



UNFCCC Secretariat
Martin-Luther-King-Strasse 8
D-53153 Bonn
Germany

DET NORSKE VERITAS
CERTIFICATION AS
International Climate Change Services
Veritasveien 1
NO-1322 Høvik
Norway
Tel: +47-6757 9900
Fax: +47-6757 9911
http://www.dnv.com
NO 945 748 931 MVA

Att: CDM Executive Board

Your ref.:
CDM Ref 1170

Our ref.:
MLEH/KCHA

Date:
07 September 2007

**Response to request for review
K water Wind Power Plant Project in Bang-a-muri (Ref. no. 1170)**

Dear Members of the CDM Executive Board,

We refer to the issue raised in the requests for review raised by three Board members concerning DNV's request for registration of project activity 1170 "K water Wind Power Plant Project in Bang-a muri" and would like to provide the following clarifications.

Comment 1:

Further evidence of how the assumed plant load factor of 23.9 % has been validated is required.

DNV Response:

The plant load factor (PLF) of 23.9% considered for the K water wind power plant was verified by DNV against the detailed design report dated May 2007, prepared by Saman Engineering Company, a technical consulting engineering company.. The detailed design report showed that at a height of 80 m, at which the optimum wind speed is utilised, the net generation from the two turbines of rated 1.5MW capacity each is 6293 MWh. This amounts to a PLF of 23.9%.

A copy of the section of the detailed design report for the project activity that discusses the PLF has been provided as attachment (original text in Korean and English translation).

We sincerely hope that the Board accepts our aforementioned explanations and we look forward to the registration of the project activity.

Yours faithfully
for DET NORSKE VERITAS CERTIFICATION AS

Michael Lehmann
Technical Director
International Climate Change Services

C Kumaraswamy
Manager – South Asia
Climate Change Services

Attachment:

- Copy of the section of the detailed design report by Saman Engineering Company (original text in Korean and English translation)

제 3 장 풍력발전기 사양 및 성능검토

3.1 용량별 풍력발전 시스템 사양

풍력발전시스템에 대한 해외 기술 및 보급현황을 살펴보면, 현시점에서 가장 활발하게 보급되고 있고 기술안정성에서 뛰어난 풍력발전시스템의 용량은 1.5~ 3.0MW 가량으로 충분히 안정화된 기술로써 경쟁력이 있음을 알 수 있다.

그러나, 3,000kW 이하라는 제한으로 인해 2.0MW 가 이상의 초대형 풍력발전시스템은 초대형 구조물로써 운송과 건설에서 다소 어려운 점을 초래할 수 있을 것으로 판단됨에 따라, 건설여건과 제반 운송을 통한 중장비의 이동 등에서 해결책을 찾아야 하는 문제가 있다. 따라서 현재 국내에서 공급이 가능한 풍력발전 설비의 용량과 운송, 건설작업 공간 확보나 해외로부터의 원거리 운송에 따른 어려움 등을 종합적으로 감안한다면, 850kW~ 1.5MW 급 내외의 중형 용량의 풍력발전시스템으로 결정하는 것이 합리적일 것이다.

이밖에도, < 3.1> , , 확장성, , 850kW~ 1.5MW

< 3.1> 방아머리 공원 풍력발전단지 건설 대상 적정 용량의 분석

적정 용량 여 건	중형급 (850kW~ 1.5MW)	대형급 (1.5MW ~ 3.0MW)
풍속 여건()	○	□
운송건설 여건	○	□
확 장 여 건	○	○
전력선 연계 여건	◎	◎
사업 실용성()	○	□
적정 용량	○	□

◎ : ○ : □ : △: 아주 나쁨

따라서 방아머리 풍력발전단지 건설의 경제성 분석을 위한 사업비교 분석에는 850kW~ 1.5MW 가량으로 현재 국내에서 공급이 가능한 용량의 기종에 대해 함께 적용하여 비교 분석코자 한다. 2~ 3 지점의 제반 조건에 대한 용량별 사업성의 비교가 가능할 것이다.

그러나 지금 시점에서 특정 용량은 결정하였으나 특정 모델을 지정하는 것은 모델별로 근소한 성능의 차이에 의해 제반 성능분석의 결과가 달라질 수 있으므로, 향후 사업의 전개 시에 공개적인 평가를 통해 결정하는 것이 합리적이다. 따라서 여기에서는 앞서 정해진 특정

용량에 대해 특정 기종을 정하여 분석을 진행하고자 하나, 지정된 특정 모델이 최적화된 모델이라고 단정할 수는 없는 관계로 최종 평가 때의 평가 결과가 고려되어야 한다.

이상과 같이 방아머리 공원 인근의 건설여건과 계통연계 조건 및 총 용량 등을 고려하고, < 3.2> 표 같이 단일기당의 적정 용량을 결정할 수 있게 되고,

< 3.2> 단위기당 풍력발전시스템의 용량 구성

단위기당 용량 (kW)	모 델	기수	총 용량 (kW)
1,500	-	2	3,000
1,000	-	3	3,000
850	-	3	2,550

그러나, 동일 용량이라 해도 제작사마다 특성곡선의 차이로 인한 분석결과의 차이가 발생할 수 있으므로, 현 시점에서는 정해진 용량의 대표적인 기종모델에 대해 사업성 분석을 하였다. , 본 사업의 대상지역인 시화방조제 방아머리지역의 풍력자원이 다소 낮은 것을 감안하여, () 을 갖는 기종을 대표기종으로 선정하여 분석 하였다.

다음의 < 3.1> 1,500kW 77m, 80m) 풍력발전시스템의 전경을 보이고 있다. < 3.2> 1,000kW 61.4m, 60m) 풍력발전시스템의 전경을 보이고 있고, < 3.3> 850kW 58m, 55m) 풍력발전시스템의 전경을 보이고 있다.

그러나 앞서도 언급한 바와 같이 풍력발전시스템의 운전효율 즉, 발전량이나 이용률 등을 예측하기 위해서는 풍력발전시스템의 성능특성을 알아야 한다. 기상특성을 알고 있는 지역에 대해 특정 풍력발전시스템의 성능곡선을 대입하면 예상 발전량과 이용률을 예측할 수 있게 된다. , 상대적인 용량의 크기를 비교하기 위해서 각 적용 모델의 출력곡선을 다음의 < 3.4> |서 보이고 있는데, 비교적 저속의 풍속범위에서 높은 효율과 출력곡선을 갖는 각 제안기종간의 출력곡선을 비교하였다.

< 3.4> 1,500kW (Cut-In Wind Speed) (Cut-Out Wind Speed) 3m/s 25m/s 80m , 정격 풍속() 이후에서는 출력곡선 상에서 안정적으로 정격출력으로 제한하고 있는 것을 보이고 있다.



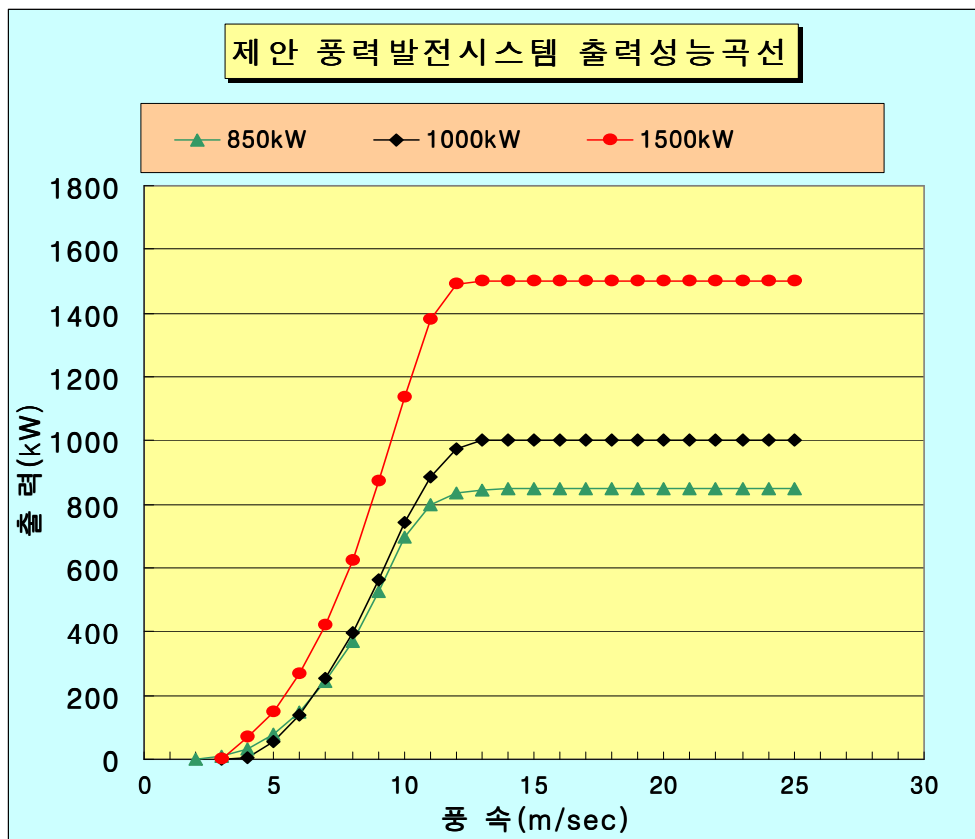
< 3.1> 1,500kW 풍력발전시스템 전경



< 3.2> 1,000kW 풍력발전시스템 전경



< 3.3> 850kW 풍력발전시스템 전경



< 3.4> 제안기종의 성능 특성곡선

또한, 1,000kW 풍속/방향자료는 60m, 850kW 풍속/방향자료는 55m 이 비교적 낮은 풍속범위에서도 우수한 출력 곡선상의 출력특성을 보이고 있다.

3.2 풍력발전 시스템 적용결과 분석

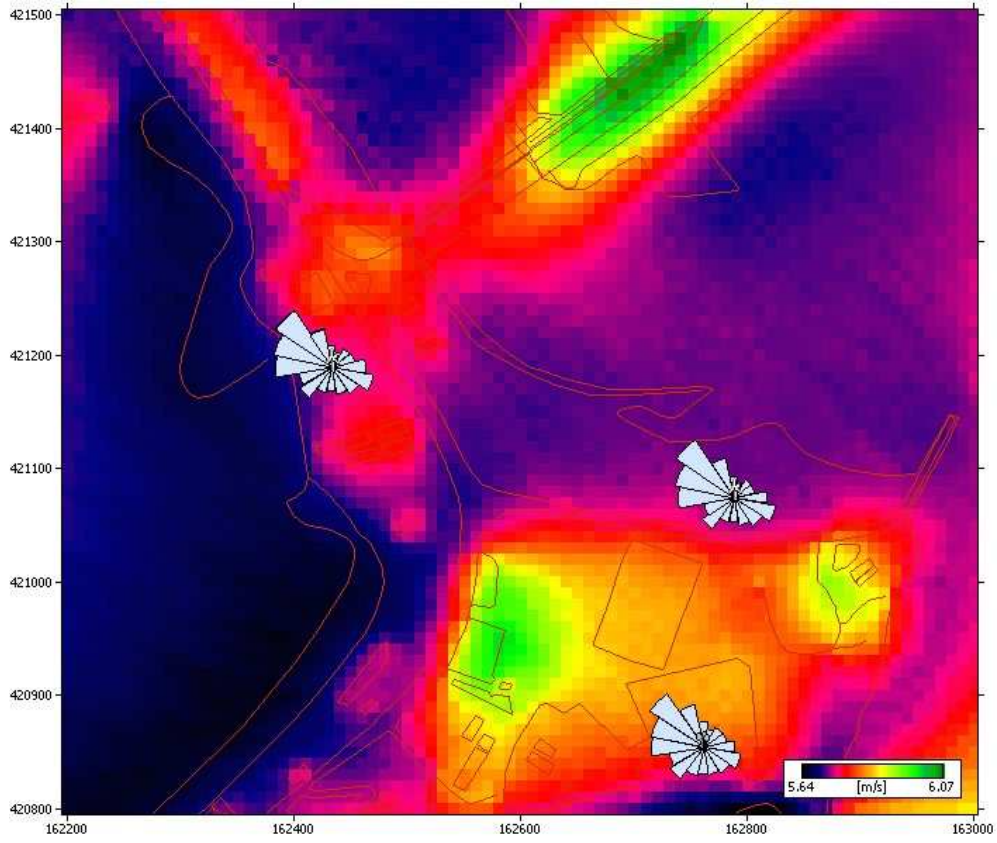
앞서 제안된 풍력발전시스템의 성능곡선과 실측지점에서 실측된 풍속/방향자료를 활용하여 가상적으로 방아머리 풍력발전단지에 풍력발전시스템이 건설되었을 때의 발전량과 발전 효율 등을 분석하였다.

우선, WEAP | 덴마크의 국립연구소 RISO WAsP(V8.3) 이 사용하여 기존의 특성과 실측 보정된 풍력자료를 근간으로 계산 분석하였다. WEAP | 정확도에 대해서는 이미 운전중인 제주 행원 풍력발전단지의 풍력발전 시스템의 발전효율과 제주 월령에 있는 풍력발전시스템의 운전결과로써 검증이 이미 이루어진 상태이다.

3.2.1. 높이별 연 평균풍속 및 에너지 밀도분포

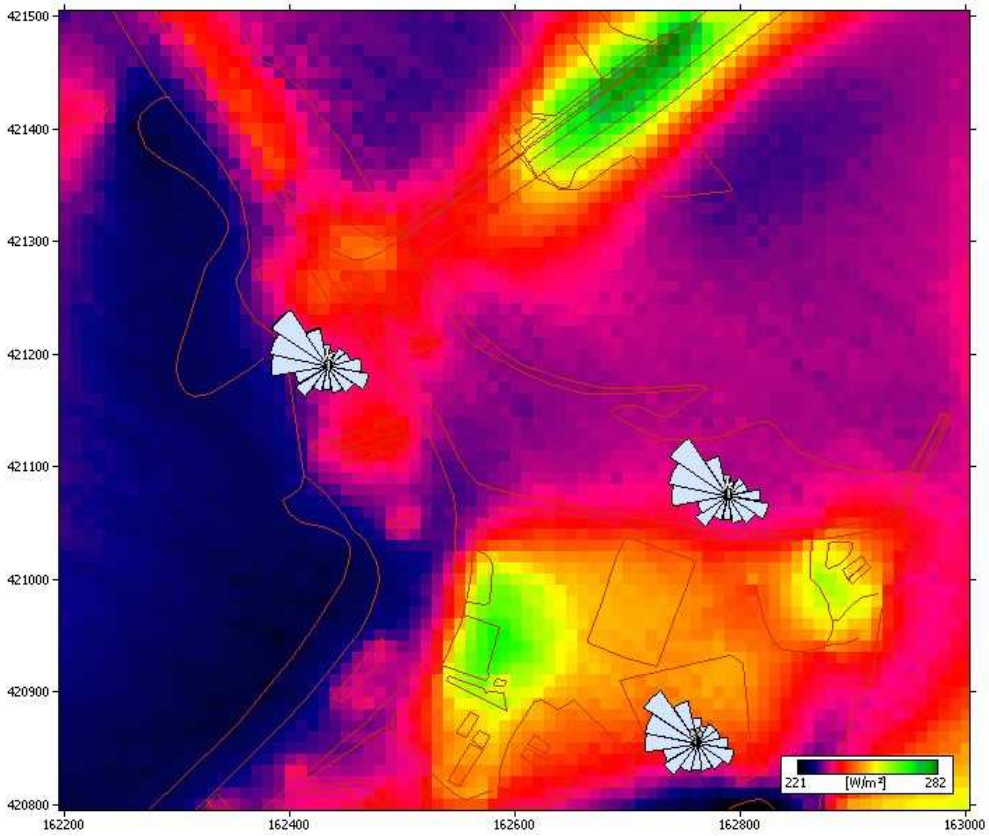
측정된 풍속/방향자료와 앞서 언급된 바와 같이 적용 풍력발전시스템의 발전기 높이에서의 연 평균풍속의 분포를 분석하였다. WEAP WAsP(V8.3) 이 사용하여 분석하였다.

우선, < 3.5> 80m (1,500kW 풍력발전시스템의 발전기 높이) 이서, < 3.6> |서는 적용 풍력발전시스템의 발전기 높이에서의 풍력에너지 밀도의 분포를 보이고 있다. 전체적으로 평균 풍속의 분포나 풍력에너지 밀도의 분포의 변화에 있어 큰 차이를 보이고 있지는 않음을 알 수가 있다.



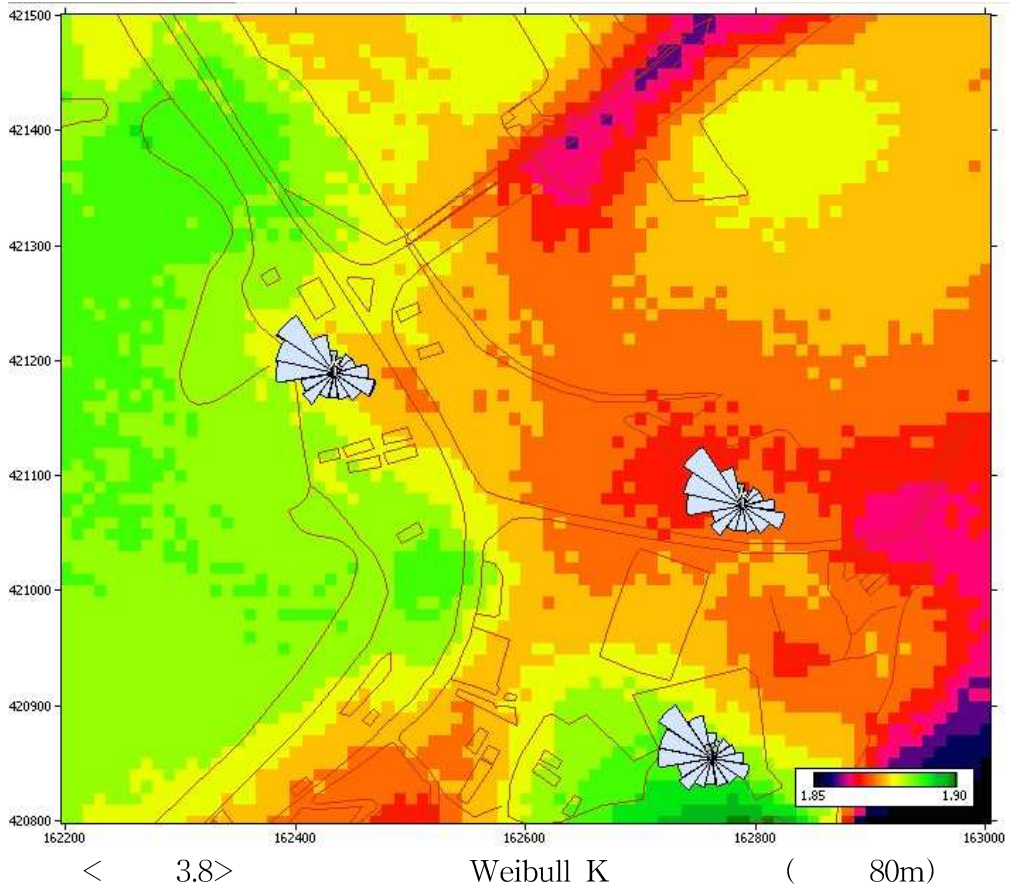
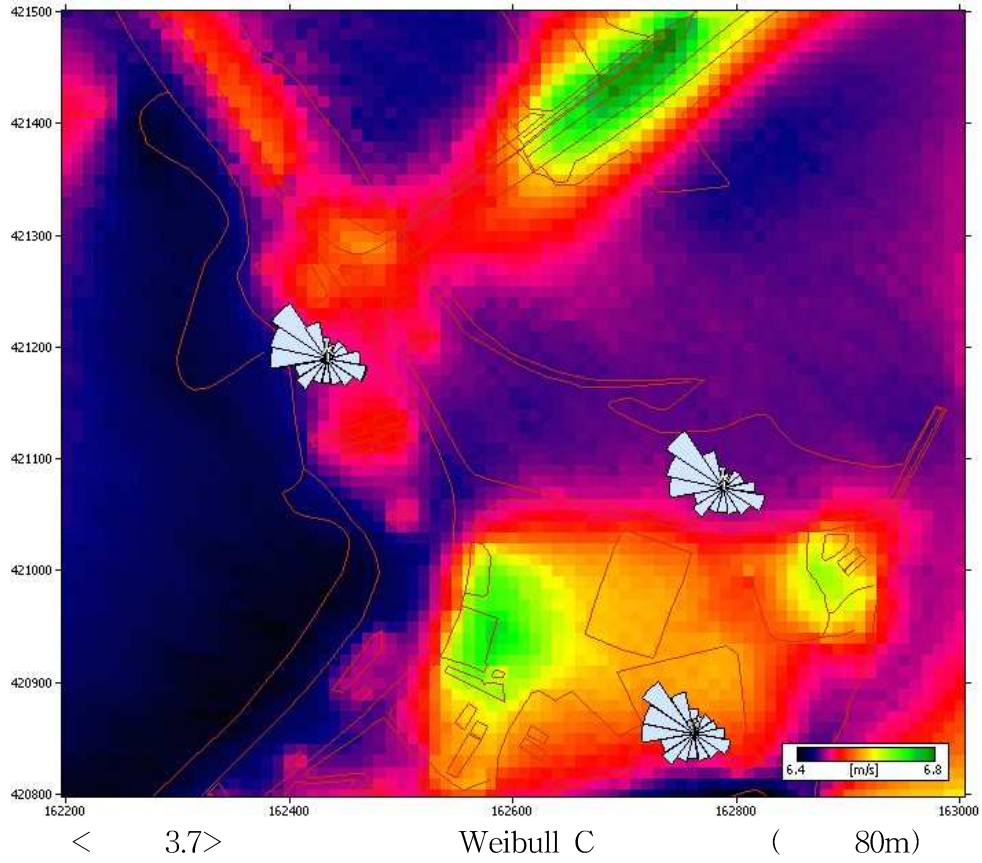
< 3.5 >

(80m)



< 3.6 >

(80m)



현재 풍력발전시스템의 선정 위치는 제반 조건을 감안하면서도 연평균 풍속과 풍력에너지 밀도가 높은 지역임을 알 수 있다.

그리고 앞의 < 3.7> < 3.8> Weibull C(Scale Parameter) K(Shape Parameter) . Weibull C K : 각각 풍속이 출현할 수 있는 확률밀도를 나타내는 Weibull , 측정된 시계열 풍속자료 를 통해서 구해지게 되는데, C 가 갖는 크기의 의미는 그 지역의 평균 풍속의 크기와 비례하는 관계이며, K 가 경우에는 평균 풍속을 중심으로 출현하는 풍속의 산란도를 나타내는 계수이다. , K 가 값이 크게 되면 평균 풍속을 중심으로 풍속의 변화가 크게 됨을 나타내고 반대로 K . 따라서, 간접적으로는 풍속특성과 관계하는 계수로서 풍력 예상 발전량과 관계가 있다고 할 수 는 있겠지만, 근본적인 의미는 특정지역에서의 풍속의 출현 분포도를 표현하는 계수로서 이해되어야 한다.

3.2.2 사업형태별 연간 예상 발전량 및 이용률

이상의 평균풍속의 분포와 평균 풍력에너지 밀도의 분포와 함께 앞서의 중저속풍속에 적합한 제안된 풍력발전시스템의 출력곡선과 세부배치() , 방아머리 풍력발전단지의 연간 예상발전량을 분석하였다.

연간 발전량은 풍속확률분포를 표현하는 Weibull 분포로써 실측된 풍속의 분포를 구성한 후에 < 3.4> |서와 같이 각각 기종의 출력특성에 대해 해당하는 풍속에 대한 출력을 확률분포로 적분하여 계산되어 진다. < 3.4> |서 이미 시동풍속이나 정격풍속 또는 정지풍속 등에 대한 정보가 함유되어 있는 출력특성곡선을 이용하여 계산하므로, 별도로 시동풍속이나,

각 사업의 형태는 앞서의 < 3.3> 1,500kW kW 850kW kW 2 |점이 필요 하게 되고, 1,000kW kW 3 , < 3.4> .

< 3.4>

(GRS 80)

좌표 호기	시추공번**	X	Y	해발(m)***	비 고
1 호기	BH-1	162,432.0E	421,194.7N	EL. +12.9	1-2 호기 거리 (333.1m)
2 호기	BH-4	162,773.6E	421,428.1N	EL. +0.56	2-1 호기 거리 (333.1m)
(2 호기)*	BH-2	162,663.1E	421,159.7N	EL. +0.56	(2)-1 호기간 거리 (222m)
(3 호기)*	BH-3	162,884.3E	421,097.8N	EL. +0.56	3-2 호기간 거리 (222m)

- * 3 호기 설치시 적용
- ** 지질 및 토질조사 보고서 참조
- *** 1. 현황 평면도 참조

이상과 같은 분석의 조건으로써, < 3.5> < 3.6> |서 각각 사업 형태별 분석된 연간 풍력발전량을 보이고 있다. < 3.7> |서는 각 사업별 연간 예상 발전량과 이용률을 종합적으로 비교하고 있다.

연간 예상 발전량에서는 1,500kW 2 6.293GWh/ |으로 많은 발전량을 보이고 있으며, 1,000kW kW 3.607GWh/ |의 발전량을 보이고 있다. , , 1,500kW | 가장 우선순위가 높은 사업이라 할 수 있다. 1,500kW 23.9% , 1,000kW kW 16.1% . 발전량과 마찬가지로 이용률을 기준으로 한 다고 해도, 1,500kW .

< 3.5>

(1,500kW)

	총 발전량	기당 평균발전량	기당 최소발전량	기당 최대발전량
총 연간발전량 (GWh/)	6.463	3.231	3.223	3.240
순 연간발전량 (GWh/)	6.293	3.147	3.102	3.191
후류손실률 (%)	2.62	-	-	-
() 이용률 (%)	23.9	23.9	23.6	24.3

< 3.6> (1,000kW)

	총 발전량	기당 평균발전량	기당 최소발전량	기당 최대발전량
총 연간발전량 (GWh/)	5.000	1.667	1.650	1.676
순 연간발전량 (GWh/)	4.641	1.547	1.491	1.627
후류손실률 (%)	7.17	-	-	-
() 이용률 (%)	17.7	17.7	17.0	18.6

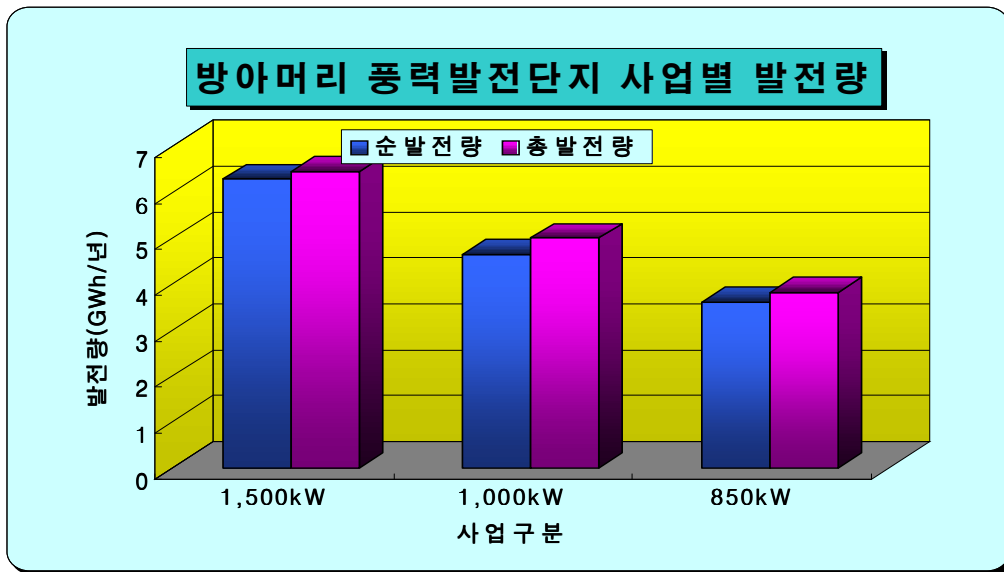
< 3.7> (850kW)

	총 발전량	기당 평균발전량	기당 최소발전량	기당 최대발전량
총 연간발전량 (GWh/)	3.819	1.273	1.260	1.280
순 연간발전량 (GWh/)	3.607	1.202	1.162	1.253
후류손실률 (%)	5.55	-	-	-
() 이용률 (%)	16.1	16.1	15.6	16.8

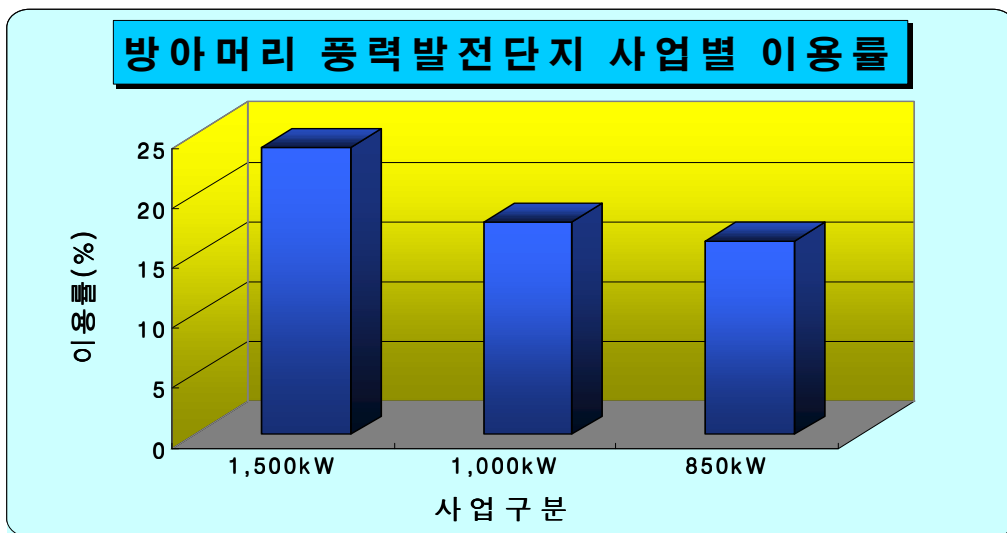
< 3.8> 단위기종별 풍력발전단지 예상 발전량 및 이용률

비 교 유 형	총 용량(kW)	순 발전량 (GWh/)	이용률 (%)
1,500 kW	3,000	6.293	23.9
1,000 kW	3,000	4.641	17.7
850 kW	2,550	3.607	16.1

이상의 결과를 다음의 < 3.9> < 3.10> , 역
시 순 발전량이나 이용률 측면에서 1,500kW .



< 3.9> 단위기 용량별 풍력발전단지의 예상 발전량 비교



< 3.10> 단위기 용량별 풍력발전단지의 예상 이용률 비교

3.2.3 시스템별 세부 발전량

이상에서와 같은 평균풍속의 분포와 평균 풍력에너지 밀도의 분포와 함께 총 발전량과 이용률의 예측뿐만 아니라, 각 사업의 형태 내에서 각 풍력발전시스템별 세부 운전실적을 분석하였다. , < 3.9> < 3.11> 1,500kW kW kW의 경우에 대하여 각기 세부 풍력발전시스템별 발전량을 보이고 있다.

< 3.9>

(1,500kW)

호기	해발고도 (m)	풍 속 (m/sec)	총 발전량 (GWh/)	순 발전량 (GWh/)	후류손실 (%)
1	2.0	5.7	3.240	3.191	1.49
2	0.0	5.7	3.223	3.102	3.75

< 3.10>

(1,000kW)

호기	해발고도 (m)	풍 속 (m/sec)	총 발전량 (GWh/)	순 발전량 (GWh/)	후류손실 (%)
1	2.0	5.3	1.674	1.627	2.82
2	0.0	5.3	1.650	1.491	9.63
3	0.0	5.3	1.676	1.524	9.1

< 3.11>

(850kW)

호기	해발고도 (m)	풍속 (m/sec)	총 발전량 (GWh/)	순 발전량 (GWh/)	후류손실 (%)
1	2.0	5.2	1.280	1.253	2.06
2	0.0	5.2	1.260	1.162	7.73
3	0.0	5.2	1.280	1.191	6.9

즉, (), , 발전기 높이 및 풍력발전시스템 건설위치의 발전기 높이에서 예측된 연 평균풍속과 각 호기별 총 발전량과 순 발전량, .

< 3.9> 1,500kW 80m 5.7m/sec 내외로 예측되었고, 3.102~ 191GWh/ . 상호간의 간섭에 의한 후류손실은 1.49~ 75% , 2 :기의 경우가 다소 손실률이 높아 총 발전량에 비해 순 발전량이 상대적으로 적은 것을 알 수 있다.

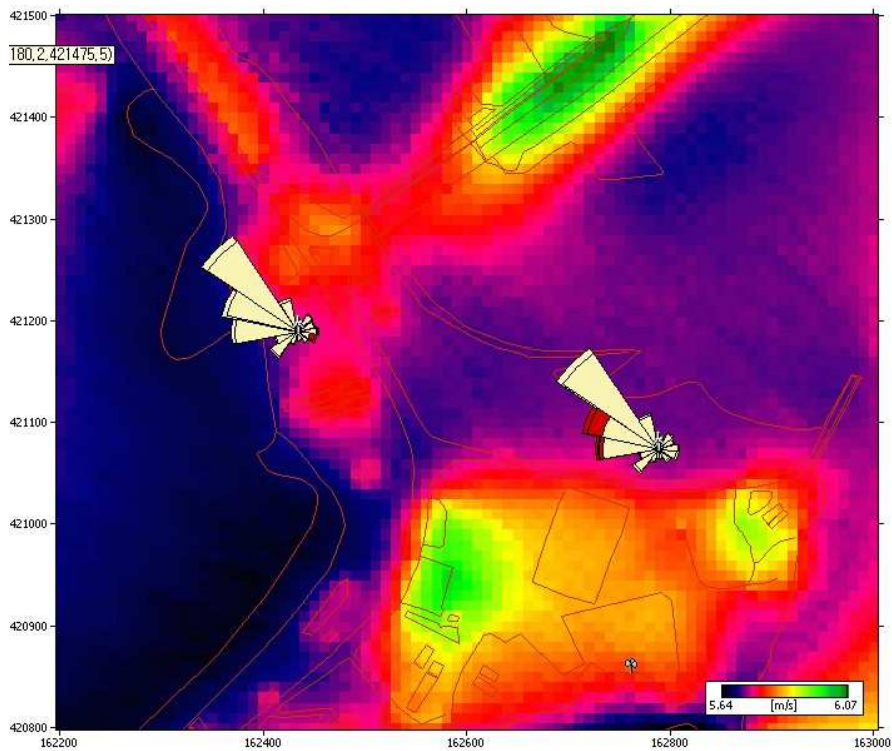
1,000kW < 3.10> 60m 5.3m/sec | 고, 1.491~ ~ 63% 이써 다소 손실이 많이 생기는

것으로 분석되었다.

850kW < 3.11> 55m 5.2m/sec ,
 순 발전량을 1.162~ ~ 9% 이서 비교적 후류손실은 적은 편이
 나 풍력발전시스템이 중· 저풍속형이 아닌 관계로 운전효율이 높게 분석되고 있지는 않다.

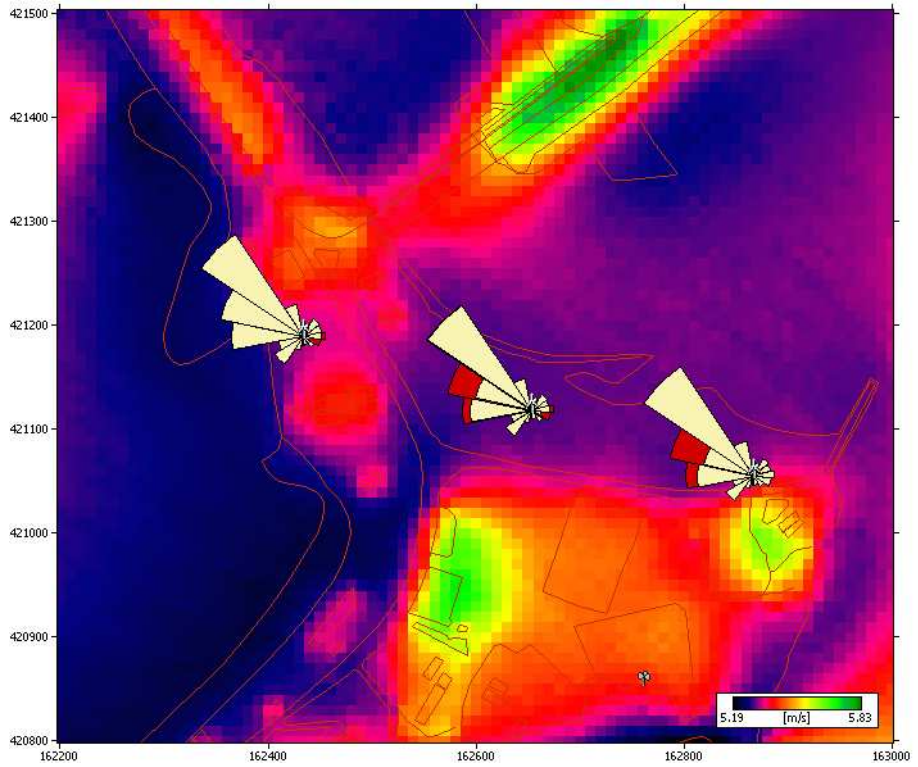
다음의 < 3.11> 1,500kW 이서의 각 풍력발전시스템의 방위별 발전량과 후류
 손실량을 표시하고 있으며, < 3.12> 1,000kW 이서의 각 풍력발전시스템의 방위별
 발전량과 후류 손실량을 표시하고 있다.

< 3.11> 1 2 , 전체적
 인 발전량과 후류 손실량의 분포는 예측과 거의 유사한 형태를 보이고 있다. 1 기의 동남
 동방향에 위치하고 있는 2 1 , 2 1 기
 에 비해 큰 후류 손실률을 보이고 있는 것을 잘 보여주고 있다. , < 3.12> 1, 2
 및 3 1,000kW kW , 이미 앞서 언급한 바와 같이 중앙에 위치하
 는 2 3 1 2 기에 의한 후류영향으로 인해 손
 실량이 많아지는 것을 보이고 있다. , 3 기의 후류 손실량이 크게 나타나고 있음을 보
 이고 있다.



< 3.11>

(1,500kW)



< 3.12 >

(1,000kW)

3.2.2 Annual estimation of net generation and efficiency in accordance with industrial type.

BANG-A MURI wind power plant complex analyzed more than the distribution of average wind velocity and the density of distribution with former mid-low wind velocity to propose appropriate output curve and particular arrangement of wind power plant system for assumed annual measurement of power generation.

The annual measurement of power generation is expressing the probability distribution of the wind velocity with Weibull distribution, that after organizing actual measurement of wind velocity distribution, output voltage of the each type is corresponding to the output of wind velocity that are listed in <Figure 3.4>, on integrally calculated from probability distribution. According to <Figure 3.4>, it already calculates using output voltage curve that includes information about operation wind velocity or rated wind velocity or stationary wind velocity and so on. Therefore it is not necessary to consider operation wind velocity or rated wind velocity or stationary wind velocity separately.

Previously as <table 3.3> listed that each type of industry analyzed about each capacity of unit equipment as 1,500kW, 1,000kW, 850kW, in case of 1,500kW needs two set up spots for wind power plant system and in case of 1,000kW and 850kW need three set up spots. Therefore following <table 3.4> analyzed that it establishes each set up spot of the wind power plant system and be constructed.

With the following analysis conditioned, from the <table 3.5> to the <table 3.6>, they show the annual measurement of the wind power plant for each type of industry. Also on the <table 3.7> compares annual general estimation of net generation and efficiency for each industry.

In annual expected generation, the highest generation is 6.239GWh/yr which generated by two turbines of 1,500KW, where generation of 4.641GWh/yr by capacity of 1,000KW and 3.607GWh/yr by 850KW. Therefore, if only net generation is considered, turbines of 1,500KW are the priority order. In efficiency, wind power system of 1,500KW is also highest as 23.9%, elsewhere 17.7% by 1,000KW and 16.1% by 850KW. Although efficiency is considered, turbines of 1,500KW are the priority.

<Table 3.5> Annual expected generation at the BANG-A MURI wind power plant at 1,500KW

	Net Generation	Electricity generation by 1 unit turbine		
		Average	Lower	Upper
Annual gross generation (GWh/yr)	6.463	3.231	3.223	3.240
Annual net generation (GWh/yr)	6.293	3.147	3.102	3.191
Loss rate (%)	2.62	-	-	-
Efficiency (%)	23.9	23.9	23.6	24.3

<Table 3.6> Annual expected generation at the BANG-A MURI wind power plant at 1,000KW

	Net Generation	Electricity generation by 1 unit turbine		
		Average	Lower	Upper
Annual gross generation (GWh/yr)	5.000	1.667	1.650	1.676
Annual net generation (GWh/yr)	4.641	1.547	1.491	1.627
Loss rate (%)	7.17	-	-	-
Efficiency (%)	17.7	17.7	17.0	18.6

<Table 3.6> Annual expected generation at the BANG-A MURI wind power plant at

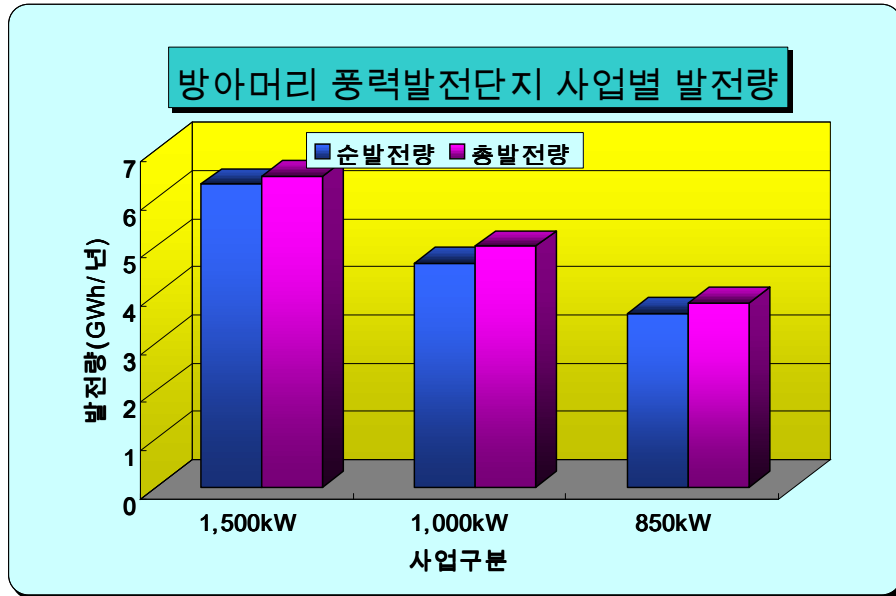
850KW

	Net Generation	Electricity generation by 1 unit turbine		
		Average	Lower	Upper
Annual gross generation (GWh/yr)	3.819	1.273	1.260	1.280
Annual net generation (GWh/yr)	3.607	1.202	1.162	1.253
Loss rate (%)	5.55	-	-	-
Efficiency (%)	16.1	16.1	15.6	16.8

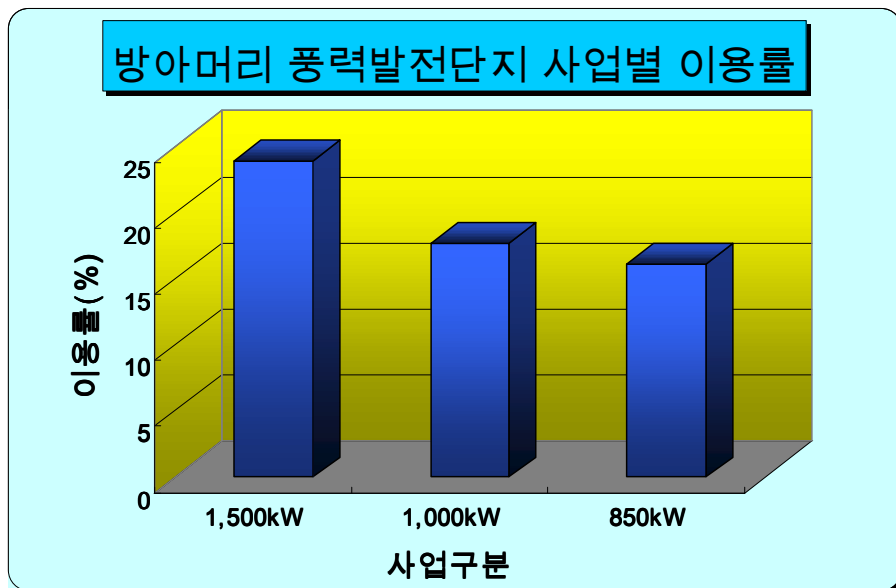
<Table 3.8> Expected generation and efficiency by unit turbine at wind power plant

Type	Total Capacity (kW)	Net Generation (GWh/yr)	Efficiency (%)
1,500 kW	3,000	6.293	23.9
1,000 kW	3,000	4.641	17.7
850 kW	2,550	3.607	16.1

The result is compared at <figure 3.9> and <figure 3.10>, , the turbines of 1,500kW is applicable considered with net generation and efficiency



<Figure 3.9> Comparison with expected generation of unit equipment capacity



<Figure 3.10> Comparison with expected efficiency of unit equipment capacity