

부하계산 프로그램에서 적용되는 인천지역의 시간당 일사량에 관한 연구

유호천*, 이선동**

*울산대학교 건축학부(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr), **울산대학교 건축학부 대학원(guli3651@hanmail.net)

The study of the solar radiation emitted per hour in Incheon applied in load calculation programs

Yoo, Ho-Chun* Lee, Seon-Dong**

*School of Architecture, University of Ulsan(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),

**School of Architecture Graduate School, University of Ulsan(guli3651@hanmail.net)

Abstract

Although many researches of simulation programs to predict climate under the current climate change have been performed but more detailed studies of weather data which might influence the load of buildings seem insufficient. In this study, in Incheon are analyzed IES (Integrated Environmental Solutions)6.0, Ecotect 2010, EnergyPlus v4.0's IWEC file and ISO-TRY, the Korean standard weather data provided by the Korean Solar Energy Society for direct normal radiation which is used in load calculation programs. The results show that the radiation of the programs is the same as that of direct normal radiation per month but has a mere difference, compared with the radiation per hour and IWEC has also 77.12% when compared with ISO-TRY, meaning that it could affect load values of buildings when applied to them. And in case of ISO-TRY, it could be judged that the application of test reference year applied by the data measured has higher reliability than IWEC file.

Keywords : 기상자료(Weather data), 표준년(Test reference year), 법선면 직달일사량(Direct Normal Radiation)

1. 서론

국내에서는 기온, 습도, 바람 등 현대 기상관측을 시행한 것은 20세기초(1904년부터)시작되었고, 기후변화에 따른 연구가 활발히 진행

되고 있으나 국내 표준년 데이터를 선정하는 연구는 미미하였다. 최근 지구의 이상기온의 영향으로 기후를 예측하고자 시뮬레이션 프로그램에 대한 연구가 진행되고 있으나 건물의 부하에 영향을 줄 수 있는 기상데이터 요소들에

투고일자 : 2010년 11월 2일, 심사일자 : 2010년 11월 11일, 게재확정일자 : 2010년 12월 21일
교신저자 : 유호천(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr)

대한 세부적인 연구는 미비하였다. 본 연구에서는 표준년 기상데이터를 부하계산 프로그램 (Ecotect, Eegery plus, Virtual Environment)에 적용시 건물 부하에 영향을 줄 수 있는 법선면 직달일사량에 대해 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

2. 연구방법 및 범위

2.1 선행연구 및 이론적 고찰

표준기상데이터는 주로 TRY와 TMY형식 등 산출형식에 따른 연구로 분류할 수 있으며 G.J. Levermore(2006)¹⁾는 영국을 중심으로 새로운 TRY 산출 형식을 개발하였으며 I.A. Rahman(2007)²⁾은 TRY형식 중 불분명한 가중계수를 상관분석을 통한 방법론을 제시하였다. 반면 Liu Yang(2007)³⁾은 중국의 도시들을 TMY형식으로 산출하여 도시별로 비교한 연구를 하였다.

국외에서 개발된 표준기상데이터의 형식은 TRY(Test Reference Year), TMY(Typical Meteorological Year), WYEC(Weather Year for Energy Calculations), HASP용 표준기상데이터 등 다양하게 제시되고 있는 실정이다.

(1) TRY(Test Reference Year)는 1975년 중반에 미국 NCDC(미국 국립기상데이터센터; National Climatic Data Center)에 의해 제안된 형식으로 건구온도, 습구온도, 노점온도, 풍향, 풍속, 기압, 상대습도, 운량 및 구름종류 총 9개의 기상요소로 구성되며⁴⁾ 최근의 연구에서는 일사량의 측

정값을 포함하고 있다.⁵⁾

(2) TMY(Typical Meteorological Year)는 미국의 NCDC와 Sandia연구소가 공동으로 1981년에 개발한 형식이 TMY이다. TMY는 기존의 TRY에 수평면전일사와 법선면직달일사의 일사량 데이터를 추가하여 미국 내 234지역에 대한 데이터를 작성하였다.

TMY2의 표준기상데이터는 30년간의 데이터를 통해 각각의 대표월을 찾아 12개월을 조합하여 선정한다. 대표월의 선택은 TMY에서 사용된 Sandia방법이 적용되며⁶⁾ 통계처리 될 기상요소로는 TMY의 경우 최대, 최소, 평균 건구온도와 노점온도, 최대, 평균 풍속, 수평면 전일사량의 총 9개의 기상항목이며, TMY2는 TMY의 기상항목에 법선면 직달일사량을 추가한 10개의 기상항목이다.

(3) WYEC (Weather Year for Energy Calculations)⁷⁾는 1985년 미국 ASHRAE (미국공조냉동공학회)에서 개발된 WYEC 형식은 기본적으로 TRY의 데이터 구조에 일사량 데이터가 추가되어 구성되며 캐나다 5개지역을 포함하여 북미 51개지역의 데이터를 제공하였다. 이는 에너지 계산과 작동비용을 계산 하기 위해 북미평균년도에 사용되어진 장기간의 기온의 평균값에 해당되는 월을 선정한 다음 일부 일자와 시간의 자료를 다른 해의 같은 달의 자료로 대치하는 방법으로 작성된다. 이후 ASHRAE는 TMY2를 제작했던 NREL과 함께 51개의 WYEC 기상과일 및 26개의 주요 TMY기상과일을 업데이트하여 WYEC2를 제작하였다. WYEC2

1) G.J. Levermore, J.B. Parkinson, Analyses and algorithms for new Test Reference Years and Design Summer Years for the UK, Building Service Engineering Research and Technology, Vol. 27, No. 4, pp.311~325, 2006.

2) I.A. Rahman, J. Dewsbury, Selection of typical weather data(test reference years) for Subang, Malaysia, Building and Environment, Vol. 42, Issue 10, pp.3636~3641, 2007.

3) Liu Yanga, Joseph C. Lamb, and Jiaping Liua, Analysis of typical meteorological years in different climates of China, Energy Conversion and Management Vol. 48, Issue 2, pp.654~668, 2007

4) 유호천, 건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내의 현황, 대한설비공학회 설비저널 p.7~14, 2003.8.

5) I.A. Rahman, J. Dewsbury(2006), Selection of typical weather data(test reference years) for Subang, Malaysia, Building and Environment, doi:10.1016/j.buidenv.2006.10.004.

6) William Marion and Ken Urban, 『User's Manual for TMY2s Typical Meteorological Years』, NREL, 1995.6.

7) G. J. LeVemore, N. Doylend, BEng, 『North American and European Hourly-based weather data and methods for HVAC, building energy analyses and design by simulation』, ASHRAE Transactions, Symposia, vol. 108, pp. 1053~1062, 2002.

데이터에서는 기존 WYEC의 TRY포맷 대신 TMY2s포맷으로 변경하였으며 조도관련 데이터도 추가로 포함되었다.

- (4) HASP/ALCD용 표준기상데이터는 일본의 공기조화·위생공학회에서 개발한 열부하 프로그램인 HASP/ALCD-8001에 적용되는 표준기상데이터는 3종류의 기상데이터가 있다. 그 중의 하나는 연간 부하량이 10년간의 평균이 되는 실제의 1년으로 그 지방의 기후를 가장 특징적으로 대표하는 대표년이며, 둘째는 부하계산 결과가 월별로 가장 평균적인 것만을 모아서 조립한 인위적인 1년간의 기상데이터인 평균년 그리고 난방부하가 최대가 되는 동계의 4개월과 냉방부하가 최대가 되는 하계 3개월을 실제기상자료 중에서 선정한 극단계가 있다. 평균년의 선정에는 3가지 기상요소인 외기온도, 절대습도 및 수평면전일사량의 월 평균치가 필요하며, 대표년과 극단계는 평균년 선택과정에서 산출된 수치 지표 DM값을 사용하여 선정한다.

2.2 직달일사량

태양으로부터 복사에 의한 에너지를 말하며 자외선, 가시광선 및 적외선으로 구성되어 있으며 지구의 지표면에 도달하는 평균일사량은 약 1373W/m²이며 이 값은 대기권을 통과하면서 크게 감소하게 된다.

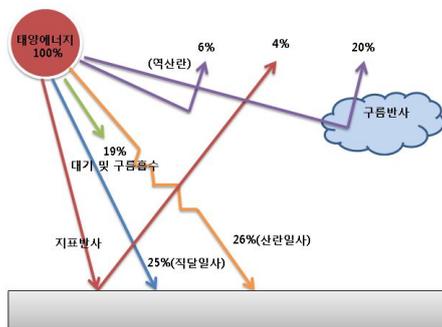


그림 1. 입사태양에너지의 평균분포(%)

지면에 도달하는 일사량은 대지의 위도, 1년 중의 계절, 하루 중의 시간에 의해 결정되는 태양의 위치에 따라 변하게 되는 데 일반적으로 일사계로 측정된 지역별 자료를 설계에 이용한다. 설계관련 자료로는 지역별 수평면과 수직면일사량이 있다.⁸⁾

대기권내에 입사하는 태양빛은 대기를 구성하는 분자에 따라 흡수, 산란되어 감퇴해서 지구표면위에 도달되며 이 중 지표면상에 떨어질 때 까지 입사방향이 직각인 면으로 입사하여 그 방향이 변하지 않고 직접도달되는 성분을 직달일사량이라고 한다.⁹⁾ 대기권밖일사량(G_{on}) 및 직달일사 대기투과율(τ_b)과 입사각(θ_i)의 함수로 대기 중을 통과하는 직달일사량(I_b)를 계산하면 다음의 식과 같다.

$$I_b = G_{on} \tau_b \cos \theta_i$$

2.3 법선면 직달일사량(Direct Radiation)

대기권내에 입사하는 태양 빛은 대기를 구성하는 분자에 따라 흡수 및 산란되어 감퇴해서 지구 표면 위에 도달되며, 이 중 지표면상에 떨어질 때까지 입사방향이 직각인 면으로 입사하여 그 방향이 변하지 않고 직접도달되는 성분을 법선면 직달일사량¹⁰⁾¹¹⁾이라고 한다. 법선면 직달일사량은 넓은 면적에 입사하는 태양에너지를 한곳으로 모아 고온의 에너지를 얻도록 하는 데 사용된다.¹²⁾¹³⁾ 일본의 Watanabe et al.(1983) 공식을 적용하여 분석하였다.¹⁴⁾¹⁵⁾

- 8) 이인구의 9인 공저, 「건축환경계획론」, 태림문화사, 서울, 1997, p.5.
- 9) 조덕기의 6인, 국내 직달일사량 자원의 평가 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 제13권 제1호, 1993. 05. p.59~67.
- 10) Lunde P.J, Solar Thermal Engineering, John Wiley & Sons New York, 1980.
- 11) Edward E, Anderson, Fundamentals of solar energy conversion, Addison Wesley, 1982.
- 12) 박영철, 태양추적장치/ 집중기획 : 건축설비의 자동제어 기술, 대한설비공학회, 설비저널 제39권 제3호, 2010. 03., P.29~34.
- 13) Procedures for Separating Direct and Diffuse Insolation on a Horizontal Surface and Prediction of Insolation on Tilted Surfaces Watanabe, T., Urano, Y. and Hayashi, T.(1983)
- 14) Procedures for Separating Direct and Diffuse Insolation on a

$$K_T = I / (I_0 \sinh), K_{TC} = 0.4268 + 0.1934 \cdot \sinh h$$

$$K_{DS} = K_T - (1.107 + 0.03569 \cdot \sinh + 1.681 \cdot \sin^2 h)(1 - K_T)^3$$

$$K_T = K_{TC}$$

$$K_{DS} = (3.996 - 3.862 \cdot \sinh + 1.540 \cdot \sin^2 h) K_T^3$$

$$K_T < K_{TC}$$

$$I_b = I_0 \cdot \sinh \cdot K_{DS} (1 - K_T) / (1 - K_{DS})$$

$$I_d = I_0 \cdot \sinh (K_T - K_{DS}) / (1 - K_{DS})$$

K_T : 청명도, I : 수평면전일사량, I_b : 수평면직달일사량,
 I_0 : 태양상수, h : 태양고도, I_d : 산란일사량,
 K_{TC} : 청명도에 따른 운량, K_{DS} : 청명도에 따른 일조량

3. 표준년 기상 데이터 및 법선면 직달 일사량

태양에너지는 수평면전일사량과 법선면 직달 일사량으로 구분되어 사용된다. 수평면전일사량에서 우리나라는 년 평균으로 하루에 3.58kWh/m²의 에너지를 받고 있으며 청명(淸明)한 날 하루에 연평균 5.40 kWh/m²의 직달 일사에너지를 받고 있다.¹⁶⁾ 본 연구에서는 프로그램에서 제공하고 있는 인천, 울산, 광주, 강릉 등의 4개 지역 중 측정 데이터의 확보가 쉽고, 수도권이 인접한 인천 지역을 대상으로 하였으며 한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국표준기상데이터(ISO-TRY)를 활용하여 분석하였다.

3.1 표준년 기상데이터(ISO-TRY)

표준년 적용시 대한민국 기상청(KMA)에서 측정된 건구온도, 상대습도, 풍속, 일사량 측정 데이터를 1986년 1월 1일 ~ 2005년 12월 31일 20년간 측정된 자료를 적용하였다.

표준년 산정시 일사 및 풍속은 1~24시 매 시간당 데이터를 적용하였으며 건구온도 및

상대습도는 1998. 7. 21이전에는 3시간당, 1998. 7. 22 이후는 1~24시 매 시간당 데이터로 측정된 자료를 적용시켜 분석하였다.

1988년 1월 22일	-	-	-	-	-	-	-
	1.56	1.15	0.73	0.34	0.14	-	-
1988년 1월 23일	-	-	-	-	-	-	-
	2.24	2.22	2.24	1.82	0.97	-	-
1988년 1월 24일	-	-	-	-	-	-	-
	2.03	2.01	1.57	1.00	0.30	0.03	0.02
1988년 1월 25일	-	-	-	-	-	-	-
	1.82	1.39	1.13	0.38	0.19	0.03	-
1988년 1월 26일	-	-	-	-	-	-	-
	3.23	2.92	2.35	1.49	0.58	0.01	0.08
1988년 1월 27일	-	-	-	-	-	-	-
	1.59	0.78	1.02	0.56	0.37	0.12	0.06

그림 2. 기상청 수평면 전일사량 데이터

표준년 산정방법은 Finkelstein-schafer(FS) 통계방법을 사용하였으며 실측된 데이터에서 12달을 산정하여 가상의 1년을 대표년으로 선정하는 방법으로 데이터가 누락된 부분은 선형보간법을 적용, 일사는 운량을 이용하여 일사량을 산출하여 비교분석하였다.

표 1. 인천지역 직달 일사량 비교(1986~2005년 적용)

월	표준년 적용(Wh/m ²)			
	년도	표준기상데이터 (ISO-TRY)	년도	EnergyPlusv4.0 Ecotect2010, VE6.0
1	1990	80,626	1996	66,840
2	1991	87,942	1987	74,857
3	2000	125,491	1993	77,347
4	1991	126,298	1992	90,039
5	1993	118,643	1997	89,567
6	1986	66,495	1983	72,930
7	1989	73,057	1995	33,984
8	2005	95,411	1982	36,022
9	1991	107,531	1991	52,135
1 0	2000	118,418	1996	65,272
1 1	2000	97,672	1989	55,327
1 2	2000	106,130	1994	44,926
합계	-	1,203,714	-	759,246

3.2 부하계산 프로그램 내장된 직달 일사량

IES (VE, Simulation weather data) 6.0, Ecotect(Ecotect weather data worksheet) 2010, Energy Plus(Energy Plus weather data)의 홈페이지에서 제공하고 있는 IWEC 파일과 한국태양에너지학회의 대한민국표준기상데이터(ISO-TRY)를 대상으로 분석하였으며 단위는 Wh/m²로 환산 후 비교하였다.

Horizontal Surface and Prediction of Insolation on Tilted Surfaces Watanabe, T., Urano, Y. and Hayashi, T.(1983)

15) Moncef Krarti, PhD, PE, Joe Huang, Donghyun Seo, Jayme Dark, ASHRAE Rproject RP-1309, Development of Solar Radiation Models for Tropical Locations DRAFT FINAL REPORT, 2006. 6. 30. pp14.

16) 박영철, 태양추적장치/ 집중기회 : 건축설비의 자동제어 기술, 대한설비공학회, 설비저널 제39권 제3호, 2010. 03., P29~34.

프로그램에 내장되어 있는 대한민국표준기상 데이터(ISO-TRY) 및 IWEC를 비교한 결과 연간 1,203,714 Wh/m²와 736,561 Wh/m²로 467,153 Wh/m²의 차이를 보여 38.8%로 법선면 직달일사량이 차이를 보여 일사량에 대한 데이터 보완이 요구되어지고 있는 것으로 판단되어진다.

인천지역을 대상으로 1년 8,760시간을 각 월 별로 비교 분석한 결과 IWEC를 적용하고 있는 EnergyPlus v4.0, Ecotect 2010, V E 6.0에는 월별 일사량의 합계는 동일한 값으로 나타났으며, 4월이 90,039Wh/m²로 최대 일사량을 받는 것으로 나타났으며 월별 최대오차가 56,055Wh/m²로 62.3%

에 해당하여 6, 7월의 33,984Wh/m²의 일사량보다 크게 나타났다. 또한 일일 최대일사량은 9,161 Wh/m²로 나타났다. 한국 태양에너지학회에서 제공하는 대한민국 표준기상데이터(ISO-TRY방식)는 연간 1,203,714 Wh/m²로 4월이 126,298 Wh/m²로 높게 나타났으며 월별 최대 오차가 59,803 Wh/m²로 47.4%에 해당하며 일일 최대 일사량은 7,674 Wh/m²로 나타나 EnergyPlus v4.0, Ecotect 2010, V E 6.0에서 사용되는 일사량과 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 인천지역은 365일의 일사량 중 300Wh/m² 미만은 IWEC가 121일 태양학회는 30일로 차이를 보이고 있다.

표 2. EnergyPlusv4.0, Ecotect2010, VE6.0 프로그램에서 적용되고 있는 인천지역의 표준년 기상데이터(IWEC)

년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
	1996	1987	1993	1992	1997	1983	1995	1982	1991	1996	1989	1994
1	3,904	4,945	2,330	1,173	8,994	760	778	3,358	3,750	565	4,865	0
2	1,272	104	5,827	5,820	56	3,136	30	109	1,138	4	2,607	2,561
3	5,381	3,900	431	929	2,890	439	410	4,912	16	469	45	3,672
4	2,541	5,470	2,544	3,619	388	4,268	132	2,083	25	3,086	0	290
5	1	3,245	391	6,210	5,127	102	2,029	25	16	217	0	3,197
6	5,829	80	0	271	20	7,973	1,555	68	230	3	0	129
7	3,936	1,917	108	3,618	25	8,512	116	307	2,269	49	0	3,049
8	605	3,672	6,009	5	476	2,501	29	519	862	4,318	12	508
9	136	3,621	95	3,279	9,161	7,162	29	3,557	2,632	5,701	2,666	525
10	718	0	35	5	1,147	7,583	29	3,980	129	1,584	4,417	1,505
11	53	0	826	940	1,563	1,773	29	2,816	13	1,511	1,050	0
12	3,702	2,329	4,393	1,624	17	23	28	575	13	4,092	0	20
13	6,283	30	6,252	4,264	20	5,699	28	23	6,389	68	4,295	601
14	1,133	315	2	2,436	35	3,520	28	23	2,756	2,724	2,093	0
15	323	6,024	3,095	1,054	1,557	40	27	23	3,245	5,595	946	3,242
16	2,354	604	98	3,330	6,167	8,042	431	246	5,518	1,914	3,525	1,095
17	2,822	9	5,023	535	4,195	1,711	1,643	1,897	24	28	321	1,747
18	1,146	5,186	2,472	1,661	9,036	5,682	770	543	5,972	1,590	11	3,639
19	3,009	12	4,630	7,317	3,586	163	28	124	4,587	4,034	4,392	144
20	5,677	5,708	6,591	4,558	3,180	28	28	110	335	5,196	3,538	1,662
21	1,575	2,349	4,120	8	3,028	888	3,988	103	2,826	4,320	165	3,021
22	7,567	6,139	6,217	7,348	7,931	635	2,456	594	1,640	4,865	1,367	0
23	3,709	2,006	1,834	7,360	17	261	552	453	172	480	2,454	1,307
24	5,273	2,847	4	5,238	1,196	713	3,486	3,732	121	0	420	408
25	6,722	6,551	4	2,093	6,785	669	1,456	20	10	0	3,947	3,473
26	4,222	4,268	1,944	7,402	3,292	96	7,404	120	6	5,172	2,164	0
27	1,924	2,826	10	7,462	1,985	192	668	18	5	4,356	44	14
28	300	700	6,035	9	23	52	4,132	546	3,997	107	2,291	3,480
29	613	-	5,432	213	145	161	102	1,658	3,334	2,755	3,778	1,941
30	3	-	591	258	1,408	146	1,499	2,691	105	469	3,914	0
31	367	-	4	-	6,117	-	64	789	-	0	-	3,696
합계	83,101	74,857	77,347	90,039	89,567	33,984	33,984	36,022	52,135	65,272	55,327	44,926

표 3. 한국태양에너지학회의 인천지역의 대한민국 표준기상데이터(ISO-TRY)

년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
	1990	1991	2000	1991	1993	1986	1989	2005	1991	2000	2000	2000
1	1,430	3,900	5,082	5,617	2,813	476	2,829	1,696	4,938	1,514	1,080	4,189
2	1,272	3,773	4,713	5,680	2,789	2,036	2,312	557	3,183	1,693	5,092	2,875
3	5,381	2,405	3,179	6,070	5,613	4,746	2,310	268	113	6,725	4,477	5,309
4	2,541	4,009	3,994	5,068	2,437	1,369	5,027	6,347	180	4,759	3,121	4,507
5	1	3,986	3,382	5,550	2,939	3,902	2,757	6,582	591	4,893	5,009	4,666
6	5,829	1,030	2,471	2,302	4,612	1,379	2,184	3,130	2,125	4,763	4,150	4,055
7	3,936	29	6,051	4,565	4,567	5,001	5,088	2,485	4,247	4,892	4,014	1,112
8	605	4,994	2,770	4,119	4,840	5,540	147	1,367	5,368	4,246	2,423	4,233
9	136	2,025	6,793	5,639	2,899	3,381	1,833	1,440	5,312	4,555	2,505	3,392
10	718	2,315	4,507	647	4,180	1,502	1,831	457	2,925	104	28	2,827
11	53	2,330	513	1,167	2,322	3,235	322	2,024	1,060	51	4,892	5,374
12	3,702	4,322	3,798	398	46	3,646	2,993	346	3,805	7,231	2,286	5,291
13	6,283	2,390	6,201	878	14	109	5,914	4,200	6,008	5,697	2,604	3,312
14	1,133	2,028	6,257	6,892	7,674	675	4,990	4,405	5,524	4,470	4,440	3,621
15	323	27	1,305	3,490	5,388	8	61	3,613	5,531	5,869	2,030	2,795
16	2,354	3,160	2,725	6,006	327	6	49	5,769	5,539	6,956	109	5,041
17	2,822	3,138	6,157	191	1,502	84	2,131	5,441	2,013	974	3,565	2,513
18	1,146	976	2,042	3,073	5,517	4,134	1,669	2,033	6,226	3,277	4,927	358
19	3,009	4,549	2,782	4,825	5,345	5,736	2,379	383	6,357	4,738	3,936	2,568
20	5,677	1,790	5,871	6,519	5,520	1,966	403	3,894	3,862	3,215	861	1,127
21	1,575	4,664	2,952	5,833	111	1,875	2,479	2,505	6,971	5,957	5,865	4,304
22	7,567	4,432	5,724	3,933	6,616	151	3,917	2,466	5,229	816	4,748	1,641
23	3,709	5,561	432	4,949	5,439	1,395	4,849	7,632	1,968	3,120	1,748	2,763
24	5,273	5,785	6,555	4,217	6,021	473	828	345	3,828	146	1,240	1,914
25	6,722	6,991	5,320	1,267	1,827	3,531	2,594	13	1,632	5,250	3,933	5,489
26	4,222	3,040	5,989	6,490	5,268	2,332	3,196	4,515	826	6,141	1,383	4,762
27	1,924	23	1,816	6,029	5,523	973	76	4,803	399	5,366	5,342	3,315
28	300	4,269	691	3,170	2,744	186	396	3,847	6,363	353	5,254	4,163
29	613	-	5,614	6,305	4,960	1,969	1,032	5,510	4,106	981	4,763	2,952
30	3	-	5,650	5,409	4,174	4,680	4,361	2,626	1,304	5,573	1,845	1,677
31	367	-	4,154	-	4,616	-	2,099	4,711	-	4,094	-	3,988
합계	80,626	87,941	125,490	126,298	118,643	66,496	73,056	95,410	107,533	118,419	97,670	106,133



그림 3. 대한민국표준기상데이터 법선면직달일사량



그림 4. EnergyPlus, Ecotect, VE의 법선면직달일사량

이 값은 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식은 121일을 포함하여 736,561 Wh/m²의 일사량이 나타나며 대한민국 표준기상데이터는 30일을 포함하여 1,203,714 Wh/m²의 일사량으로 나타나 오차는 대한민국 표준기상데이터가 더 적은 것으로 판단할 수 있다.

3.3 강릉, 광주, 울산 지역의 일사량 분석

표준기상데이터(ISO-TRY) 및 IWEC의 자료에 대한 개관적 검증을 위해 인천지역에 추가로 강릉, 광주, 울산 4개 지역을 추가하여 직달일사량을 지역별로 살펴보면 연간 강릉은 263,962 Wh/m²(20.1% 오차), 광주는 244,772 Wh/m²(21.9% 오차), 울산은 53,816 Wh/m²(5.5% 오차)의 범선면 직달일사량이 차이를 보여 데이터 보완이 요구된다.

표 4. 표준년을 적용한 년중 300 Wh/m² 미만의 일수

구분		1월	2월	3월	4월	5월
IWEC	인천	4	7	10	7	9
	강릉	5	9	11	5	11
	광주	1	0	0	0	0
	울산	9	4	11	7	7
대한민국 표준기상데이터	인천	4	3	0	1	3
	강릉	2	1	1	0	0
	광주	7	4	7	6	3
울산	2	3	7	8	7	
구분		6월	7월	8월	9월	10월
IWEC	인천	11	15	13	14	10
	강릉	11	16	12	10	8
	광주	0	0	0	0	0
	울산	14	14	6	11	3
대한민국 표준기상데이터	인천	6	4	2	2	3
	강릉	0	0	0	0	0
	광주	9	10	8	7	5
울산	8	5	6	8	3	
구분		11월	12월	총 일수		
IWEC	인천	10	11	121 일		
	강릉	5	5	108 일		
	광주	1	0	2 일		
	울산	8	5	99 일		
대한민국 표준기상데이터	인천	2	0	30 일		
	강릉	1	1	6 일		
	광주	5	6	77 일		
울산	5	2	64 일			

표 5. 강릉지역 직달 일사량 비교(1986~2005년 적용)

월	표준년 적용(Wh/m ²)			
	년도	표준기상데이터 (ISO-TRY)	년도	EnergyPlusv4.0 Ecotect2010, VE6.0
1	2002	72,544	1991	104,673
2	2001	83,628	1994	89,011
3	1999	108,678	1985	83,645
4	1987	148,122	1982	114,837
5	1991	179,094	1989	98,412
6	1994	152,306	1988	79,376
7	1996	131,158	1999	63,810
8	1999	99,675	1983	85,822
9	2004	103,339	1984	78,721
1 0	1989	96,664	1996	99,772
1 1	1999	70,325	1992	68,700
1 2	1994	64,758	1993	79,551
합계	-	1,310,292	-	1,046,330

표 6. 광주지역 직달 일사량 비교(1986~2005년 적용)

월	표준년 적용(Wh/m ²)			
	년도	표준기상데이터 (ISO-TRY)	년도	EnergyPlusv4.0 Ecotect2010, VE6.0
1	1991	67,442	1987	67,578
2	2003	71,975	1993	90,711
3	2003	97,480	1995	130,806
4	1993	130,135	1986	148,275
5	1988	140,874	1987	160,347
6	1994	92,567	1993	143,061
7	1997	83,855	1985	123,667
8	2005	75,877	1982	140,167
9	2004	100,517	1991	107,522
1 0	1996	114,668	1996	102,108
1 1	1998	79,366	1984	79,406
1 2	2003	64,016	1990	69,897
합계	-	1,118,772	-	1,363,544

표 7. 울산지역 직달 일사량 비교(1986~2005년 적용)

월	표준년 적용(Wh/m ²)			
	년도	표준기상데이터 (ISO-TRY)	년도	EnergyPlusv4.0 Ecotect2010, VE6.0
1	1988	78,197	1991	67,425
2	1993	77,886	1994	63,169
3	2003	73,119	1995	67,547
4	1992	80,853	1986	94,283
5	1994	76,994	1986	91,811
6	2000	56,602	1994	60,786
7	1997	65,381	1983	43,407
8	1997	90,843	1997	105,094
9	1999	82,164	1991	62,127
1 0	1994	113,181	1991	93,324
1 1	2000	107,543	1987	90,382
1 2	1994	77,129	1990	86,723
합계	-	979,894	-	926,078

4. 표준년을 적용한 시간당 법선면 직달 일사량

4.1 월별 법선면 직달일사량

대한민국 표준기상데이터와 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC의 표준년이 적용된 시기가 각각 다르게 분포하고 있으나 9월의 경우는 1991년으로 같은 년도를 적용하고 있으며, 대한민국 표준기상데이터의 경우 107,531.17 Wh/m²의 일사량 값을 나타내며 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC의 경우 36,022.00 Wh/m²로 편차가 71,509.17 Wh/m²로 나타났다.

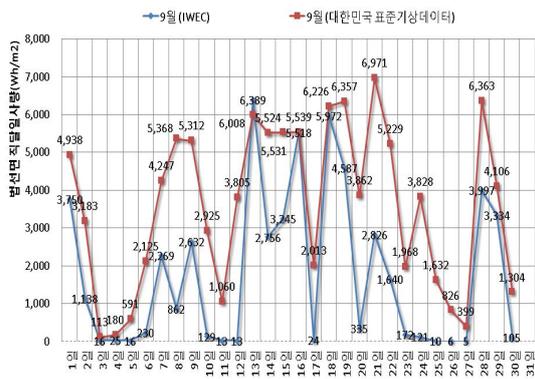


그림 5. 1991년 9월 법선면 직달일사량 표준년 비교

대한민국 표준기상데이터의 경우 대한민국 기상청(KMA)에서 1986~1995년의 실측된 자료를 근거로 하여 표준년을 산출하고 부하계산 프로그램에 적용하고 있으나 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식의 경우 프로그램에서 명확한 근거자료가 불충분하여 대한민국 표준기상데이터가 신뢰성이 높다고 판단되어진다.

4.2 일별 법선면 직달일사량

년 365일의 일일 일사량을 대한민국 표준기상데이터와 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC를 비교해보면 1월 13일 대한

민국 표준기상데이터는 6,283.44 Wh/m²로 나타났으며, Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식의 경우 31.0 Wh/m²로 나타나 6,252.44 Wh/m²로 편차가 큰 것으로 나타났으며 시간별로 비교해보면 12시 정오 시간대가 777.25 Wh/m²의 편차를 보여 대한민국 표준기상데이터 보다 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식이 외부의 환경적인 요소에 영향을 받은 것으로 판단할 수 있겠다.

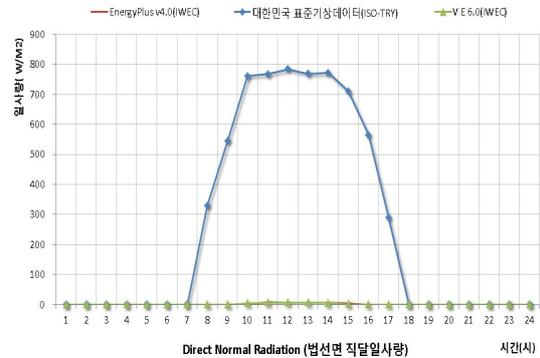


그림 6. 인천지역의 1월 03일 법선면 직달일사량 비교

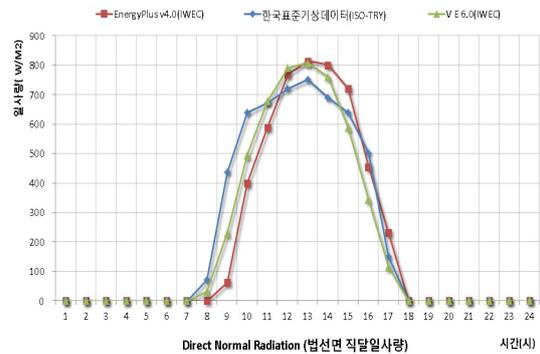


그림 7. 인천지역의 1월 24일 법선면 직달일사량 비교

비교적 일사량의 편차가 적은 1월 24일을 살펴보면 대한민국 표준기상데이터의 경우 5,273.41 Wh/m²로 나타났으며, Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식의 경우 4,837.0 Wh/m²로 나타나 436.41 Wh/m²

의 편차를 보였으나 그래프의 양상은 유사한 것으로 나타났다.

한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국 표준기상데이터(ISO-TR)와 Ecotect 2010, VE 6.0, EnergyPlus v4.0,의 IWEC방식을 일일 24시간 일사량을 비교하기 위하여 1월 24일을 분석해본 결과 최대편차가 09시가 375.50 Wh/m²로 나타났으나 대한민국 표준기상데이터의 일사량보다 Ecotect 2010, VE 6.0, EnergyPlus v4.0의 IWEC의 편차가 크게 나타났으며 그 중 5월 14일의 경우는 17시가 1,006.92 Wh/m²로 일사량의 차이가 큰 것으로 나타나 대한민국 표준기상데이터가 Energy Plus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식보다 시간별 일사량이 좀 더 신뢰성을 가질 수 있을 것으로 판단되어진다.

표 8. 인천 지역 1월 24일 24시간 법선면 직달일사 비교

시간	표준년 법선면 직달일사량 비교		
	표준기상데이터 (ISO-TRY)	EnergyPlus v4.0 (Ecotect 2010)	V E 6.0 (IWEC)
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	71.71	0.00	31.00
9	437.30	62.00	230.50
10	638.53	399.00	494.00
11	672.62	589.00	678.50
12	721.21	768.00	790.50
13	750.36	813.00	806.50
14	689.41	800.00	760.00
15	638.10	720.00	587.50
16	502.90	455.00	343.00
17	151.29	231.00	115.50
18	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
합계	5,273.41	4,837.00	4,837.00

EnergyPlus v4.0, Ecotect 2010, VE 6.0의 IWEC방식의 경우 1월 24일의 일일 일사량 값은 4,837.00 Wh/m²로 동일한 값을 가지나 시간별로 분석해보면 168.50 Wh/m²의 미미한 값의 차이를 보이거나 시간대별로 건물의 부하를

산정하는 Ecotect 2010, VE 6.0, EnergyPlus v4.0의 프로그램 외에 부하산정 프로그램에서는 일사량 값에 따라 부하 값에 영향을 줄 것으로 판단되어진다.

5. 결 론

본 연구는 프로그램에 사용되어지고 있는 법선면 직달일사량에 대해 IES (Integrated Environmental Solutions) 6.0, Ecotect 2010, EnergyPlus v4.0의 IWEC파일과 한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국 표준기상데이터를 대상으로 인천 지역을 분석하였다.

첫째, Ecotect 2010, EnergyPlus v4.0, IES (Integrated Environmental Solutions) 6.0의 홈페이지에서 제공하는 인천지역의 IWEC방식의 경우 시간별 일사량의 차이로 건물부하 값에 영향을 줄 수 있다고 판단되어 향후 보완된 연구가 필요하다.

둘째, 한국태양에너지학회에서 제공하는 한국표준기상데이터(ISO-TRY방식)에서는 년 중 최고 7,674 Wh/m², 평균 3,297 Wh/m²로 나타난 반면 EnergyPlus 홈페이지에서 제공하는 IWEC방식의 경우는 최고 9,951 Wh/m², 평균 3,417 Wh/m²로 나타나고 있어 한국태양에너지학회 제공하는 표준기상데이터가 신뢰도 좋으나 향후 일사량에 대한 지속적인 연구가 필요하다 판단된다.

셋째, Ecotect 2010, EnergyPlus v4.0, IES (Integrated Environmental Solutions) 6.0 프로그램에 내장된 IWEC방식에서의 일사량은 운량과 일조시간을 근거로 하여 제작된 반면 한국태양에너지학회에서 제공하고 있는 대한민국 표준기상데이터의 경우 현장 측정된 데이터에 Watanabe et al.(1983) 공식을 적용하여 제공하고 있다.

현재 적용되고 있는 대한민국 표준기상데이터의 경우 ISO-TRY방식을 채택하고 있으나 향후 선진각국에서 채택하고 있는 방식으

로도 작성하여 서로 상호간의 비교분석이 필요하다. 이러한 노력이 명실상부한 표준년 기상자료가 될 수 있을 것으로 본다. 또한 건물 에너지 전문가들이 대한민국 표준기상데이터를 사용하고 문제점을 지적하고 지속적인 보완이 이루어져야 하겠다.

후 기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 20100016982)

참 고 문 헌

1. 유호천 외, 「서울지역의 표준기상데이터 산출방법론 비교」, 한국태양에너지학회논문집, 28(2), pp. 10-18, 2008.
2. 유호천 외, 「건축물성능평가 프로그램의 표준기상데이터 비교연구」, 한국생태학회하계학술발표대회, pp. 153-156, 2008.
3. 유호천 외, 「건물 에너지 성능평가용 서울·울산 표준기상데이터에 관한 연구」, 한국건축환경설비학회 논문집, 1(1), pp. 23-29, 2007.
4. 유호천 외, 「표준기상데이터 형식 분석 및 TRY 가중치 적용」, 한국태양에너지학회 논문집, 27(4), pp. 157-165, 2007.
5. Moncef Krarti, PhD, PE, Joe Huang, Donghyun Seo, Jayme Dark, ASHRAE Rroject RP-1309, Development of Solar Radiation Models for Tropical Locations DRAFT FINAL REPORT, 2006. 6. 30. pp14.
6. Procedures for Separating Direct and Diffuse Insolation on a Horizontal Surface and Prediction of Insolation on Tilted Surfaces Watanabe, T, Urano, Y. and Hayashi, T. 1983.