

펌프 클래스 데이터 분석 결과 정리

2025. 9. 12. (금)

장화정

한국전자기술연구원

1. Head = f(Flowrate, Stroke)

- Head = f(Flowrate, Stroke) 시각화
- 최적화할 파라미터 설정
- 교차 검증

2. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power

- Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power 시각화
- 최적화할 파라미터 설정
- 교차 검증

3. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency

- Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency 시각화
- 최적화할 파라미터 설정
- 교차 검증

4. Head Surface와 System Curve

- Head Surface와 System Curve 교차 시각화
- GPR Surface와 System Curve의 교차점 좌표

5. Efficiency Top N 좌표

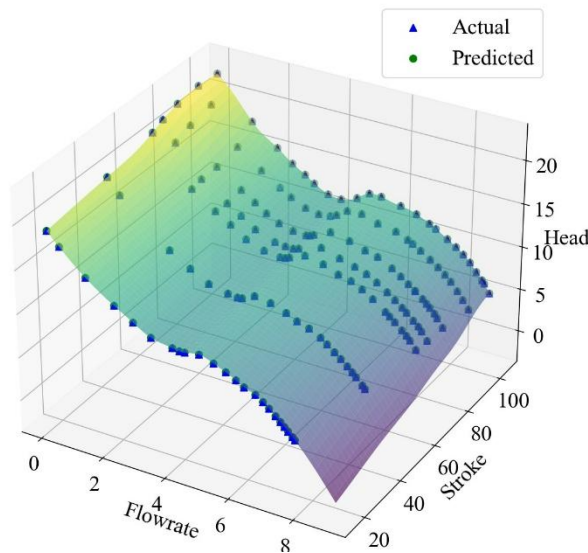
- Efficiency 기준 상위 20%의 좌표
- Efficiency 기준 상위 100개의 좌표

1. Head = f(Flowrate, Stroke)

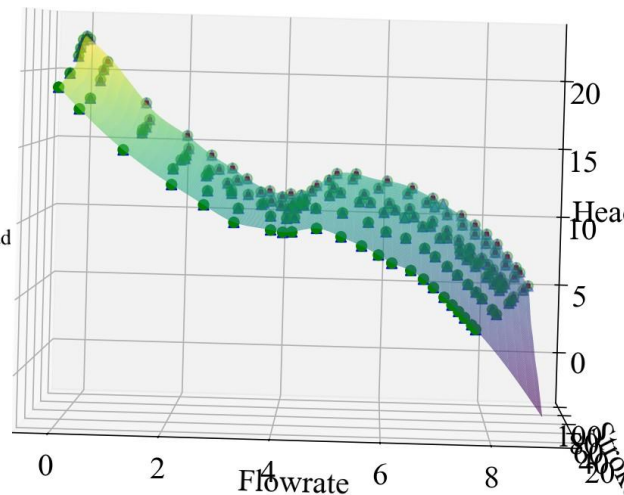
한국전자기술연구원

○ Head = f(Flowrate, Stroke) 시각화

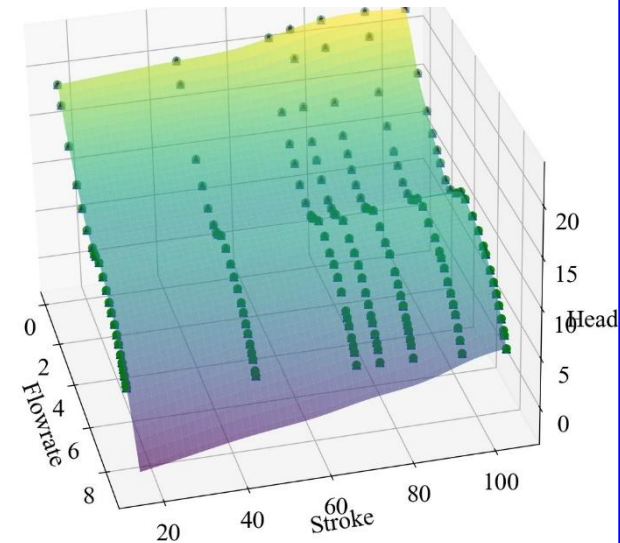
GPR Head Surface with Actual & Predicted



<기본 View>



<Flowrate축 기준 View >



<Stroke축 기준 View >

- Flowrate와 Stroke로 Head를 예측하는 GPR 모델을 3차원 곡면 및 산점도로 시각화
- 실제값은 파란 삼각형, 예측값은 초록 원, 두 값의 차이는 빨간 선으로 시각화

1. Head = f(Flowrate, Stroke)

한국전자기술연구원

o 최적화할 파라미터 설정

<최적화할 파라미터들의 초기값, 범위, 최적 값>

	Initial_theta	Bounds	Best parameter value
Constant_value (RBF)	1.0	1e-2, 1e2	0.01
Length_scale (RBF_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	1.61
Length_scale (RBF_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	11.8
Constant_value (Matern)	1.0	1e-2, 1e2	81
Length_scale (Matern_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	21.3
Length_scale (Matern_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	1610
Noise_level	1e-4	1e-6, 1e-1	0.0000532

- 최적화 하기 위한 초기값과 허용 범위 파라미터를 설정하고 최적 값까지 표시

1. Head = f(Flowrate, Stroke)

한국전자기술연구원

o 교차 검증

<Fold별 개수와 Score, 평균 Score>

	Train 개수	Test 개수	Fold별 R2	Mean CV R2
Fold 1/5	130	33	0.99996	0.9990
Fold 2/5	130	33	0.9989	
Fold 3/5	130	33	0.9990	
Fold 4/5	131	32	0.9993	
Fold 5/5	131	32	0.9981	

<Final Model의 Score>

Final Model R2 Score
1.0000

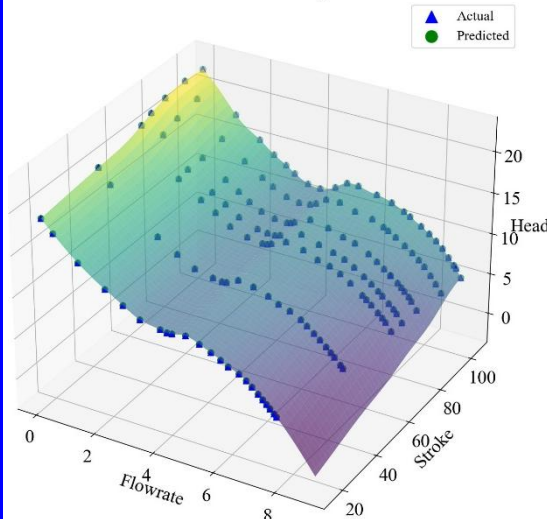
- 각 Fold 별 Train, Test 개수, R2 Score와 Fold별 R2 Score를 평균으로 계산한 R2 Score
- 최적화된 파라미터를 적용한 Final Model로 예측한 R2 Score

2. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power

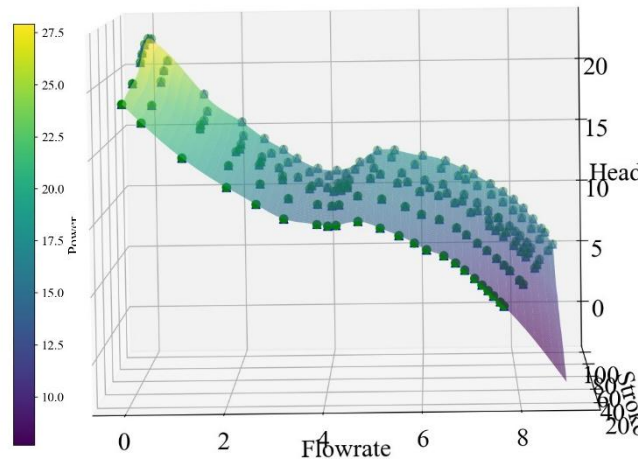
한국전자기술연구원

○ Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power 시각화

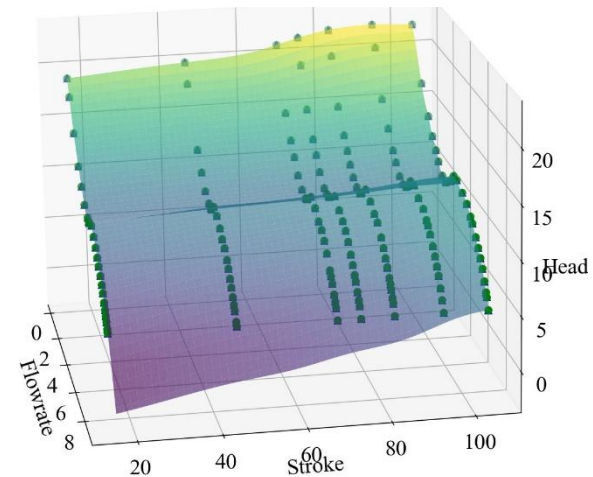
Head Surface colored by Power



<기본 View>



<Flowrate축 기준 View>



<Stroke축 기준 View>

- Flowrate와 Stroke로 Head를 예측하는 GPR 모델을 3차원 곡면 및 산점도로 시각화
- 곡면의 색을 Power 값으로 표현해서 에너지 소비 수준까지 시각적으로 파악 가능
- 실제값은 파란 삼각형, 예측값은 초록 원, 두 값의 차이는 빨간 선으로 시각화

2. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power

한국전자기술연구원

○ 최적화할 파라미터 설정

<최적화할 파라미터들의 초기값, 범위, 최적 값>

	Initial_theta	Bounds	Best parameter value
Constant_value (RBF)	1.0	1e-2, 1e2	22.2
Length_scale (RBF_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	3.06
Length_scale (RBF_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	17.2
Constant_value (Matern)	1.0	1e-2, 1e2	13.9
Length_scale (Matern_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	18.2
Length_scale (Matern_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	10000
Noise_level	1e-4	1e-6, 1e-1	0.000952

- 최적화 하기 위한 초기값과 허용 범위 파라미터를 설정하고 최적 값까지 표시

2. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Power

한국전자기술연구원

o 교차 검증

<Fold별 개수와 Score, 평균 Score>

	Train 개수	Test 개수	Fold별 R2	Mean CV R2
Fold 1/5	130	33	0.9986	0.9984
Fold 2/5	130	33	0.9967	
Fold 3/5	130	33	0.9996	
Fold 4/5	131	32	0.9989	
Fold 5/5	131	32	0.9985	

<Final Model의 Score>

Final Model R2 Score
0.9992

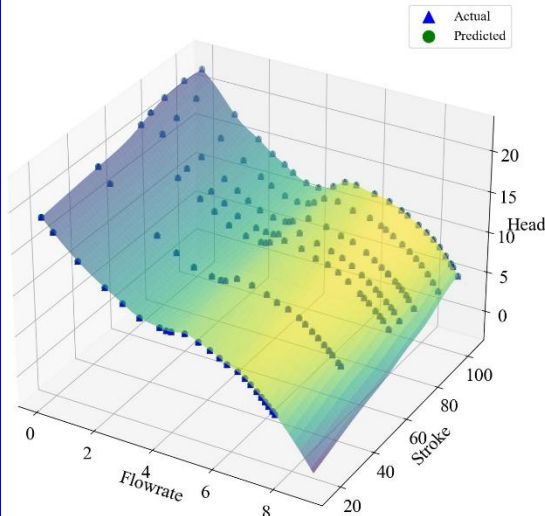
- 각 Fold 별 Train, Test 개수, R2 Score와 Fold별 R2 Score를 평균으로 계산한 R2 Score
- 최적화된 파라미터를 적용한 Final Model로 예측한 R2 Score

3. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency

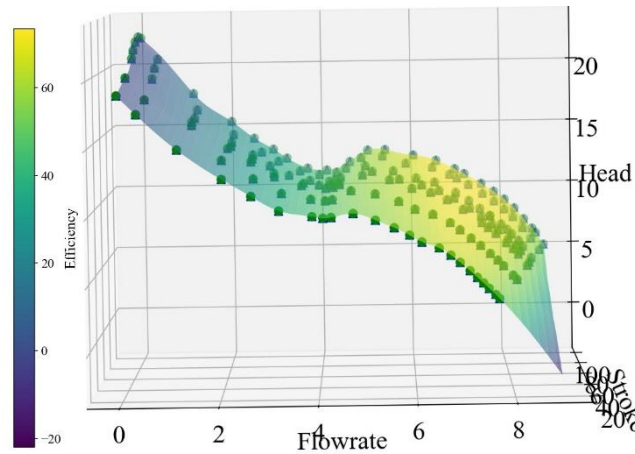
한국전자기술연구원

○ Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency 시각화

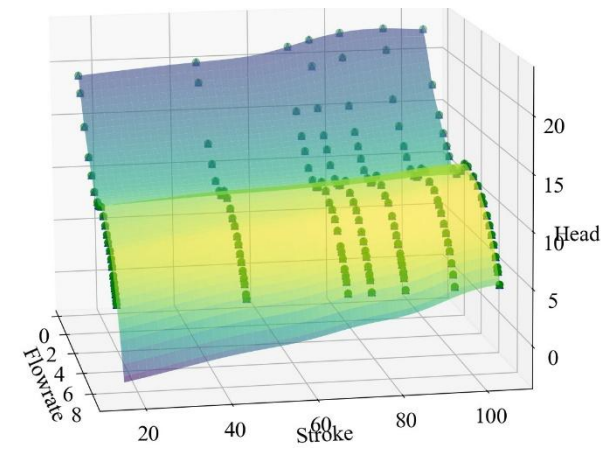
Head Surface colored by Efficiency



<기본 View>



<Flowrate축 기준 View>



<Stroke축 기준 View>

- Flowrate와 Stroke로 Head를 예측하는 GPR 모델을 3차원 곡면 및 산점도로 시각화
- 곡면의 색을 Efficiency 값으로 표현해서 에너지 소비 수준까지 시각적으로 파악 가능
- 실제값은 파란 삼각형, 예측값은 초록 원, 두 값의 차이는 빨간 선으로 시각화

3. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency

한국전자기술연구원

o 최적화할 파라미터 설정

<최적화할 파라미터들의 초기값, 범위, 최적 값>

	Initial_theta	Bounds	Best parameter value
Constant_value (RBF)	1.0	1e-2, 1e2	26.1121
Length_scale (RBF_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	10000
Length_scale (RBF_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	12.7
Constant_value (Matern)	1.0	1e-2, 1e2	17.8929
Length_scale (Matern_flowrate)	1.0	1e-2, 1e4	15.2
Length_scale (Matern_stroke)	1.0	1e-2, 1e4	113
Noise_level	1e-4	1e-6, 1e-1	0.0000433

- 최적화 하기 위한 초기값과 허용 범위 파라미터를 설정하고 최적 값까지 표시

3. Head = f(Flowrate, Stroke), Color = Efficiency

한국전자기술연구원

o 교차 검증

<Fold별 개수와 Score, 평균 Score>

	Train 개수	Test 개수	Fold별 R2	Mean CV R2
Fold 1/5	130	33	0.9999	0.9999
Fold 2/5	130	33	0.9999	
Fold 3/5	130	33	1.0000	
Fold 4/5	131	32	0.9998	
Fold 5/5	131	32	0.9999	

<Final Model의 Score>

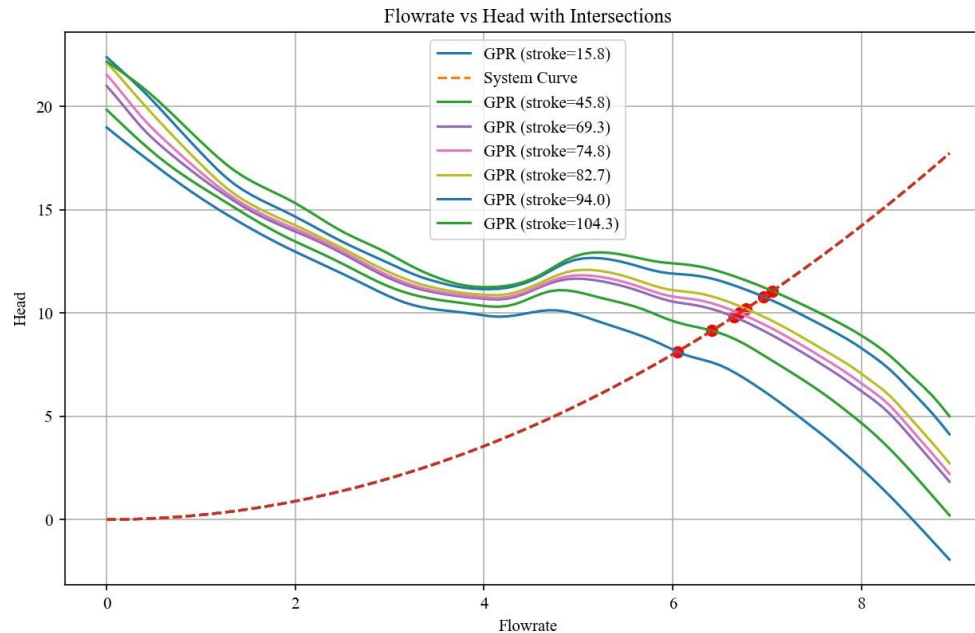
Final Model R2 Score
1.0000

- 각 Fold 별 Train, Test 개수, R2 Score와 Fold별 R2 Score를 평균으로 계산한 R2 Score
- 최적화된 파라미터를 적용한 Final Model로 예측한 R2 Score

4. Head Surface와 System Curve

한국전자기술연구원

○ Head Surface와 System Curve 교차 시각화



<Flowrate축 기준 View>

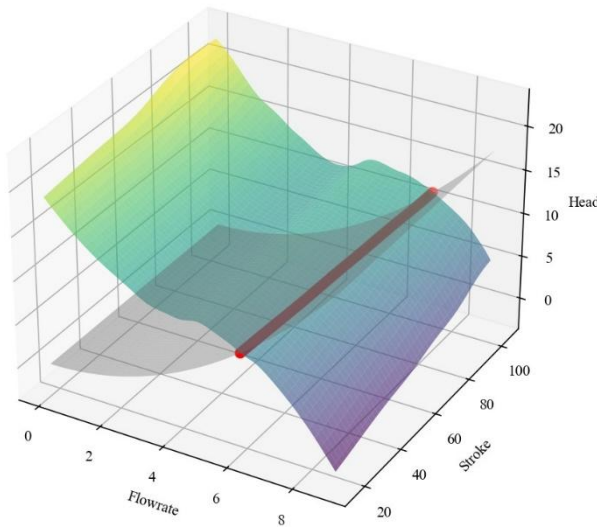
- GPR로 예측한 Head 곡선과 System Curve가 교차하는 것을 2D로 시각화
- Head 예측 곡선은 실선, 시스템 곡선은 빨간 점선, 교차점은 빨간 점
- 최적 운전점 탐색에 이용

4. Head Surface와 System Curve

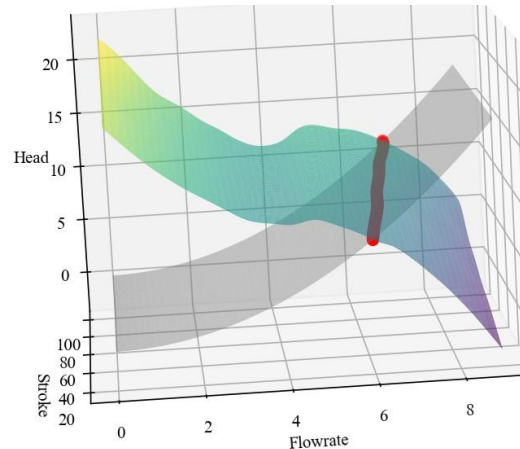
한국전자기술연구원

○ Head Surface와 System Curve 교차 시각화

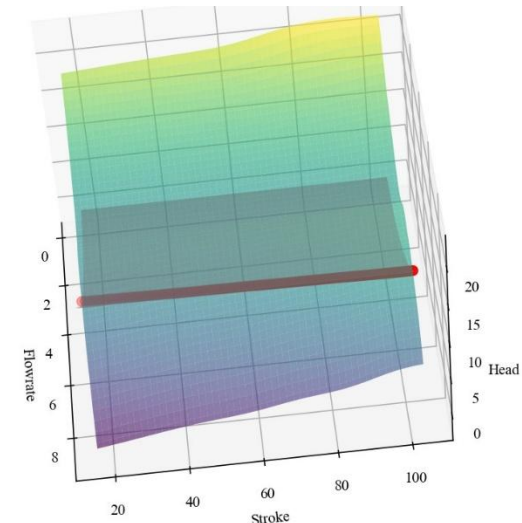
Exact Intersections: GPR Surface & System Curve (3D)



<기본 View>



<Flowrate축 기준 View>



<Stroke축 기준 View>

- GPR로 예측한 Head 곡면과 System Curve가 교차하는 것을 3D로 시각화
- GPR로 예측한 Head 곡면과 시스템 곡면의 교차점을 100개로 지정 후 시각화 했더니 선처럼 보여짐
- Head 예측 곡면은 viridis, 시스템 곡면은 회색, 교차점은 빨간색
- 최적 운전점 탐색에 이용

4. Head Surface와 System Curve

한국전자기술연구원

○ GPR Surface와 System Curve의 교차점 좌표

<교차점 좌표 7개>

Flowrate	Stroke	Head
6.0483	15.85	8.1307
6.4158	45.80	9.1483
6.6479	69.30	9.8222
6.7072	74.80	9.9980
6.7773	82.70	10.2081
6.9662	93.95	10.7852
7.0572	104.35	11.0687

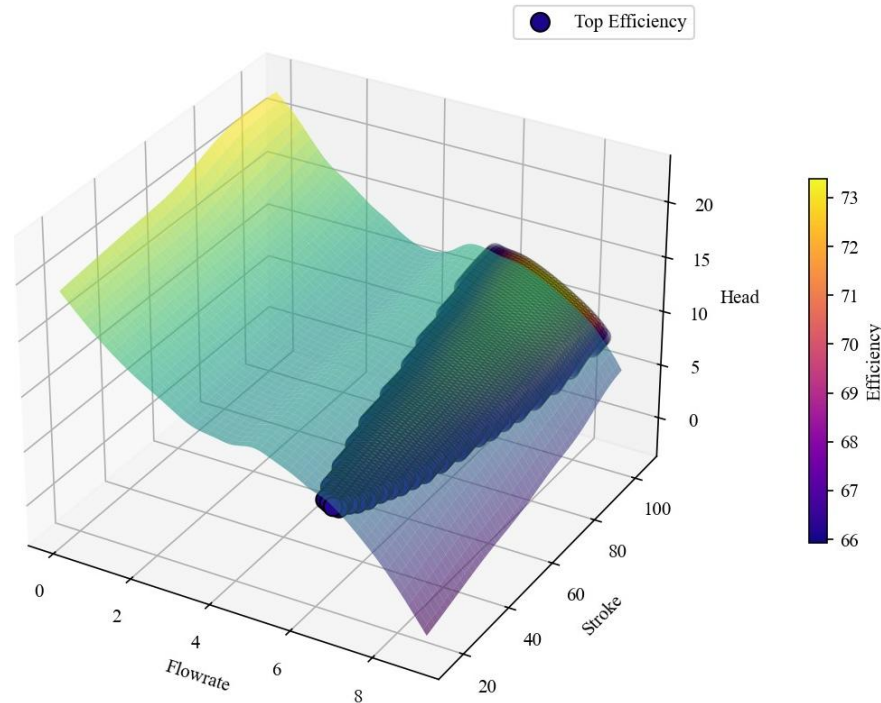
- 특정 Stroke 값에서 GPR Surface와 System Curve 곡면의 교차점(즉, 실제 운전점) 좌표

5. Efficiency Top N 좌표

한국전자기술연구원

○ Efficiency 기준 상위 20%의 좌표

GPR Surface with Top 20% Efficiency Points



<상위 20% 좌표>

- GPR Surface 전체에서 Efficiency가 높은 순으로 상위 20%의 지점을 찾음
- 이 지점이 실제 운전 가능한 지점을 의미 하지는 않음

5. Efficiency Top N 좌표

한국전자기술연구원

○ Efficiency 기준 상위 100개의 좌표

<상위 10개 좌표>

Flowrate	Stroke	Head	Efficiency	Power
7.130	98.092	10.757	73.38	17.005
7.130	98.986	10.801	73.38	17.073
7.130	99.880	10.838	73.38	17.129
7.130	97.198	10.704	73.38	16.926
7.130	100.774	10.867	73.38	17.174
7.130	101.668	10.890	73.38	17.209
7.130	102.562	10.907	73.38	17.234
7.130	96.305	10.645	73.38	16.836
7.130	103.456	10.919	73.38	17.252
7.130	104.350	10.926	73.38	17.264

- GPR Surface 전체에서 Efficiency가 높은 순으로 100개의 지점을 찾음
- 해당 지점 중 상위 10개의 Flowrate, Stroke, Head, Efficiency, Power를 출력
- 이 지점이 실제 운전 가능한 지점을 의미 하지는 않음



감사합니다