

국내 난방도일의 재정립에 관한 연구

김 성 수, 조 성 환[†], 최 창 용, 김 상 호^{*}, 김 연 홍^{*}

전주대학교 기계자동차공학과, ^{*}한국지역난방공사 기술연구소

Study on the revision of Heating Degree-days for Korea

Seong-Su Kim, Sung-Hwan Cho[†], Chang-Yong Choi, Sang-Ho Kim^{*}, Youn-Hong Kim^{*}

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Jeonju University, Korea

^{*}R&D Team, Korea District Heating Corporation, Korea

ABSTRACT: Global average temperature rise accelerates by global warming in the three decades of the 20th century. But now we use heating degree days which was established 20 years ago. Therefore new heating degree days for 15 district areas of Korea was determined using long-term measured data.

Five different base temperatures ranging from 24 to 16°C were chosen in the calculation of heating degree days. And yearly heating degree days were given in the tabular form.

Key words: Heating degree-day(난방도일), Degree-day method(도일법), Global warming(지구온난화)

기 호 설 명

- HDD : 난방도일 [°C-day]
- T_z : 무부하온도 [°C]
- T_i : 기본 설정온도 [°C]
- T_o : 외부 기온 [°C]
- U : 총괄열전달계수 [kJ/m²hr·K]
- A : 건물의 벽체 총면적 [m²]
- m_k : 난방일 [day]

1. 서 론

주거건물의 난방부하 예측은 필요한 상세 정도에 따라서 여러 가지 방법으로 계산될 수 있다. 비록 오늘날에는 TRNSYS 또는 DOE와 같은 컴퓨터 프로그램을 이용한 복잡한 동적 시뮬레이션 모델링을 통해서 자세한 난방부하예측이 가능하지만, 이들의 약점은 시간별 기상데이터뿐만 아니라 건물구성 재료와 구조, 운전조건 등에 관한 상세한 입력정보가 요구되며 결과의 정확도는 입력정보의 정확성에 의존하게 된다.

따라서 도일(degree-days)개념에 근거한 난방부하의 예측방법은 약간의 오차를 가질 수 있지만, 실내온도와 내부 열계인(Heat gain)이 일정하다는 가정 하에서는 매우 효과적이고 유용한 방법이다.

미국공조학회(ASHRAE)를 비롯하여 전 세계적으로 적용되는 일반적인 난방도일 데이터 기준은

[†] Corresponding author
Tel.: +82-63-220-2663; fax: +82-63-220-2056
E-mail address: shcho@jj.ac.kr

도 18℃를 적용하여 난방부하를 재산정할 필요가 있다.

2001년 14에서 22℃ 까지 5개의 다양한 무부하 온도를 기준으로 독일법을 적용하여 터키의 주요 지역에서의 냉방 및 난방 도일을 1983-1998의 15년 장기측정 기상데이터를 통해서 산정하고 분석하였다.⁽¹⁾

2005년 그리스 아테네와 테살로니키 지역에 대하여 냉방 및 난방 도일을 1983-1992의 10년 기상청 장기측정 기상데이터를 통해서 산정하고 분석하는 독일법의 적용에 대하여 발표하였다.⁽²⁾

2006년 M. Christenson 등은 스위스에서의 냉방 및 난방 도일을 장기측정 기상데이터를 통해서 산정하고 분석하는 독일법의 적용에 대하여 발표하였다.⁽³⁾

현재 국내의 경우는 1981년 한국동력자원연구소(현. 한국에너지기술연구소)에서 발표한 보고서⁽⁴⁾가 존재한다. 이 보고서에서 계산된 난방도일은 기온이 상승한 현재에 적용할 때 오차가 발생할 가능성이 다분하므로 새로운 난방도일의 재정립이 필요하다. 보고서가 발표된 이후 세계적인 기상이변과 기후변화가 발생되어 우리나라의 기후도 지속적인 변화를 보이고 있으므로 현재 기준으로 난방도일이 재산정되어 기후변화의 영향이 반영되어야 한다.

본 연구에서는 변화된 기후에 적절한 난방도일의 기준을 설정하기 위해 여러 가지의 온도로 계산하였으며, 도시별로 기존의 계산된 난방도일과 비교하고 새로운 난방도일을 제시하고자 한다.

2. 기상 변화

2.1 기후 변화분석

최근 계속되는 지구 온난화의 영향으로 국내의 적으로 연평균 기온도 상승하고 있으며, 겨울철 난방부하 역시 감소되는 추세이다. 난방도일을 재계산하고, 기온변화 추이를 살피기 위해 사용된 기온데이터는 각 도시별로 40년의 일평균기온을 사용하여 계산되었다.

Fig. 1에서는 1967년도부터 2006년도까지 대표되는 4개 도시를 선정하여 40년 동안의 연평균기온을 그래프로 그리고, Curve-fitting 하였다. 대구지역의 상승되는 기울기가 가장 크게 나타났으

며, 춘천이 다른 도시에 비해 온도상승 기울기가 낮은 것으로 나타났다. 평균적으로 기온이 0.8~1.6℃가 상승하였으며, Curve-fitting에서도 볼 수 있듯이 앞으로도 지속적인 온도 상승이 예상된다. 이러한 온도상승은 지역별로 약간의 차이가 있지만 4개 도시 이외의 본 연구에서 대상으로 한 15개의 도시 전체에서 같은 경향으로 나타났다.

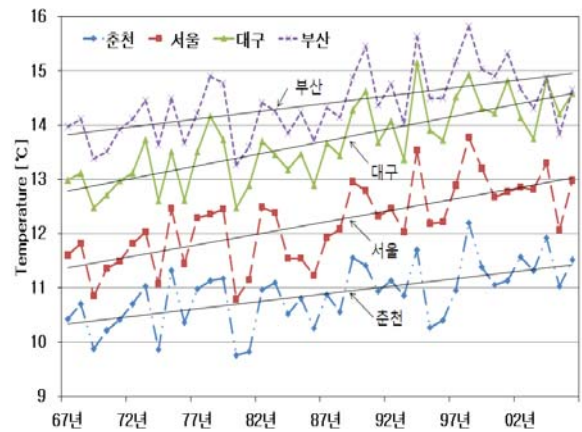


Fig. 1 주요 4개 도시의 연평균기온의 변화 추이

3. 지역 구분

국내의 난방도일을 계산하기 위해 먼저 대표되는 도시를 선정하고 이 도시들을 통해 타당성을 먼저 검증하고자 한다.

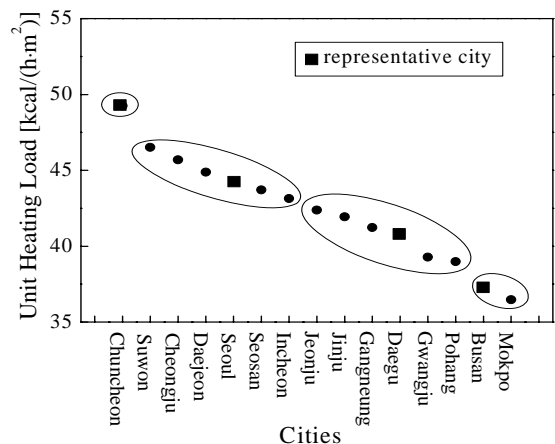


Fig. 2 각 도시별 지역의 재분류

2006년 에너지관리공단에서 발표된 단위열부하

및 검사수수료 산정 연구에 관한 보고서⁽⁵⁾에서 제시한 지역의 분류를 참고 하였다. 이 보고서는 2004년 건설교통부가 고시⁽⁶⁾한 건축물의 에너지절약 설계기준에 명시된 국내 주요 도시 중 제주지역을 제외한 15개의 도시를 단위난방부하에 따라 4개의 군으로 구분하였다. Fig. 2에서 종축은 단위난방부하를 나타내며, 횡축은 각 도시들을 나타내고 있다. 단위난방부하에 따라 순서대로 열거하고, 각 군에서 대표되는 도시를 선정하였다. 이 4개의 도시들을 먼저 분석한 후 나머지 9개 도시를 분석하고 계산하였다. Table 1에서는 각 군에 포함된 도시들을 열거 하였다. 이 도시들은 난방부하와 밀접한 관계에 있는 난방도일을 계산하는데 있어서도 중요한 지역으로 판단되고, 도시 인근 도시와 인접 지역들까지 대략적인 예측이 가능할 것으로 보인다.

Table 2 2004년도 건축물의 에너지절약 설계기준에 의한 주요 15개 도시의 구분

| 지역 | 도시 |
|----|------------------------|
| 가 | 춘천 |
| 나 | 수원, 청주, 대전, 서울, 서산, 인천 |
| 다 | 전주, 진주, 강릉, 대구, 광주, 포항 |
| 라 | 부산, 목포 |

4. HDD의 정의 및 계산방법

4.1 HDD의 정의 및 계산식

일반적으로 난방도일(HDD)를 구하는 식은 두 가지이다. 본 연구에서는 두 가지의 방법을 각각 model과 mode2로 나타내었다. model의 계산 방법은 식(1)을 사용하여 계산하였으며, 무부하온도(T_z)만을 가지고 난방도일을 계산하는 방법이다. mode2의 방법으로 계산하기 위해서는 실내기본설정온도와 무부하온도가 필요하며, 식(2)에서 볼 수 있듯이 기본설정온도와 무부하온도의 차가 model의 값에 더해진 값이 되며 이에 대한 식은 식(2)과 같이 표현된다.

MODE 1:

$$(HDD)_{T_z} = \int_p \| T_z - T_o \| dt$$

$$= (1 \text{ day}) \sum_{\text{days}} \| T_z - T_o \| \quad (1)$$

MODE 2:

$$(HDD)_{T_i - T_z}$$

$$= m_k \sum_{k=1}^n (T_z - T_o) + m_k \sum_{k=1}^n (T_i - T_z) \quad (2)$$

여기서 T_o 는 지역의 일평균기온이며, 계수 m_k 는 0 또는 1 값으로 일평균기온(T_o)가 무부하온도(T_z)보다 작을 때는 1 day로 계산되며 일평균기온이 크거나 같을 때는 0 day의 값으로 계산된다.

난방도일로 표현된 소요난방열량을 표현하면 다음과 같은 식(3)로 표현 할 수 있다.

$$E_p = 24 UA (HDD)_{T_z} (kJ) \quad (3)$$

위에서 구해진 소요난방열량은 기간을 설정하여 건물의 난방부하로서 쉽게 사용이 가능하다.

4.2 계산 방법 및 결과의 타당성

재계산한 난방도일이 기존에 정립되어있는 난방도일과 비교하여 오차를 조사하여 정확한 방법인지를 판단해야 한다.

Table 3에서 기존Data라고 표시된 값은 동력자원연구소의 보고서⁽⁴⁾에서 계산된 난방도일의 값이며, 재계산 Data는 본 연구에서 사용한 계산 방법으로 계산한 난방도일 값이다. 보고서에서 사용한 기상데이터가 1971년도에서 1980년까지의 기온데이터를 사용하여 계산하였으며 같은 기간의 기온데이터를 사용하여 재계산한 값을 비교하여 월별, 도시별로 비교하였다. 3절에서 분류한 4개의 대표 도시 중에서 가장 큰 오차를 보인 것이 대구지역으로 2월의 난방도일의 오차가 0.85%로 나타났다. 전체 도시 모두 월 합계나 연 합계에서 모두 1% 미만의 오차를 보여 과거에 계산한 결과와 거의 일치함을 보여주고 현재 사용한 계산 방법이 적절하고 정확하다는 것을 입증하고 있다.

Table 3 1981년 발표된 에너지기술연구소(구. 동력자원연구소)의 난방도일과 재계산한 난방도일의 비교

| 도시 | 월 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 춘천 | 기존 Data | 743.6 | 635.4 | 500.0 | 270.3 | 59.8 | 0.0 | |
| | 재계산 Data | 745.7 | 636.0 | 500.2 | 269.4 | 59.8 | 0.0 | |
| | 오차(%) | 0.28 | 0.09 | 0.04 | 0.33 | 0.02 | 0.00 | |
| 서울 | 기존 Data | 688.7 | 602.6 | 480.4 | 253.1 | 48.7 | 0.0 | |
| | 재계산 Data | 688.8 | 602.3 | 479.1 | 253.1 | 49.1 | 0.0 | |
| | 오차(%) | 0.01 | 0.05 | 0.27 | 0.02 | 0.88 | 0.00 | |
| 대구 | 기존 Data | 618.8 | 536.9 | 417.3 | 203.1 | 17.3 | 0.0 | |
| | 재계산 Data | 618.5 | 532.4 | 416.6 | 203.1 | 17.3 | 0.0 | |
| | 오차(%) | 0.05 | 0.85 | 0.18 | 0.01 | 0.23 | 0.00 | |
| 부산 | 기존 Data | 529.6 | 467.9 | 379.3 | 210.2 | 31.4 | 0.0 | |
| | 재계산 Data | 529.1 | 467.8 | 375.7 | 210.2 | 31.4 | 0.0 | |
| | 오차(%) | 0.09 | 0.02 | 0.94 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | |
| 도시 | 월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 연합계 |
| 춘천 | 기존 Data | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 237.7 | 460.0 | 685.2 | 3600.5 |
| | 재계산 Data | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 237.7 | 459.9 | 685.0 | 3602.1 |
| | 오차(%) | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 |
| 서울 | 기존 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 154.3 | 400.8 | 631.5 | 3260.1 |
| | 재계산 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 154.7 | 400.9 | 631.2 | 3259.2 |
| | 오차(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 0.03 | 0.05 | 0.03 |
| 대구 | 기존 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 132.1 | 360.4 | 566.8 | 2852.7 |
| | 재계산 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 132.2 | 360.4 | 565.7 | 2846.1 |
| | 오차(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.01 | 0.20 | 0.23 |
| 부산 | 기존 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 49.5 | 272.0 | 462.3 | 2402.2 |
| | 재계산 Data | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 49.5 | 272.3 | 461.7 | 2397.8 |
| | 오차(%) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.11 | 0.12 | 0.18 |

5. 적정 난방도일 기준 선정

5.1 적정모드 선정 기준

두 가지의 난방도일의 계산법 중 적절한 방법을 선택하기위해 mode별로 계산을 실시하였다. 각각의 난방도일은 최근 10년인 1997년부터 2006년까지의 평균기온을 사용하였다. Table 4는 mode1의 계산식으로부터 기본설정온도를 24, 22, 20, 18, 16℃로 해서 난방도일을 계산한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4 mode1의 기본 설정온도에 따른 난방도일 계산값

| Model | 춘천 | 서울 | 대구 | 부산 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| HDD ₂₄ | 4647.9 | 4130.0 | 3617.7 | 3410.2 |
| HDD ₂₂ | 4048.0 | 3557.5 | 3064.3 | 2809.8 |
| HDD ₂₀ | 3505.7 | 3042.2 | 2564.3 | 2279.8 |
| HDD ₁₈ | 3002.6 | 2571.0 | 2113.4 | 1819.4 |
| HDD ₁₆ | 2548.6 | 2147.9 | 1716.5 | 1412.2 |

Table 5는 mode2를 사용하여 난방도일을 계산하였고 여기에서 ϕ 는 mode2/mode1를 나타낸 것이다. mode1과 mode2를 비교하기위해 기준 온도를 변화시켰을 때의 mode1에 대한 mode2를 백분율로 나타낸 것이다. 기본설정 온도가 낮아질수록 mode1과 비교하여 감소되는 정도를 나타내며, 추운지역에서 무부하온도를 작게 설정 할수록 난방도일의 변화 폭이 작게 나타났다. mode2에서는 여러 무부하온도에서 난방도일을 계산하는 것이 가능하며, mode1에서 고려하지 않는 무부하온도를 고려한 것이므로 좀 더 정확한 계산을 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 두 가지의 계산 방법 중 mode2에 초점을 맞춰 계산하고자 한다.

Table 5 mode2의 기본설정온도 24℃일 때 무부하온도에 따른 난방도일의 변화량 비교

| 지역 | 춘천 | | 서울 | |
|----------------------|--------|------------|--------|------------|
| | HDD | ϕ (%) | HDD | ϕ (%) |
| HDD ₂₄ | 4647.9 | 100.0 | 4130.0 | 100.0 |
| HDD ₂₄₋₂₂ | 4618.0 | 99.4 | 4091.5 | 99.1 |
| HDD ₂₄₋₂₀ | 4549.7 | 97.9 | 4026.2 | 97.5 |
| HDD ₂₄₋₁₈ | 4448.6 | 95.7 | 3939.0 | 95.4 |
| HDD ₂₄₋₁₆ | 4292.6 | 92.4 | 3731.9 | 90.4 |
| HDD ₂₄₋₁₄ | 4077.8 | 87.7 | 3556.1 | 86.1 |
| 지역 | 대구 | | 부산 | |
| | HDD | ϕ (%) | HDD | ϕ (%) |
| HDD ₂₄ | 3617.7 | 100.0 | 3410.2 | 100.0 |
| HDD ₂₄₋₂₂ | 3586.3 | 99.1 | 3375.8 | 99.0 |
| HDD ₂₄₋₂₀ | 3520.3 | 97.3 | 3275.8 | 96.1 |
| HDD ₂₄₋₁₈ | 3397.4 | 93.9 | 3127.4 | 91.7 |
| HDD ₂₄₋₁₆ | 3204.5 | 88.6 | 2924.2 | 85.7 |
| HDD ₂₄₋₁₄ | 3023.9 | 83.6 | 2661.1 | 78.0 |

5.2 적정 환산 연도 선정 기준

본 연구에서 계산된 난방도일이 사용되기 위해서는 적절한 평균기온의 기간 설정이 필요하다. 이를 위해 10년, 20년, 30년의 평균기간을 사용하여 비교하였으며, 최근 년도인 2006년부터 과거 년도로 각각 기간을 설정하였다.

Fig. 4는 대표도시들의 평균기간별 온도와 난방도일을 비교한 그림이다. 좌측의 세로축은 온도 값이며 우측의 세로축은 난방도일을 나타낸다. 도시별로 평균기간이 길수록 평균온도가 낮아지며,

난방도일은 반대로 많아지는 것을 볼 수 있다.

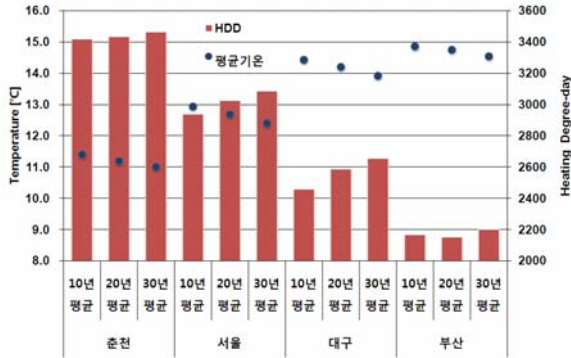


Fig. 4 주요 4개 도시의 평균기간에 따른 온도 변화와 난방도일의 변화 비교

산정된 난방도일은 일평균 외기온을 반영하며, 이를 너무 장기간 고려하게 되면 오랜 과거의 기후변화 영향이 반영되어 오히려 현 시점 이후의 예측 정확도를 떨어트리는 효과를 발생시킬 수 있다. 30년 동안의 기상자료를 통한 도일의 산정보다는 10년 동안의 평균기온 자료기준이 더 적합하다고 할 수 있다.

6. 지역별 난방도일의 계산결과

6-1 월별 난방도일

모든 조건을 감안한 대표도시들의 월별 난방도일을 여러 온도별로 계산하였고, 18°C 기준의 난방도일을 Fig. 6에 나타내었다.

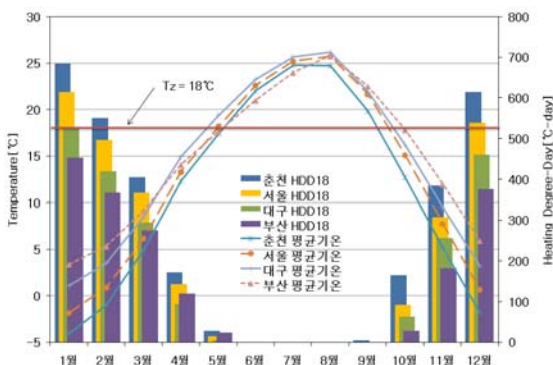


Fig. 6 주요 4개 도시의 월별 10년 평균기온과 HDD₁₈ 비교

온도의 변화는 선으로 표시하였으며 난방도일의 변화를 막대그래프로 표시하였다. 보는바와 같이 난방을 하지 않는 여름철에는 가장 큰 온도차가 1.5~2.0°C로 나타났고, 겨울철의 경우 7~8°C의 온도차를 보였다. 춘천에 비해 부산의 난방도일이 월 최대 240°C-day가 차이 나는 것으로 나타났다.

6-2 지역별 난방도일

본 연구에서 선정한 도시들은 모두 15개이며, 대표되는 도시 4개에 의해 앞 절에서 타당함을 보였다. 24~16°C의 기본 설정온도와 24~14°C의 무부하온도로 2°C씩 차이를 두어 계산을 실시하여 Table 7에 나타내었다. 각 지역별로 1997년부터 2006년까지의 10년 평균기온을 사용하였으며, mode2의 방법을 사용하여 계산한 결과이다

7. 결론

본 연구에서는 현재 국내에 정립되어있는 난방도일이 사용할 수 없는 오래되고, 부정확한 데이터를 현재의 기후에 적합한 새로운 난방도일을 선정하고자 하였다. 적절한 기온의 평균 기간을 선정하기 위해 여러 데이터를 분석한 결과 10년 동안의 평균기온을 사용하는 것이 적절하였으며, 모드 선택에 있어서 mode1과 mode2를 비교하여 여러 결과를 얻을 수 있는 mode2를 채택하여 계산하였다. 적절한 설정온도를 정하고 무부하온도를 정하는 연구는 지역별로 실제 건물의 조건에 따른 세세한 데이터를 사용하여 비교를 하고 분석하여, 수정계수의 도입도 필요하다.

마지막으로 본 연구에서 제시하고자 하며, 이를 여러 분야에서 활용되었으면 하는 바람이다.

참고 문헌

1. Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey, Applied Energy 69, 2001, 269-283.
2. Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece, Renewable Energy 30, 2005, 1873-1880.
3. Climate warming impact on degree-days and

building energy demand in Switzerland, Energy Conversion and Management 47, 2006, 671-686.

4. 熱供給設備의 施設 및 技術基準에 關한 研究 報告書, 韓國動力資源研究所, 1981, 112-117

5. 단위열부하 및 검사수수료 산정 연구보고서, 한국에너지관리공단, 2006, 44-49

6. 건축물의 에너지절약설계기준, 건설교통부 고시 제2004-459호, 2004

Table 7 15개 도시의 기준온도 및 무부하온도별 HDD 계산 결과

| 구분 | 춘천 | 서울 | 대구 | 부산 | 수원 | 청주 | 대전 | 서산 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| HDD ₂₄ | 4647.9 | 4130.0 | 3617.7 | 3410.2 | 4295.1 | 4137.5 | 4070.9 | 4429.1 |
| HDD ₂₄₋₂₂ | 4618.0 | 4091.5 | 3586.3 | 3375.8 | 4264.6 | 4104.1 | 4033.5 | 4401.8 |
| HDD ₂₄₋₂₀ | 4549.7 | 4026.2 | 3520.3 | 3275.8 | 4209.2 | 4055.6 | 3985.0 | 4324.3 |
| HDD ₂₄₋₁₈ | 4448.6 | 3939.0 | 3397.4 | 3127.4 | 4099.7 | 3912.3 | 3834.8 | 4200.9 |
| HDD ₂₄₋₁₆ | 4292.6 | 3731.9 | 3204.5 | 2924.2 | 3924.3 | 3741.8 | 3653.6 | 4058.1 |
| HDD ₂₄₋₁₄ | 4077.8 | 3556.1 | 3023.9 | 2661.1 | 3744.4 | 3548.4 | 3487.7 | 3852.6 |
| HDD ₂₂ | 4048.0 | 3557.5 | 3064.3 | 2809.8 | 3714.6 | 3564.1 | 3493.5 | 3825.8 |
| HDD ₂₂₋₂₀ | 4027.7 | 3534.2 | 3042.3 | 2777.8 | 3699.2 | 3549.6 | 3479.0 | 3802.3 |
| HDD ₂₂₋₁₈ | 3966.6 | 3483.0 | 2969.4 | 2691.4 | 3635.7 | 3464.3 | 3388.8 | 3726.9 |
| HDD ₂₂₋₁₆ | 3856.6 | 3335.9 | 2832.5 | 2546.2 | 3510.3 | 3341.8 | 3257.6 | 3624.1 |
| HDD ₂₂₋₁₄ | 3689.8 | 3198.1 | 2691.9 | 2341.1 | 3370.4 | 3190.4 | 3127.7 | 3464.6 |
| HDD ₂₀ | 3505.7 | 3042.2 | 2564.3 | 2279.8 | 3189.2 | 3043.6 | 2973.0 | 3280.3 |
| HDD ₂₀₋₁₈ | 3484.6 | 3027.0 | 2541.4 | 2255.4 | 3171.7 | 3016.3 | 2942.8 | 3252.9 |
| HDD ₂₀₋₁₆ | 3420.6 | 2939.9 | 2460.5 | 2168.2 | 3096.3 | 2941.8 | 2861.6 | 3190.1 |
| HDD ₂₀₋₁₄ | 3301.8 | 2840.1 | 2359.9 | 2021.1 | 2996.4 | 2832.4 | 2767.7 | 3076.6 |
| HDD ₁₈ | 3002.6 | 2571.0 | 2113.4 | 1819.4 | 2707.7 | 2568.3 | 2496.8 | 2778.9 |
| HDD ₁₈₋₁₆ | 2984.6 | 2543.9 | 2088.5 | 1790.2 | 2682.3 | 2541.8 | 2465.6 | 2756.1 |
| HDD ₁₈₋₁₄ | 2913.8 | 2482.1 | 2027.9 | 1701.1 | 2622.4 | 2474.4 | 2407.7 | 2688.6 |
| HDD ₁₆ | 2548.6 | 2147.9 | 1716.5 | 1412.2 | 2268.3 | 2141.8 | 2069.6 | 2322.1 |
| 구분 | 인천 | 전주 | 진주 | 강릉 | 광주 | 포항 | 목포 | |
| HDD ₂₄ | 4211.0 | 3861.8 | 3927.7 | 3905.1 | 3754.5 | 3543.2 | 3765.0 | |
| HDD ₂₄₋₂₂ | 4184.0 | 3829.9 | 3901.3 | 3868.8 | 3717.0 | 3511.5 | 3737.8 | |
| HDD ₂₄₋₂₀ | 4074.5 | 3782.4 | 3834.1 | 3774.9 | 3663.9 | 3421.4 | 3641.0 | |
| HDD ₂₄₋₁₈ | 3992.2 | 3647.1 | 3710.5 | 3637.2 | 3531.9 | 3272.6 | 3532.8 | |
| HDD ₂₄₋₁₆ | 3802.8 | 3474.8 | 3508.0 | 3449.7 | 3370.2 | 3076.3 | 3334.6 | |
| HDD ₂₄₋₁₄ | 3635.2 | 3310.1 | 3330.1 | 3208.4 | 3182.7 | 2888.0 | 3182.7 | |
| HDD ₂₂ | 3614.0 | 3301.9 | 3351.3 | 3294.8 | 3187.0 | 2963.5 | 3181.8 | |
| HDD ₂₂₋₂₀ | 3576.5 | 3286.4 | 3332.1 | 3260.9 | 3169.9 | 2931.4 | 3151.0 | |
| HDD ₂₂₋₁₈ | 3526.2 | 3207.1 | 3258.5 | 3177.2 | 3091.9 | 2842.6 | 3084.8 | |
| HDD ₂₂₋₁₆ | 3390.8 | 3084.8 | 3114.0 | 3043.7 | 2978.2 | 2702.3 | 2942.6 | |
| HDD ₂₂₋₁₄ | 3261.2 | 2956.1 | 2974.1 | 2856.4 | 2832.7 | 2556.0 | 2824.7 | |
| HDD ₂₀ | 3078.5 | 2790.4 | 2830.1 | 2746.9 | 2675.9 | 2441.4 | 2661.0 | |
| HDD ₂₀₋₁₈ | 3060.2 | 2767.1 | 2806.5 | 2717.2 | 2651.9 | 2412.6 | 2636.8 | |
| HDD ₂₀₋₁₆ | 2978.8 | 2694.8 | 2720.0 | 2637.7 | 2586.2 | 2328.3 | 2550.6 | |
| HDD ₂₀₋₁₄ | 2887.2 | 2602.1 | 2618.1 | 2504.4 | 2482.7 | 2224.0 | 2466.7 | |
| HDD ₁₈ | 2594.2 | 2327.1 | 2354.5 | 2257.2 | 2211.9 | 1982.6 | 2188.8 | |
| HDD ₁₈₋₁₆ | 2566.8 | 2304.8 | 2326.0 | 2231.7 | 2194.2 | 1954.3 | 2158.6 | |
| HDD ₁₈₋₁₄ | 2513.2 | 2248.1 | 2262.1 | 2152.4 | 2132.7 | 1892.0 | 2108.7 | |
| HDD ₁₆ | 2154.8 | 1914.8 | 1932.0 | 1825.7 | 1802.2 | 1580.3 | 1766.6 | |