 실시 한 것으로 조사 되었다.

9) 2010년 성능조사 결과를 보면 그 당시 운전양정은 정격양정인 86M과 비교 하면 1대운전 시 84M, 통상운전 하는 2대운전시 85M로 정격양정과 매우 근접하여 운전되고 있고 효율 저하값이 2007년과 2008년에 성능개선작업 실시 후 값과 큰 차이를 보이지 않고(약 1~2%저하) 양호한 상태로 유지 되고 있었음을 알 수 있고, 그때의 운전 점의 원단위생산성이 높기 때문에 밸브를 Full-open 하여 운전하고 수요량에 따른 대수 제어에 의한 송수방법에 문제가 없다고 기술되었다.

현재도 운전시간의 비율이 많은 2대 병렬운전시의 운전양정도 약 84m로 양정의 변화는 없었다.

10) 상도 계통도 배수지 송수방식으로 향후에도 양정의변화도 크게 없을 것이며 현재의 운전양정에서의 성능이 양호하므로 정기적으로 운전 상태를 확인 하고 성능이 저하된 호기를 대상으로 개선작업을 실시한다면 펌프장 전체효율은 양호하게 운영 될 것이다.

11) 상도계통 펌프도 효율개선작업을 실시한다면 그 방법은 이미 이방법이 검정된, 펌프 유로면 표면조도 개선 작업과 마모부품 교체를 추천한다.

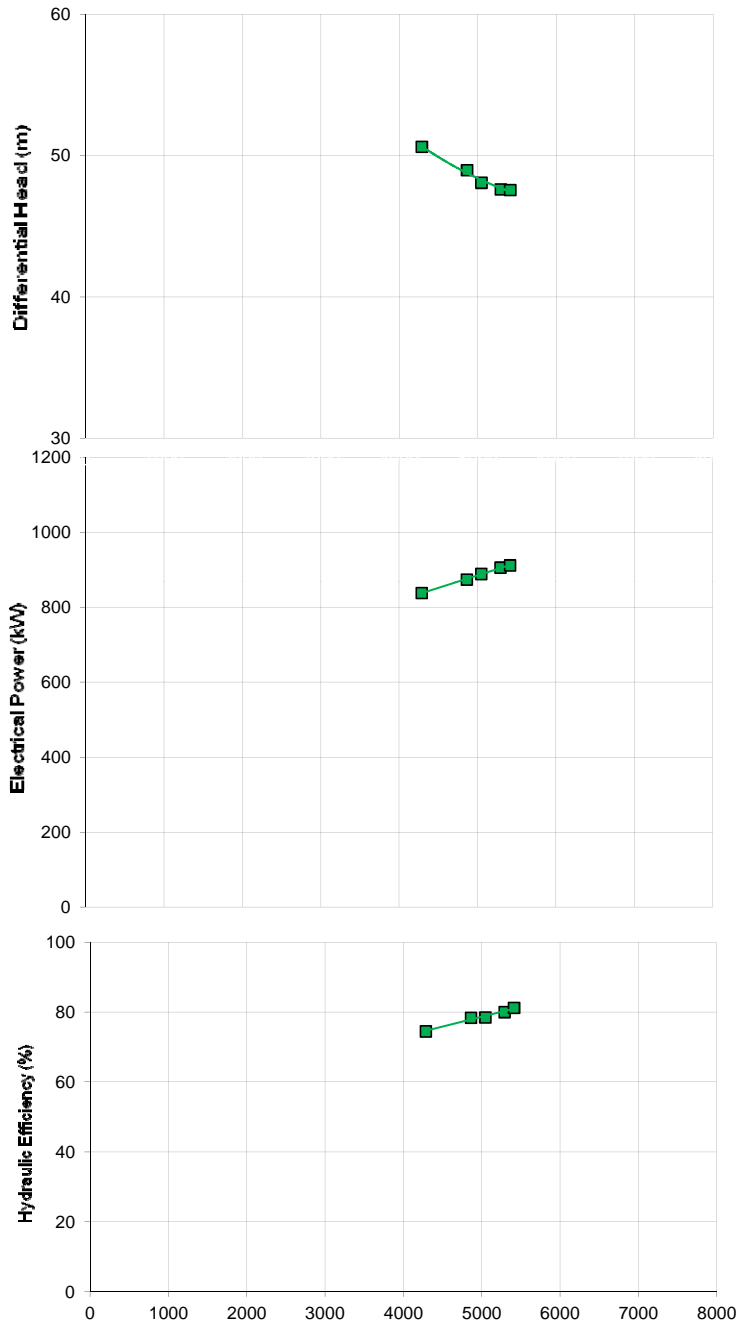
12) 상도계통펌프는 2007년에 1, 2, 4호기에 대해 성능개선작업을 기실시하여 2010년4월 효율측정결과 성능이 양호(1호기 84.1%, 2호기 84.6%, 4호기 82.2%) 하게 나타났으나 개선작업을 실시하지 않은 3호기는 80.1%로 나타나 개선대상 호기로 선정하여 개선작업 실시함.

성능 개선작업 결과 효율 향상 +5.7%의 결과가 나타남.

펌프 시험 성적서									
제 조 자		HYOSUNG-EBARA			의 료 자		상수도 사업본부/남부수도사업소		
제 조 일 자		-			시 험 펌 프		대방 5호기		
제 조 번 호		2002054-1-6			시 험 일 자		2012-06-27		
펌 프 형 식		HDR800-870A			시 험 양 액		청 수		
용 도		-			시 험 자		(주)터보엔에스		
규 정 요 목					전 동 기				
지정양액	청수	토출량	4739 m <sup>3</sup> /hr		형식	3상	주파수	60 Hz	
온도	23.3°C	전양정	52m		전압	6600V	극수	10극	
비중량	-	회전수	720 rpm		전류	99A	회전수	720rpm	
점도	-	펌프효율	- %		출력	930kW	제조번호	980349-6	
흡/토출	900/800mm	NPSHR	-		효율	94.50%	제조사	HICO	
토출량 측정방법: HISCO-PEMS					축동력 측정방법: 전력분석계				
계측항목		1	2	3	4	5	6	7	8
수온	°C	23.28	23.28	23.29	23.29	23.29			
회전수	rpm	-	-	-	-	-			
토출량	m <sup>3</sup> /hr	4285.43	4861.05	5044.34	5290.74	5411.35			
양정	흡입양정	m	4.19	4.19	4.15	4.18	4.21		
	토출양정	m	54.52	52.8	51.85	51.39	51.35		
	속도양정	m	0.21	0.27	0.29	0.31	0.33		
	전양정	m	50.64	48.98	48.09	47.62	47.57		
수동력	kw	589.97	647.28	659.48	684.94	699.81			
전동기	전압	V	6497.4	6501.7	6497.2	6502.9	6503.3		
	전류	A	79.96	83.34	85.81	87.37	87.95		
	역률	PF	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87		
	입력	kw	838	874	889	906	912		
	효율	%	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5		
출력	kw	792	826	840	856	862			
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토크	kgf·m	-	-	-	-	-			
축동력	kW	792	826	840	856	862			
펌프효율	%	74.5	78.4	78.5	80.0	81.2			
비고		2대 운전	2대 운전	2대 운전	2대 운전	2대 운전			
		호기	호기	호기	호기	호기			
		40%개도	50%개도	70%개도	85%개도	100%개도			

## 펌프 성능 곡선

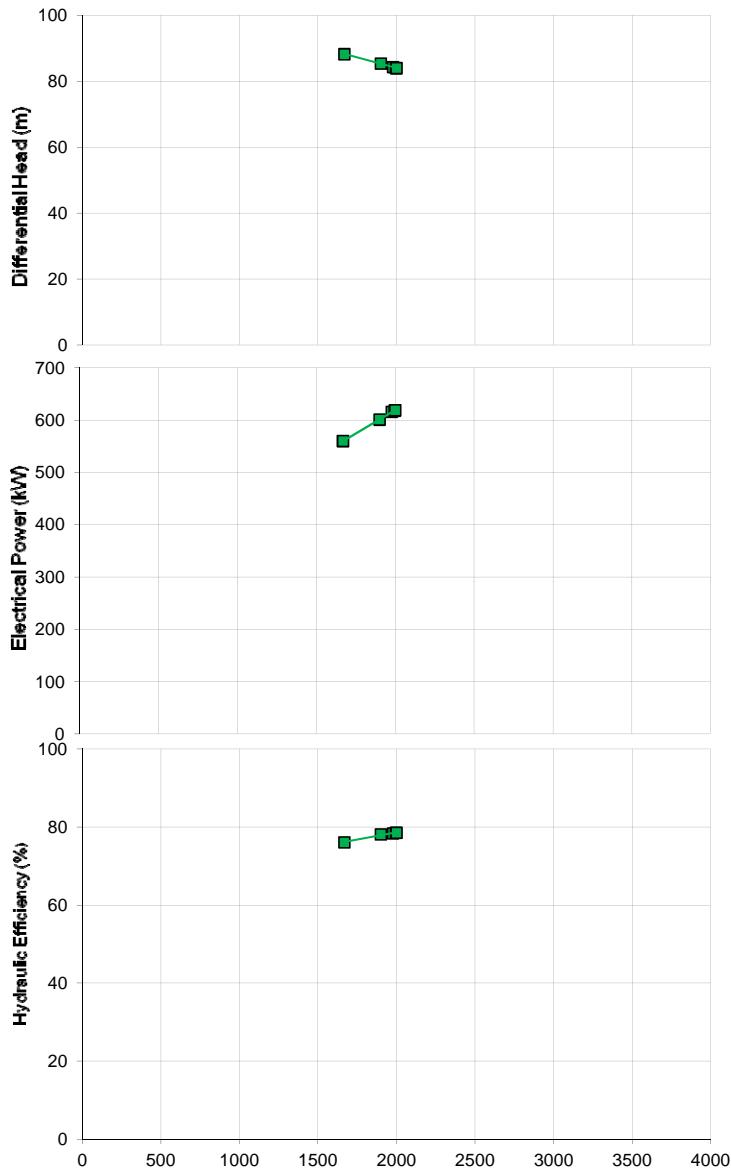
제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	4739 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-1-6	시 험 펌 프	대 방 5호 기	온 도	23.3°C	전 양 정	52m
펌 프 형 식	HDR800-870A	시 험 일 자	2012-06-27	비 중 량	-	전 등 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	900/800mm	회 전 수	720rpm	NPSHR	-



펌프 시험 성적서									
제 조 자	HYOSUNG-EBARA			의 례 자	상수도 사업본부/남부수도사업소				
제 조 일 자	-			시 험 펌 프	상도 3호기				
제 조 번 호	2002054-2-3			시 험 일 자	2012-06-27				
펌 프 형 식	HDR400-700A			시 험 양 액	청 수				
용 도	-			시 험 자	(주)터보 엔 에스				
규 정 요 목				전 동 기					
지정양액	청 수	토 출 량	2087 m <sup>3</sup> /hr	형 식	3상	주 파 수	60 Hz		
온 도	23.4°C	전 양 정	86m	전 압	6600V	극 수	6 극		
비 중 량	-	회 전 수	1160 rpm	전 류	75A	회 전 수	1160rpm		
점 도	-	펌 프효율	- %	출 력	720kW	제 조 번 호	980351-3		
흡 / 토 출	700/600mm	NPSHR	-	효 율	94.50%	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법: HISCO-PEMS				축동력 측정방법: 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	°C	23.36	23.4	23.37	23.38	23.42			
회 전 수	rpm	-	-	-	-	-			
토 출 량	m <sup>3</sup> /hr	1667.95	1900.29	1977.41	1995	2000			
양 정	흡입양정	m	5	4.98	4.98	4.99	5		
	토출양정	m	93.04	90.08	89.04	88.75	88.72		
	속도양정	m	0.13	0.18	0.19	0.20	0.19		
	전 양 정	m	88.27	85.38	84.35	84.06	84.01		
수 동 력	kw	402.88	443.79	456.38	458.80	459.60			
전 동 기	전 압	V	6671	6667	6666	6666	6666		
	전 류	A	56.93	59.89	60.94	61.12	61.25		
	역률	PF	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87		
	입 력	kw	560	601	616	618	619		
	효 율	%	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5		
	출 력	kw	529.2	567.945	582.12	584.01	584.955		
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토 크	kgf · m	-	-	-	-	-			
축 동 력	kW	529.2	567.945	582.12	584.01	584.955			
펌 프효율	%	76.13	78.14	78.4	78.56	78.57			
비 고	2대 운전	2대 운전	2대 운전	2대 운전	2대 운전				
	호기	호기	호기	호기	호기				
	40%개도	50%개도	70%개도	85%개도	100%개도				

## 펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2087 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-2-3	시 험 펌 프	상도 3호기	온 도	23.4°C	전 양 정	86m
펌 프 형 식	HDR400-700A	시 험 일 자	2012-06-27	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	700/600mm	회 전 수	1160rpm	NPSHR	-

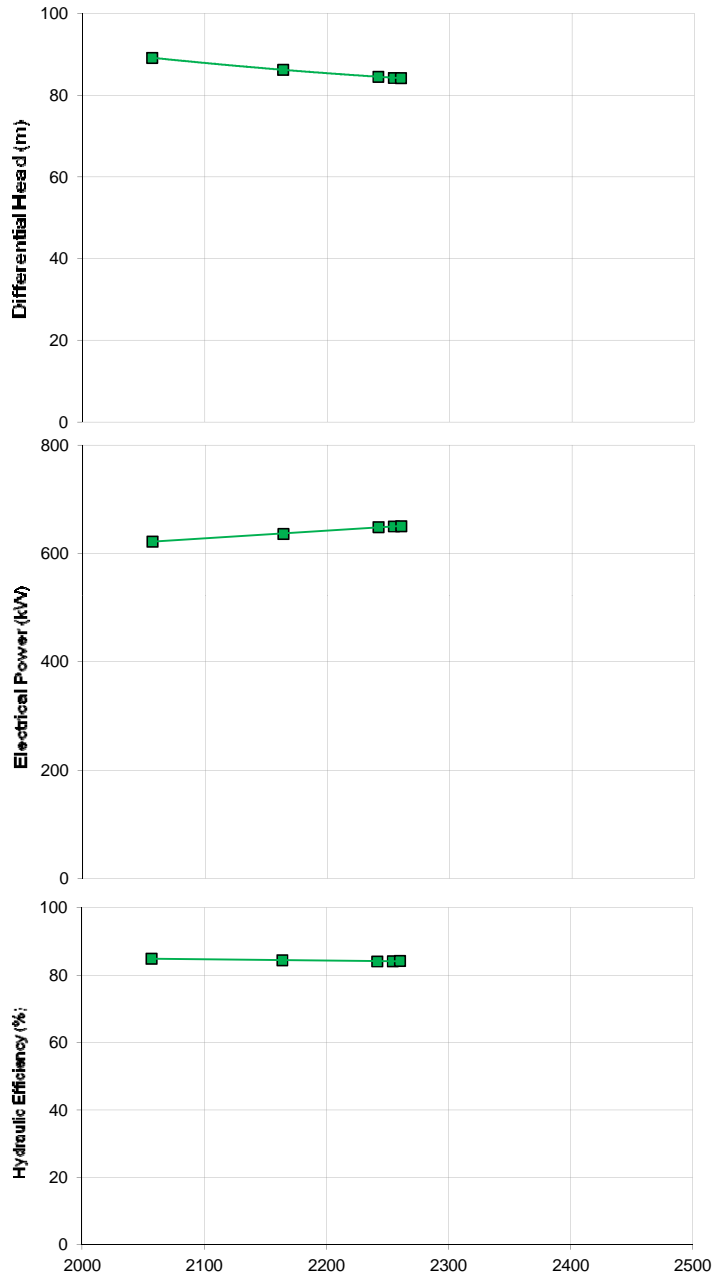


펌프 시험 성적서									
제 조 자	HYOSUNG-EBARA			의 례 자	상수도 사업본부/남부수도사업소				
제 조 일 자	-			시 험 펌 프	상도 3 호기				
제 조 번 호	2002054-2-3			시 험 일 자	2012-07-16				
펌 프 형 식	HDR400-700A			시 험 양 액	청 수				
용 도	-			시 험 자	(주)터보 엔 에스				
규 정 요 목				전 동 기					
지정양액	청 수	토 출 량	2087 m <sup>3</sup> /hr	형 식	3상	주 파 수	60 Hz		
온 도	21.13℃	전 양 정	86m	전 압	6600V	극 수	6 극		
비 중 량	-	회 전 수	1160 rpm	전 류	75A	회 전 수	1160rpm		
점 도	-	펌 프 효 율	- %	출 력	720kW	제 조 번 호	980351-3		
흡/토출경	700/600mm	NPSHR	-	효 율	94.5%	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법: HISCO-PEMS				축동력 측정방법: 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	℃	21.13	21.13	21.13	21.12	21.12			
회 전 수	rpm	-	-	-	-	-			
토 출 량	m <sup>3</sup> /hr	2056.80	2163.90	2241.70	2254.30	2260.19			
양 정	흡입양정	m	4.88	4.85	4.84	4.86	4.87		
	토출양정	m	93.89	90.89	89.19	88.91	88.87		
	위치수두	m	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
	속도양정	m	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08		
	전 양 정	m	89.16	86.20	84.52	84.23	84.18		
수 동 력	kw	499.21	507.77	515.78	516.89	517.94			
전 동 기	전 압	V	6565.20	6561.23	6568.15	6567.71	6562.59		
	전 류	A	62.44	63.81	64.88	65.01	65.10		
	역률	PF	0.876	0.877	0.879	0.879	0.879		
	입 력	kw	621.98	635.94	648.79	650.06	650.47		
	효 율	%	94.50	94.50	94.50	94.50	94.50		
	출 력	kw	587.77	600.96	613.11	614.31	614.69		
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토 크	kgf · m	-	-	-	-	-			
축 동 력	kW	587.77	600.96	613.11	614.31	614.69			
펌프효율	%	84.93	84.49	84.12	84.14	84.26			
비 고		2대운전	2대운전	2대운전	2대운전	2대운전			
		호기	호기	호기	호기	호기			
		40%개도	50%개도	70%개도	85%개도	100%개도			



## 펌프 성능 곡선

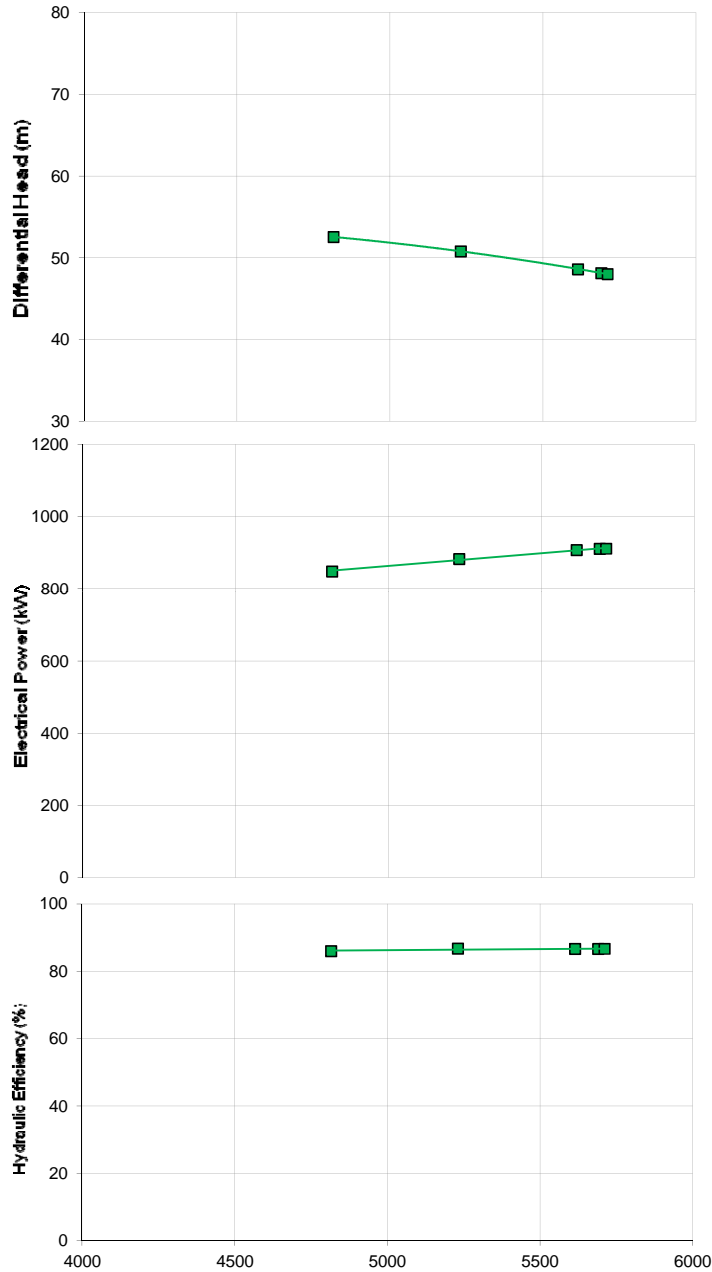
제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2087 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-2-3	시 험 펌 프	상 도 3 호 기	온 도	21.13°C	전 양 정	86m
펌 프 형 식	HDR400-700A	시 험 일 자	2012-07-16	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	700/600mm	회 전 수	1160rpm	NPSHR	-



펌프 시험 성적서									
제 조 자	HYOSUNG-EBARA			의 례 자	상수도 사업본부/남부수도사업소				
제 조 일 자	-			시 험 펌 프	대방 5 호기				
제 조 번 호	2002054-1-6			시 험 일 자	2012-07-16				
펌 프 형 식	HDR800-870A			시 험 양 액	청 수				
용 도	-			시 험 자	(주)터보 엔 에스				
규 정 요 목				전 동 기					
지정양액	청 수	토 출 량	4739 m <sup>3</sup> /hr	형 식	3상	주 파 수	60 Hz		
온 도	21.2°C	전 양 정	52m	전 압	6600V	극 수	10 극		
비 중 량	-	회 전 수	720 rpm	전 류	99A	회 전 수	720rpm		
점 도	-	펌 프 효 율	- %	출 력	930kW	제 조 번 호	980349-6		
흡/토출경	900/800mm	NPSHR	-	효 율	94.5%	제 조 자	HICO		
토출량 측정방법: HISCO-PEMS				축동력 측정방법: 전력분석계					
계 측 항 목		1	2	3	4	5	6	7	8
수 온	°C	21.22	21.22	21.21	21.20	21.29			
회 전 수	rpm	-	-	-	-	-			
토 출 량	m <sup>3</sup> /hr	4815.15	5230.89	5614.30	5690.24	5710.87			
양 정	흡입양정	m	4.05	4.03	4	4.03	4.08		
	토출양정	m	56.36	54.57	52.32	51.85	51.80		
	위치수두	m	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
	속도양정	m	0.14	0.16	0.19	0.21	0.20		
	전 양 정	m	52.55	50.80	48.61	48.13	48.02		
수 동 력	kw	688.82	723.37	742.92	745.54	746.53			
전 동 기	전 압	V	6671.57	6671.92	6659.87	6654.65	6649.52		
	전 류	A	86.74	89.52	91.88	92.29	92.43		
	역 륜	PF	0.846	0.853	0.856	0.856	0.856		
	입 력	kw	847.96	882.42	907.27	910.56	911.22		
	효 율	%	94.50	94.50	94.50	94.50	94.50		
	출 력	kw	801.32	833.89	857.37	860.48	861.10		
전달장치 효율	%	100	100	100	100	100			
토 크	kgf · m	-	-	-	-	-			
축 동 력	kW	801.32	833.89	857.37	860.48	861.10			
펌 프 효 율	%	85.96	86.75	86.65	86.64	86.70			
비 고		2대운전	2대운전	2대운전	2대운전	2대운전			
		호기	호기	호기	호기	호기			
		40%개도	50%개도	70%개도	85%개도	100%개도			

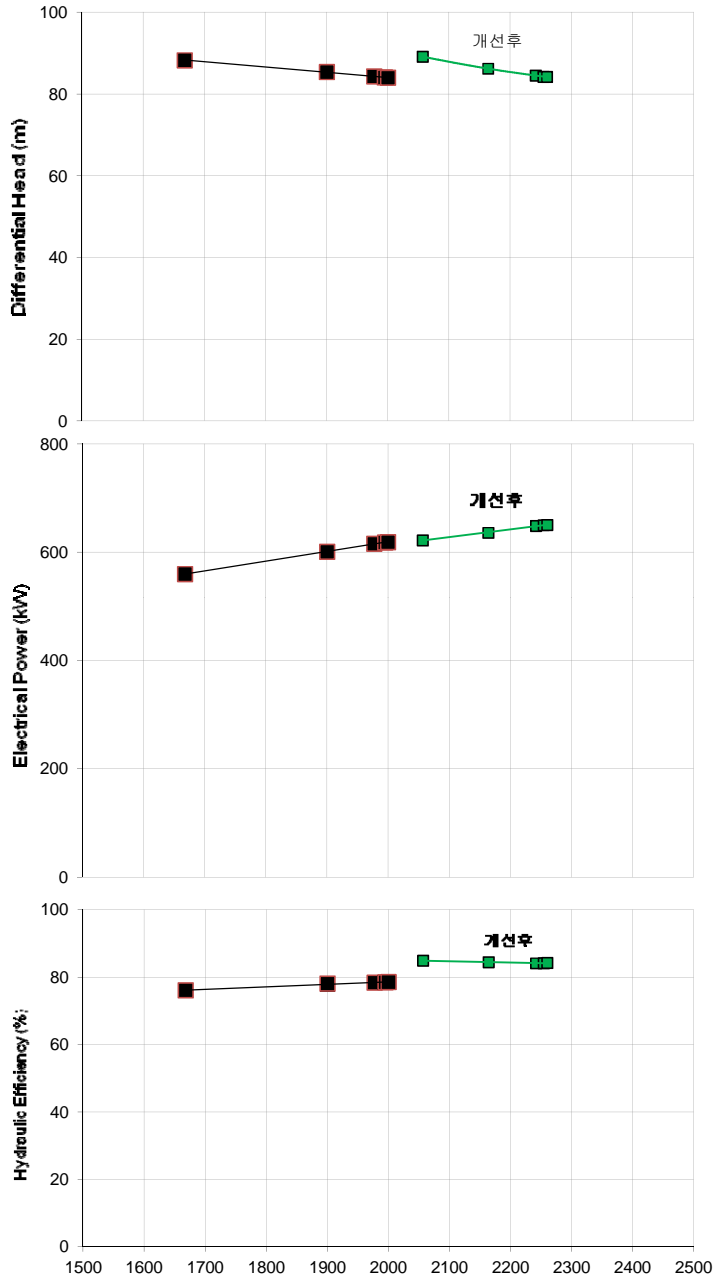
## 펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	4739 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-1-6	시 험 펌 프	대 방 5 호 기	온 도	21.2°C	전 양 정	52m
펌 프 형 식	HDR800-870A	시 험 일 자	2012-07-16	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	900/800mm	회 전 수	720rpm	NPSHR	-



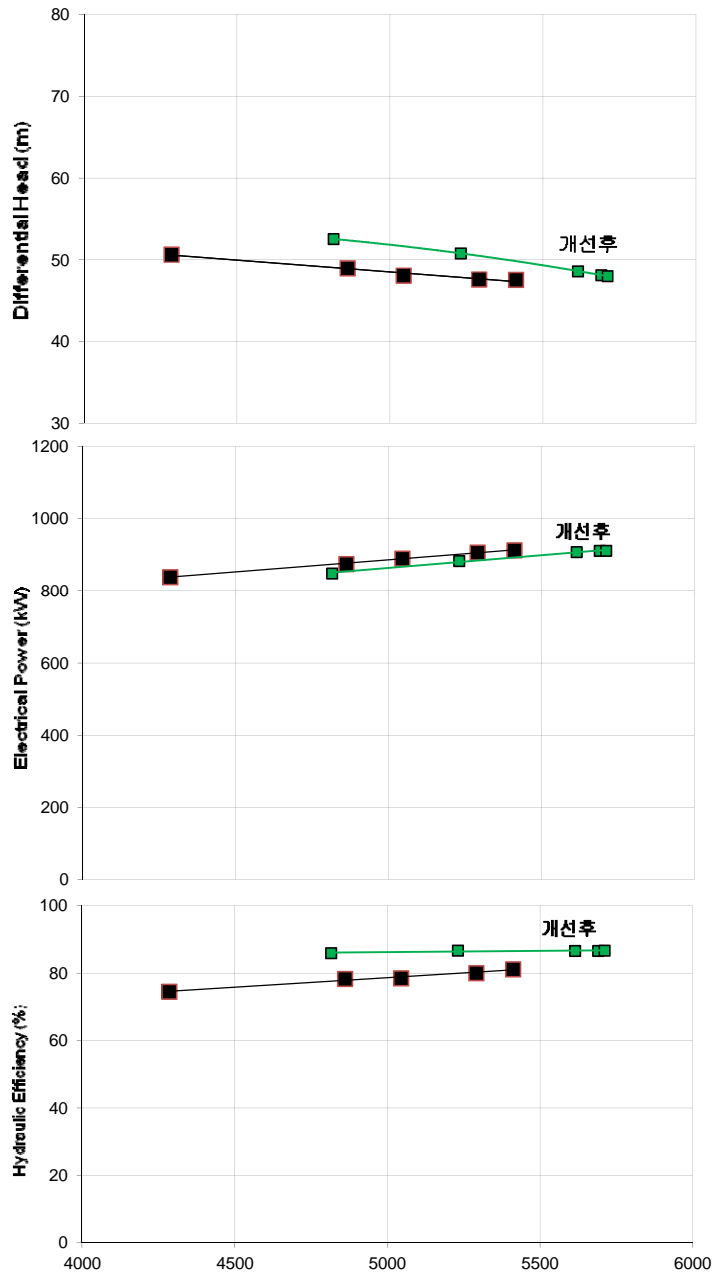
## 펌프 성능 곡선

제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	2087 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-2-3	시 험 펌 프	상 도 3 호 기	온 도	21.13°C	전 양 정	86m
펌 프 형 식	HDR400-700A	시 험 일 자	2012-07-16	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	700/600mm	회 전 수	1160rpm	NPSHR	-



## 펌프 성능 곡선

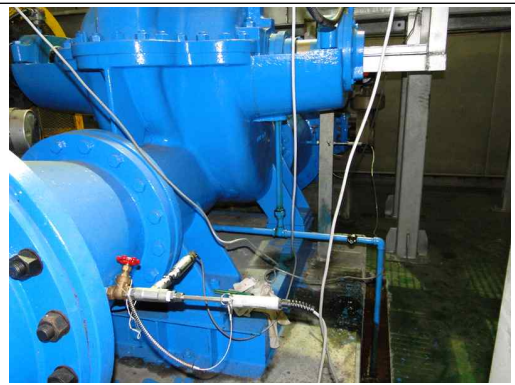
제 조 자	HYOSUNG-EBARA	시 험 양 액	청 수	지 정 양 액	청 수	토 출 량	4739 m <sup>3</sup> /hr
제 조 번 호	2002054-1-6	시 험 펌 프	대 방 5 호 기	온 도	21.2°C	전 양 정	52m
펌 프 형 식	HDR800-870A	시 험 일 자	2012-07-16	비 중 량	-	전 동 기	3상 6600V
의 료 자	상수도 사업본부/남부수도사업소	시 험 자	(주)터보엔에스	점 도	-	펌 프 효 율	-
용 도	-	흡/토출 크기	900/800mm	회 전 수	720rpm	NPSHR	-



노량진(배)가압장 펌프 성능측정 관련사진



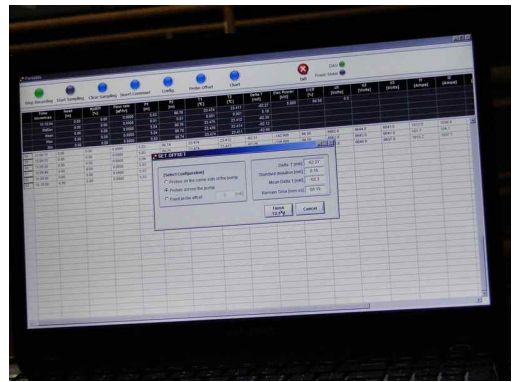
[사진1] 상도 3호 계측 센서 설치 중



[사진2] 온도 및 압력센서설치 완료



[사진3] 열역학적측정계기 설치



[사진4] 온도보정 작업 중



[사진5] 열역학적 측정계기 본체



[사진6] 전압 및 전류 측정 센서



[사진7] power meter 설치 및 측정



[사진8] 대방 5호기 펌프

	
<p>[사진9] 대방 5호기 토출측 센서설치</p>	<p>[사진10] 대방5호기 흡입측 센서 설치</p>
	
<p>[사진11] 대방5호 성능 측정</p>	<p>[사진12] 압력 및 온도 센서</p>
<p>[사진13]</p>	<p>[사진14]</p>
<p>[사진15]</p>	<p>[사진16]</p>