



RESEARCH ARTICLE

비냉난방공간 온도 산정 방식별 건물 에너지요구량 분석

임수현¹ · 박성중^{2*}

¹패시브제로에너지건축연구소 선임연구원, ²패시브제로에너지건축연구소 부소장

Analysis of Building Energy Demand by Unheated Space Temperature Calculation Method

Lim, Su-Hyun¹ · Park, Sung-Jung^{2*}

¹Senior Researcher, Institute for Passive Zero Energy Building, Seoul, Korea

²Principal Researcher, Institute for Passive Zero Energy Building, Seoul, Korea

*Corresponding author: Park, Sung-Jung, Tel: +82-2-552-1012, E-mail: info@ipazeb.org

ABSTRACT

Since ECO2 program, a national certification program, is for certification, some algorithms were omitted so that the results do not differ significantly depending on the evaluator. Currently, the same program is used in remodeling, but a reliable program that differs little from actual energy use is needed during remodeling. Among the algorithms omitted from the program, the algorithm for the influence of unheated spaces was also omitted. As a result, heat transfer between adjacent zones was omitted, which may result in a difference from the actual building energy use. Therefore, this study analyzed the impact of unheated space temperature on building energy demand. The difference between reflecting and not reflecting the unheated space was compared, and various application methods for the temperature of the unheated space were reviewed. As a result of the analysis, it appears that there is a large difference in energy demand when applying and not applying the temperature of unheated spaces through a detailed calculation method, and when applying it through a simple calculation method. Accordingly, it is necessary to consider applying the temperature of unheated spaces through a detailed calculation method.

주요어 : 비냉난방공간 온도, 상세 계산법, 단순 계산법, 요구량분배법, 에너지요구량

Keywords: Temperature of unheated space, Detailed calculation method, Simply calculation method, Demand distribution method, Energy Demand

서론

전 세계적으로 기후변화에 대응하기 위한 움직임이 가시화되고 있다. 국내의 경우 2050 탄소중립 추진전략을 발표하면서 에너지 절감 효과를 위해 다양한 정책들이 시행되고 있으며, 그 중 건물에너지 부문에서도 다양한 정책 및 사업이 시행되고 있다. 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증사업, 그린리모델링사업 등에서는 건축 계획 및 인증 시 건물의 에너지 성능을 평가하기 위해 국가 인증용 프로그램을 사용하고 있다.

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2023 October, 17(5): 308-319
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20230026>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: October 10, 2023

Revised: October 23, 2023

Accepted: October 25, 2023

© 2023 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 시에는 건물의 냉난방 에너지소요량 평가 프로그램인 ECO2 프로그램을 활용하여 건물의 에너지를 평가하고 있다. 한국토지공사는 공공건축물에서 민간건축물로 확대하여 그린리모델링사업을 지원하고 있으며 민간에서 에너지 성능 진단을 위해 ECO2 프로그램을 안내하고 있다. 이렇듯 건물 에너지 인증 검토 시 시뮬레이션을 통한 방법이 많이 활용되고 있으나, 국내의 인증용 평가 프로그램은 인증을 위한 평가 프로그램이기에 많은 알고리즘이 생략되어 있어 실제 건물 에너지사용량과 오차가 발생한다. 그러나 실제 건물과의 시뮬레이션 결과의 오차가 크게 발생한다면, 계획하는 건물에 대해 정량화된 평가를 할 수 없어 건축주 및 설계자의 설계 판단을 어렵게 만들 수 있다.

또한, 노후 건축물에 대한 그린리모델링 사업이 많이 시행되고 있는데, 그린 리모델링의 목적을 달성하기 위해서는 리모델링 전후의 에너지 개선 효과를 평가해야 한다. 그러나 리모델링 전의 시뮬레이션 결과는 리모델링 전 실제 사용량과 적정 수준의 오차범위 내여야지만 베이스 모델로써 활용될 수 있다. 따라서, 적절한 그린리모델링 평가 시 실제 사용량과의 오차가 적은 신뢰성 있는 에너지 평가 프로그램이 요구된다.

국내 인증용 평가 프로그램과 실제 사용량의 오차에 대한 분석은 그동안 많이 분석됐으며 여러 요인이 있는 것으로 분석되었다. Kim (2013)은 ISO 13790 기반 프로그램인 PHPP 프로그램과 ECO2 프로그램을 비교 분석하였는데, ECO2 프로그램은 축열에 대한 영향이 세밀하게 반영하지 못하므로 이에 따른 결과 차이가 크게 나타나는 것으로 분석하였다.

또한, Kim and Kim (2017)는 ISO 13790과 ECO2의 기반 알고리즘인 DIN V 18599의 비교 분석 연구의 필요성을 말하였는데, 두 계산 방법 적용 시 냉난방 에너지요구량 오차가 약 12% 정도 나오므로 신뢰성 확보를 위해 이에 관한 연구가 지속적으로 필요하다고 언급하였다.

또, Kim et al. (2022)는 ECO2와 DesignBuilder를 비교하였는데, 풍속에 따른 외부 대류 열전달계산에 대한 생략을 언급하였다.

또한, Ko and Yee (2022)는 Design Builder와 입력변수 민감도 비교를 통해 ECO2의 개선 방향에 대해 검토하였다. 특히, 단순 계산법이 적용된 ECO2 프로그램의 경우 많은 입력변수가 생략되었으며, 그중 영향도가 큰 재실자에 대한 입력도 생략되었다고 언급하였다.

또, Choi et al. (2023)는 ECO2 프로그램의 태양광발전시스템 생산량 분석 방법을 고찰하고 개선방안에 대해 검토하였다. ECO2 프로그램은 태양광 설치 방위를 5가지(동, 남동, 남, 남서, 서)로만 정하고 있어 설치 방위에 대한 생략으로 인해, 북향에 설치되어도 반영하지 못하는 한계를 언급하였다. 이에 설치 각도의 세분화와 전방위에 대한 입력 확대를 제시하였다.

이처럼 ECO2 프로그램 인증을 위한 프로그램이기 때문에 평가자에 따라 결과가 크게 다르게 나오지 않도록 일부 알고리즘이 생략되었다. 본 연구에서는 이렇듯 ECO2 프로그램에서 생략된 알고리즘 중 비냉난방공간의 영향에 대한 알고리즘에 대해 검토하였다.

실제 건물에서는 비냉난방 공간이 존재하는데, 냉난방을 가동하지 않으면 실내 난방 설정 온도인 20°C와 실내 냉방 설정온도인 27°C 수준을 벗어나 인접한 냉난방 공간과 4°C 이상의 온도 차가 발생할 수 있다. DIN V 18599 (2018)에 따르면 월간별 에너지요구량 계산에서 4°C 이하의 인접존 열전달은 무시해도 되나 4°C를 초과하는 온도 차는 관류 열전달로써 반

영하고 있다. 그러나 현재 ECO2 프로그램의 경우 존들의 인접 정보, 내벽, 층간슬라브 등 인접 존 간의 구조체 정보 등에 대한 입력을 생략하고 있고, 인접존간의 열전달을 반영하지 않고 있다. 이러한 인접존간의 영향, 특히 비냉난방공간의 영향에 대한 생략은 에너지평가 결과에 대한 신뢰성을 줄이는 요인으로 작용할 수 있다.

본 연구는 비냉난방공간 온도의 건물 에너지요구량에 대한 영향을 분석하였다. 비냉난방 공간에 대한 반영 시와 미반영 시의 차이를 비교하였고 비냉난방공간 온도의 다양한 적용방법에 대해 검토하였다.

연구 방법

본 연구는 아래와 같이 3가지 단계로 진행하였다.

- (1) 비냉난방공간온도 산정 알고리즘 분석: ISO 13789 (2007)기반 비냉난방공간 온도 상세 알고리즘과 DIN V 18599 (2018) 단순 알고리즘에 대해 분석하고, 알고리즘 반영 시 주의사항에 대해 검토하였다. 또한 인증용 평가 프로그램에 반영성을 고려하여 인접한 냉난방 존으로의 비냉난방존의 요구량 분배 방법을 검토하였다.
- (2) 상세 계산법과 요구량분배법 비교: 상세 계산법과 요구량 분배법 계산 결과 비교를 통해 요구량 분배법 타당성을 검증하였다.
- (3) 상세 계산법과 단순 계산법 비교: ISO 13789기반 비냉난방공간 온도 상세 알고리즘과 DIN V 18599 (2018) 단순 알고리즘을 통한 건물 에너지요구량 검토 결과를 비교하였다.

비냉난방공간 온도 산정 알고리즘

ECO2 프로그램

국내 건물 에너지 평가 프로그램인 ECO2 프로그램은 Monthly Method 프로그램으로, DIN V 18599 알고리즘을 기반으로 개발된 프로그램이다. 국내 건축물 에너지효율등급 인증 시 인증용 프로그램으로써 활용되고 있다.

ISO 13789: 2007

ISO 13789는 관류 및 환기 열전달 관련 ISO 기준이다. 해당 알고리즘의 결과는 에너지사용량과 냉난방 부하, 에너지요구량의 입력값으로써 적용된다고 기술되어있다. ISO 13789에는 관류 열전달 알고리즘 포함되며, 이 중 비냉난방공간의 상세온도 산정 알고리즘을 포함하고 있다.

ISO 13789 기반 상세 계산 알고리즘

ISO 13789 기반 비냉난방공간의 상세온도 산정 알고리즘은 식 (1)과 같다.

$$\theta_u = \frac{\Phi_u + \theta_i(H_{T,iu} + H_{V,iu}) + \theta_e(H_{T,ue} + H_{V,ue})}{H_{T,iu} + H_{V,iu} + H_{T,ue} + H_{V,ue}} \quad (1)$$

여기서, Φ_u 는 비냉난방 존에 유입되는 열류, 즉, 태양열에너지 또는 내부발열과 같은 열획득 에너지를 의미한다. $H_{T,iu}$ 는 해당 존과 접한 비냉난방 존 간의 관류 열전달계수를 의미한다. $H_{T,ue}$ 는 비냉난방 존과 외기 간 관류 열전달계수를 의미한다. $H_{V,iu}$ 는 해당 존과 접한 비냉난방 존의 환기 열전달계수를 의미한다. $H_{V,ue}$ 는 비냉난방존과 외기 간 환기 열전달계수를 의미한다.

비냉난방공 존이 여러 존과 접한 경우, 식 (2)에 따라 계산된다.

$$\theta_u = \frac{\Phi_u + \sum_j \theta_{i,j} (H_{T,ij} + H_{V,ij})}{\sum_j (H_{T,ij} + H_{V,ij})} \quad (2)$$

여기서, Φ_u 는 비냉난방 존에 유입되는 열류를 의미한다. $H_{T,ij}$ 는 비냉난방존과 인접한 존 또는 외기에 대한 각 관류 열전달계수를 의미한다. $H_{V,ij}$ 는 비냉난방 존과 인접한 존 또는 외기의 각 환기 열전달계수를 의미한다. $\theta_{i,j}$ 는 각 열전달계수별 인접 존 또는 외기의 온도를 의미한다.

ISO 13789 기반 비냉난방공간의 상세온도 산정 알고리즘의 경우 비냉난방 존을 둘러싼 구조체의 열관류율, 각 구조체의 면적 및 인접 공간의 온도, 일사 및 내부발열을 모두 고려하여 비냉난방 존의 온도를 계산한다. 그러므로 냉난방·비냉난방 존 간 내벽 구조체 정보까지 입력해야 하며 비냉난방 존간에 면해 있는 경우 순환계산이 발생할 수 있다.

또한, 냉난방존의 인접 비냉난방 존 온도의 영향을 반영하려면 비냉난방존의 온도부터 계산되어야 하는데 이때 일사 및 내부발열, 열전달계수 등이 고려되므로 비냉난방존, 난방/냉방존, 냉난방존 순서로 계산되어야 한다.

DIN V 18599: 2018

DIN V 18599 (2018)은 독일에서 건축물의 에너지 효율성을 평가를 위해 개발한 알고리즘 기준으로서, 독일의 프라운호퍼 건축물리연구소가 주도적으로 개발하였다. 총 12개의 Part로 구분되어 있으며, 냉난방 에너지요구량 알고리즘과 난방, 냉방, 급탕, 공조, 주거환기, 조명 에너지소요량 알고리즘과 용도프로필 및 자동제어에 대한 기준으로 구성되어 있다.

DIN V 18599: 2018 기반 단순 계산 알고리즘

DIN V 18599 (2018) 기반 비냉난방공간 온도 단순 계산 알고리즘은 식 (3)과 같다.

$$\theta_u = \theta_i - F_X(\theta_i - \theta_e) \quad (3)$$

여기서, θ_i 는 인접한 존의 실내 난방 기준온도를 의미하고, θ_e 는 외기 온도를 의미한다. F_X 는 Table 1에 따른 온도 보정계수를 의미한다.

Table 1. Temperature correction coefficient for each element

| No. | Type | F_x |
|-----|---|-------|
| 1 | Exterior walls, Exterior windows, Exterior ceilings, underground parking lot ceilings | 1.0 |
| 2 | Roof | 1.0 |
| 3 | Top floor uninsulated ceiling | 0.8 |
| 4 | Attic walls and ceiling | 0.8 |
| 5 | Walls and ceilings of non-heating areas (excluding basements) | 0.5 |
| 6 | Walls and ceilings of low-temperature heating rooms (indoor temperature 12~19°C) | 0.35 |

해당 알고리즘은 인접한 존의 온도와 외기온도만 알면 간단히 계산될 수 있으나, 비냉난방 공간의 단열 수준을 반영하지 못하는 등 상세한 영향을 반영하기에는 정확성이 떨어진다. 또한 단순 계산 방법이라 할지라도, 비냉난방존의 온도를 반영한 관류 열전달을 계산하기 위해 선 냉난방-비냉난방 존 간 내벽 구조체 면적 정보는 입력해야 한다.

요구량 분배 계산 방법

앞서 분석한 것과 같이 비냉난방존의 상세 온도 계산의 경우, 상세 입력 정보가 필요하고 계산 순서의 세밀한 조정이 필요하다는 등 평가가 어렵다는 단점이 있다. 단순 계산 알고리즘의 경우, 평가는 단순하지만 마찬가지로 내벽 면적 정보를 입력해야 하므로 입력 값이 많아진다. 이는 한계를 갖는다.

이에 조닝을 생략하고 간편하게 하면서도 비냉난방 존의 영향을 고려하여 에너지요구량 계산하는 방법을 고민한 결과 비냉난방 존에 대해서도 냉난방 존과 동일하게 에너지요구량을 산정한 뒤 인접 냉난방 존의 에너지요구량 비율대로 비냉난방 존의 요구량을 분배하는 방법을 검토해보았다. 현재 인증용 평가 프로그램에서는 비냉난방존의 경우 무조건 에너지요구량이 0으로 산정되지만, 비냉난방존에 대해 냉난방존과 마찬가지로 에너지요구량을 산정 후 인접한 공간으로 분배하는 방법이 가능할지에 대해 검토해보고자 하였다.

상세 계산법 및 요구량 분배법 비교

ISO 13789 (2007)의 비냉난방온도 상세 계산법과 앞서 설명한 요구량 분배법 계산 결과 비교를 통해 요구량 분배법의 타당성을 검증해보았다. 두 평가 방법을 비교하기에 적절한 평가 프로그램이 없는 관계로 알고리즘을 반영한 엑셀을 개발하여 비교 분석하였다. 비냉난방 공간의 온도 관련 알고리즘을 제외한 에너지요구량 알고리즘은 DIN V 18599 (2018) Part2에 따른 알고리즘을 참조하여 개발하였다.

검토 모델

상세 계산법 및 요구량 분배법 비교를 위한 검토 모델은 Figure 1과 같으며, 검토 모델의 입력값은 Table 2와 같다. 검토모델에는 비냉난방존이 포함하였고 해당 비냉난방 존은 외기에 면한 벽이 포함되어 있어, 외기로부터의 영향을 받도록 설정하였다. 이를 통해 상세 계산법을 통한 비냉난방공간온도 계산 시 외기의 영향이 반영될 수 있도록 하였다. 또한 해당 존과 2개의 존이 인접하도록 하여 냉난방존의 에너지요구량 평가 시 비냉난방존으로부터의 영향이 반영될 수 있도록 하였다.

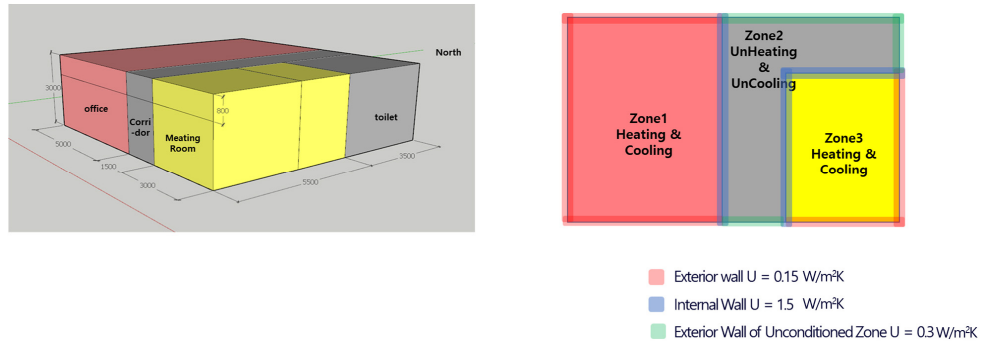


Figure 1. Model for detailed calculation method and demand distribution method review

Table 2. Input data of the conditioned Zones for detailed calculation method and demand distribution method review

| | Unit | Office | Meeting Room |
|-----------------|----------------------|--------|--------------|
| Net-floor Area | [m ²] | 45.0 | 16.5 |
| Celing Height | [m] | 2.2 | 2.2 |
| n ₅₀ | [h ⁻¹] | 1.0 | 1.0 |
| Wall U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 |
| Roof U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 |
| Floor U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 |
| Window U-value | [W/m ² K] | 1.0 | 1.0 |
| SHGC | [-] | 0.6 | 0.6 |

검토 결과

비냉난방공간 온도 상세 계산법 및 요구량 분배법의 비교 검토 결과는 아래와 같다(Table 3). 냉·난방 에너지요구량 모두에서 큰 오차가 발생하며 비냉난방 존의 면적이 클수록 더 큰 오차가 발생할 것으로 예상된다. 이에 따라 요구량분배법은 적용이 어려울 것으로 판단되며, 상세 계산방법과 단순 계산방법을 비교 분석하였다.

Table 3. Result for detailed calculation method and demand distribution method review

| [kWh/mth] | Office | | | Meeting Room | | | |
|---------------------|-----------------|---------------------|-----------|-----------------|---------------------|-----------|--------------|
| | Detailed Method | Distribution Method | Error [%] | Detailed Method | Distribution Method | Error [%] | |
| Heating energy need | Jan | 820 | 1051 | 28.2 | 623 | 798 | 28.1 |
| | Feb | 571 | 738 | 29.2 | 450 | 582 | 29.3 |
| | Mar | 410 | 539 | 31.5 | 347 | 456 | 31.4 |
| | Apr | 197 | 267 | 35.5 | 193 | 262 | 35.8 |
| | May | 1 | 14 | 1300 | 12 | 62 | 416.7 |
| | Jun | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Jul | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Aug | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Sep | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Oct | 74 | 115 | 55.4 | 95 | 148 | 55.8 |
| | Nov | 337 | 447 | 32.6 | 274 | 363 | 32.5 |
| | Dec | 668 | 861 | 28.9 | 512 | 660 | 28.9 |
| Cooling energy need | Jan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Feb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mar | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Apr | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | May | 83 | 40 | -51.8 | 32 | 8 | -75 |
| | Jun | 277 | 232 | -16.2 | 125 | 94 | -24.8 |
| | Jul | 302 | 290 | -4 | 163 | 153 | -6.1 |
| | Aug | 387 | 388 | 0.3 | 224 | 223 | -0.4 |
| | Sep | 166 | 168 | 1.2 | 73 | 74 | 1.4 |
| | Oct | 9 | 9 | 0 | 6 | 6 | 0 |
| | Nov | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Dec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

상세 계산법과 단순 계산법 비교

ISO 13789 (2007)의 비냉난방온도 상세 계산법을 통해 비냉난방공간 온도를 고려했을 때와 미반영하였을 경우의 차이를 검토하였다. 또한 같은 검토 모델에 DIN V 18599 (2018)의 비냉난방공간 온도 단순 계산법을 적용 시에 얼마나 차이가 나는지 비교하여 단순 계산법의 적용 가능성에 대해 검토하였다.

검토 모델

상세 계산법의 경우 구조체 성능과 인접 공간 영향을 반영할 수 있는 반면 단순 계산법은 반영할 수 없다. 이러한 비냉난방공간온도 계산법별 차이가 반영될 수 있도록 검토 모델은 아래와 같이 설정하였다(Table 4, Figure 2). 비냉난방공간의 외기에 면한 벽이 포함되도록 하여, 상세 계산법을 통한 비냉난방공간온도 계산 시 외기의 영향이 반영될 수 있도록 하였다. 또한 실제 건물의 비냉난방공간 단열 수준을 고려하여 단열외피 내 공간의 외벽 단열 수준은 $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ 로 적용하였으며, 계단실과 같은 단열외피 외 공간의 단열 수준은 $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 로 적용하였다.

Table 4. Input data of the conditioned Zones for detailed calculation method and simply calculation method review

| | Unit | Office | 1F Corridor | Stair | Cafeteria | 2F Corridor |
|-----------------|----------------------|--------|-------------|-------|-----------|-------------|
| Heating/Cooling | [Type] | HC | Un-HC | Un-HC | HC | Un-HC |
| Net-floor Area | [m ²] | 60.0 | 45.0 | 5.0 | 91.0 | 14.0 |
| Celing Height | [m] | 2.8 | 2.8 | 6.0 | 2.8 | 2.8 |
| n ₅₀ | [h ⁻¹] | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Wall U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 | 2.5 | 0.15 | 0.15 |
| Roof U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 | 2.5 | 0.15 | 0.15 |
| Floor U-value | [W/m ² K] | 0.15 | 0.15 | 2.5 | 0.15 | 0.15 |
| Window U-value | [W/m ² K] | 1.4 | 1.4 | 3.0 | 1.4 | 1.4 |
| SHGC | [-] | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |

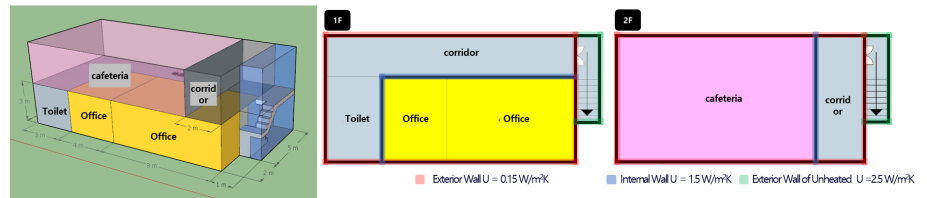


Figure 2. Model for detailed calculation method and simply calculation method review

비냉난방공간 온도 검토 결과

단열외피 내 공간인 1층 및 2층 복도와 단열외피 외 공간인 계단실의 상세 계산법과 단순 계산법을 통해 산정된 비냉난방공간의 온도는 아래와 같다(Table 5). 단순 계산법 적용 시 단열외피 내 공간인 1층 및 2층 복도의 경우 온도보정계수를 0.5로 적용하였으며, 단열외피 외 공간인 계단실의 경우 0.8로 적용하였다. 이는 단열수준에 따라 외기의 영향 정도를 반영한 것으로 단열외피 외 공간이 단열외피 내 공간보다 상대적으로 외기온도와 유사한 결과로 나타나도록 하였다. 그러나 온도보정계수를 단열외피 내외 공간에 따라 다르게 적용하더라도 상세 계산법의 결과와는 크게 차이가 나타났었다. 이러한 결과를 통해 상세 계산법은 비냉난방공간의 단열 수준에 따라 온도가 산정되지만, 단순 계산법의 경우 보정계수에 따라 온도가 산정되므로 단열수준 반영에 한계가 있음을 알 수 있었다.

Table 5. Temperature of unheated space using detailed and simple calculation methods

| [°C] | 1F Corridor | | | Stair | | | 2F Corridor | | |
|------|-------------|--------|-------|----------|--------|-------|-------------|--------|-------|
| | Detailed | Simply | Error | Detailed | Simply | Error | Detailed | Simply | Error |
| Jan | 13.1 | 9.3 | 29% | -1.2 | 1.9 | 259% | 9.9 | 9.3 | 6% |
| Feb | 14.6 | 11.1 | 24% | 2.5 | 4.8 | -94% | 12.0 | 11.1 | 8% |
| Mar | 16.8 | 13.5 | 20% | 7.2 | 8.7 | -21% | 14.8 | 13.5 | 9% |
| Apr | 19.0 | 16.3 | 14% | 12.5 | 13.3 | -6% | 17.7 | 16.3 | 8% |
| May | 21.9 | 19.3 | 12% | 18.7 | 18.3 | 2% | 21.6 | 19.3 | 10% |
| Jun | 24.0 | 21.7 | 9% | 23.4 | 22.2 | 5% | 24.4 | 21.7 | 11% |
| Jul | 24.1 | 22.6 | 6% | 24.8 | 23.6 | 5% | 25.0 | 22.6 | 10% |
| Aug | 24.8 | 23.4 | 6% | 26.5 | 24.9 | 6% | 26.1 | 23.4 | 10% |
| Sep | 23.1 | 21.4 | 7% | 22.6 | 21.7 | 4% | 23.9 | 21.4 | 11% |
| Oct | 20.3 | 17.8 | 12% | 15.8 | 15.7 | 0% | 20.3 | 17.8 | 12% |
| Nov | 17.1 | 14.7 | 14% | 9.3 | 10.7 | -14% | 15.8 | 14.7 | 7% |
| Dec | 14.1 | 11.1 | 22% | 2.2 | 4.7 | -118% | 11.4 | 11.1 | 3% |

에너지요구량 검토 결과

상세 계산법을 통해 비냉난방공간 온도를 고려했을 때와 미반영하였을 경우의 에너지요구량 결과 차이를 검토하였다. 또한 같은 검토 모델에 단순 계산법을 통해 산정된 비냉난방공간 온도를 적용 시 에너지요구량 결과를 비교 검토하였다(Table 6, Figure 3).

난방 에너지요구량이 냉방 에너지요구량과 비교해 상대적으로 상세 계산법 결과와의 오차가 크게 발생하였다. 이는 난방철 외기온도가 냉방철 외기온도와 비교해 실내온도와의 온도차가 크며, 그러한 외기온도의 영향이 비냉난방공간과 인접한 존의 난방 에너지요구량에 반영되었기 때문으로 판단된다.

Table 6에 따르면, 상세 계산법을 통한 비냉난방공간 온도 적용 시와 미적용시, 사무실은 난방 에너지요구량이 50%, 구내식당은 18%까지 차이가 발생하였다. 이는 사무실이 상대적으로 인접한 비냉난방공간이 많기 때문으로 판단된다.

상세 계산법 적용 시와 단순 계산법 적용 시 사무실 난방 에너지요구량 차이는 166%까지 나타났다. 이렇듯 단순 계산법 적용 시 에너지요구량 결과 차이가 크게 나는 것을 통해, 상세 계산법을 통한 비냉난방공간의 온도 적용 필요성을 알 수 있다.

Table 6. Energy demand results through detailed calculation method, unapplied temperature of unheated space, and simple calculation method

| [kWh/mth] | Office | | | | | Cafeteria | | | | | |
|---------------------|----------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-------|--------|-------|------|
| | Detailed | Unapplied | Error | Simply | Error | Detailed | Unapplied | Error | Simply | Error | |
| Heating energy need | Jan | 1037 | 693 | -50% | 1610 | -55% | 2671 | 2261 | -18% | 2871 | -7% |
| | Feb | 626 | 455 | -38% | 1121 | -79% | 1595 | 1485 | -7% | 1903 | -19% |
| | Mar | 318 | 307 | -3% | 782 | -146% | 969 | 969 | 0% | 1199 | -24% |
| | Apr | 147 | 141 | -4% | 146 | 0% | 382 | 382 | 0% | 382 | 0% |
| | May | 3 | 3 | 0% | 3 | 0% | 9 | 9 | 0% | 9 | 0% |
| | Jun | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Jul | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Aug | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Sep | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Oct | 17 | 17 | -6% | 17 | 0% | 108 | 108 | 0% | 108 | 0% |
| | Nov | 225 | 217 | -4% | 599 | -166% | 752 | 752 | 0% | 752 | 0% |
| | Dec | 838 | 553 | -52% | 1297 | -55% | 1908 | 1772 | -8% | 2240 | -17% |
| Cooling energy need | Jan | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Feb | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Mar | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Apr | 7 | 8 | -6% | 0 | 100% | 28 | 32 | -13% | 0 | 100% |
| | May | 96 | 96 | 0% | 96 | 0% | 194 | 194 | 0% | 105 | 46% |
| | Jun | 289 | 289 | 0% | 289 | 0% | 667 | 667 | 0% | 667 | 0% |
| | Jul | 359 | 359 | 0% | 359 | 0% | 832 | 832 | 0% | 832 | 0% |
| | Aug | 474 | 472 | 0% | 472 | 0% | 1133 | 1133 | 0% | 1133 | 0% |
| | Sep | 311 | 311 | 0% | 311 | 0% | 503 | 503 | 0% | 503 | 0% |
| | Oct | 112 | 116 | -4% | 27 | 75% | 97 | 97 | 0% | 53 | 46% |
| | Nov | 6 | 7 | -6% | 0 | 100% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |
| | Dec | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0 | 0% | 0 | 0% |



Figure 3. Energy demand results through detailed calculation method, unapplied temperature of unheated space, and simple calculation method

결론

본 연구는 비냉난방공간에 대한 반영 시와 미반영 시의 차이를 비교하고, 비난방공간의 다양한 적용방법에 대해 검토하였다.

먼저, ISO 13789에 따른 비냉난방공간 온도 상세 계산법과 비냉난방공간과 인접한 공간으로 요구량을 분배하는 요구량 분배법 계산 결과 비교를 통한 요구량 분배법 타당성을 검증하였다. 분석 결과, 비냉난방존의 요구량 분배 방식은 오차가 겨울철 약 30%, 여름철 약 20% 수준 발생하여 적합하지 않은 것으로 검토되었다.

또한, 상세 계산법을 통해 비냉난방공간 온도를 고려했을 때와 미반영하였을 경우, 냉난방 에너지요구량 차이를 검토하였다. 그리고 같은 검토 모델에 DIN V 18599 기반 단순 계산법을 통해 산정된 비냉난방공간 온도를 적용 시 냉난방 에너지요구량 결과를 비교 검토하였다. 분석 결과, 난방 에너지요구량이 냉방 에너지요구량과 비교해 상대적으로 상세 계산법 결과와의 오차가 크게 발생하였다. 또한 사무실이 구내식당보다 오차가 크게 발생했는데 이는 인접한 비냉난방공간이 많기 때문으로 판단된다.

상세 계산법을 통한 비냉난방공간 온도 적용 시와 미적용시, 그리고 단순 계산법을 통한 적용 시의 차이가 큰 것으로 나타나며 이에 따라 상세 계산법을 통한 비냉난방공간의 온도 적용에 대해 고려해야 함을 알 수 있다.

그러나 앞서 분석한 것과 같이 비냉난방공간의 영향을 반영하기 위해선, 냉난방-비냉난방 존 간 내벽 구조체 정보까지 입력해야 한다. 이는 평가를 어렵게 하는 요인으로 작용할 수 있으므로, 3D 모델링 기반 구조체 정보 자동 입력 등 UI 고도화와 입력 방식에 대한 고민이 필요하다.

또한 상세계산 시 비냉난방 존 간에 면해있을 때에는 순환계산이 발생할 수 있다. 이를 방지할 수 있도록 비냉난방 공간의 존 통합 등 적절한 zoning 방법에 대한 검토가 필요하다.

본 연구는 비냉난방공간 온도에 대하여 상세 계산법, 단순 계산법, 요구량 분배법 등 다양한 방식으로 검토하였다. 이에 상용 프로그램 중 검토에 적합한 프로그램이 없기에 엑셀 수계산 방식을 통해 검토하였다. 이후, 국내 인증용 평가 프로그램인 ECO2 프로그램과의 비교를 통해 상세 계산법을 통한 비냉난방공간 온도의 반영 필요성에 대해 보다 신뢰성 있는 검토할 계획이다.

후기

2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20202020800360, 기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증).

References

1. Choi, M.J., Lee, H.M., Kim, D.S., Kang, E.H., Yoon, J.H. (2023). The Review and Improvement Plan for Analysis Method of Photovoltaic System in Energy Performance Evaluate Tool for Certification in Korea. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 23(1), 55-61.
2. Kim, H.K. (2013). Comparison of Analysis Results between Quasi-steady-state Method Based on ISO 13790 and Dynamic Method Using Weather Data. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 7(4), 274-280.

3. Kim, J.H., Yu, J.S., Kim J.H., Kim J.T. (2022). Energy Performance Analysis of Green-Remodeling for Public Buildings under 500 m². Journal of the Korean Solar Energy Society, 42(3), 87-101.
4. Ko, S.I., Yee, J.J. (2022). An Examination on the Improvement of ECO2 by Comparing Sensitivity of Input Variables with Design Builder. Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 24(6), 129-136.
5. Kim, C.H., Kim, K.S. (2017). Comparison of Glazing and Shading System Simulation Results between DIN V 18599 and EnergyPlus, Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems. Seoul National University HOAM Faculty House, 100-101.
6. DIN V 18599. (2018). Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting –Part 2: Net energy demand for heating and cooling of building zones.
7. ISO 13789. (2007). Thermal performance of buildings Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method.