

AN INTEGRATED OPTIMIZATION MODEL TOWARDS ENERGY EFFICIENCY
FOR EXISTING BUILDINGS- A CASE STUDY FOR BOĞAZIÇI UNIVERSITY
KİLYOS CAMPUS

by

Mehmet Emre Çamlıbel

B.S., Civil Engineering, Yıldız Technical University, 1992

M.S., Civil Engineering, MIT, 1994

Submitted to the Institute for Graduate Studies in
Science and Engineering in partial fulfillment of
the requirements for the degree of
Doctor of Philosophy

Graduate Program in Civil Engineering
Boğaziçi University

2011

ACKNOWLEDGEMENTS

I would first like to thank my advisors Assoc. Prof. Emre Otay and Prof. Tülay Esin who have supported and enlightened me, and opened up my horizons. Their invaluable mentoring throughout the process of my thesis writing, their comments and suggestions have improved its quality, scope, and clarity. Furthermore, I owe my special thanks to all of the members of my committee, Prof. Cem Avcı from Boğaziçi University, Prof. Brian Anthony Ciochetti from MIT, Prof. Barış Tan from Koc University, and Assoc. Prof. Hasan Bedir from Boğaziçi University, for taking the time to read and comment on this thesis. I also would like to thank my colleagues Gülcemal Alhanlıoğlu, Serkan Emin and Deniz Uğurlu for their generous help and Soyak Holding Chairman Erkut Soyak for his support. Last but not the least I would also like to thank my family and close friends who have supported, encouraged me and gave countenance to complete this thesis.

ABSTRACT

AN INTEGRATED OPTIMIZATION MODEL TOWARDS ENERGY EFFICIENCY FOR EXISTING BUILDINGS - A CASE STUDY FOR BOĞAZİÇİ UNIVERSITY KİLYOS CAMPUS

Existing buildings are responsible for a third of the global energy consumptions, as well as CO₂ emissions. A decision-making algorithm is developed to mitigate the uncertainty of financial and environmental returns of energy improvements in existing buildings and to most properly spend the available funds. As a case study, forty two energy efficiency measures (EEM) are identified in existing buildings of a university campus. Energy consumption, energy cost and carbon emissions are measured. Costs and savings of EEMs are calculated and their possible combinations are studied. Out of over four trillion possible combinations of energy improvement packages, the ones providing the most bang for the buck are computed for given limited investment budgets. The optimization problem is solved alternatively with the more accurate Mixed Integer Programming (MIP) and a custom developed heuristics. Along the optimized investment curve, a sweet spot is identified at around 100000 USD providing highest returns in terms of savings in energy, energy cost and carbon emission. Retrofitting of existing buildings with an optimized investment budget appear to be a viable investment tool providing yearly savings of 33% in energy use, 22% in energy cost and 23% in carbon emission. Optimization results show that the decision maker can comfortably use the less sophisticated heuristics approach, which deviates minimal from the exact MIP solution. Finally, optimized solutions for retrofitting existing buildings are compared against alternative investments of building new energy production plants and demolishing and re-constructing new buildings. In both cases retrofitting proved to be significantly more efficient in terms of investment cost, energy savings and CO₂ reduction.

ÖZET

MEVCUT BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK ENTEGRE BİR OPTİMİZASYON MODELİ – BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ KİLYOS YERLEŞKESİ İÇİN VAKA ÇALIŞMASI

Mevcut binalar, dünyadaki enerji tüketiminin ve CO₂ salımlarının üçte birinden sorumludur. Bu tez kapsamında, mevcut binalardaki enerji verimliliğine yönelik iyileştirmelerin, finansal ve çevresel geri dönüşlerindeki belirsizlikleri hafifletmek ve eldeki finansal olanakları en uygun biçimde kullanabilmek için bir karar algoritması geliştirilmiştir. Vaka çalışması olarak, bir üniversite yerleşkesinin mevcut binalarında kırk iki adet enerji verimliliği iyileştirme kalemi (EEM) belirlenerek, enerji tüketimi, enerji maliyeti ve karbon salımları ölçülmüştür. Enerji verimliliğine yönelik, iyileştirme kalemlerinin maliyetleri ve sağladıkları tasarruflar hesaplanmış ve olası kombinasyonlar çalışılmıştır. Dört trilyondan fazla enerji iyileştirme kombinasyonlarından, yatırım yapmaya değer olanlar, verilen limitli yatırım bütçeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Optimizasyon problemi, hem daha kesin sonuçlar veren Karışık Tam Sayılı Programlama (MIP) ile hem de Hüristik yaklaşımla çözülmüştür. Optimize edilen yatırım eğrisinde, yaklaşık 100000 dolar harcama bütçesi ile, kullanıma dayalı enerji tasarrufu, enerji maliyeti tasarrufu ve karbon salımı bakımından en yüksek geri dönüşler elde edilmiştir. Yıllık %33 kullanıma dayalı enerji tasarrufu, %22 enerji maliyeti tasarrufu ve %23 karbon salım tasarrufu sağlamasıyla, mevcut binaların optimize edilmiş yatırım bütçeleri ile iyileştirilmesi tutarlı ve uygun bir yatırım aracı olarak görünmektedir. Optimizasyon sonuçları göstermiştir ki, karar vericiler daha basit olan ve tam sonuca ulaşan Karışık Tam Sayılı Programlama (MIP) çözümüne çok yakın sonuçlar veren hüristik yaklaşımı rahatlıkla kullanabilirler. Sonuçta, mevcut bina iyileştirmeleri için elde edilen optimize edilmiş çözümler, yeni enerji üretim tesisleri inşa etmek ve yıkıp yeni binalar inşa etmekle karşılaştırılmıştır. Her iki durumda da mevcut binaların iyileştirilmesi, yatırım maliyeti, enerji tasarrufları ve karbon salımları bakımından büyük ölçüde daha verimli çıkmıştır.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGEMENTS.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖZET.....	v
LIST OF FIGURES.....	viii
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF SYMBOLS.....	xiv
LIST OF ACRONYMS/ABBREVIATIONS.....	xv
1. INTRODUCTION.....	1
2. METHODOLOGY.....	7
2.1. Measurement of Existing Status.....	9
2.2. Calculation of Key Parameters that Influence Energy Efficiency in Existing Buildings.....	21
2.2.1. Envelope Insulation Improvement.....	24
2.2.2. Trombe Wall Application and Sunroom on the Roof.....	26
2.2.3. Boiler Capacity Utilization and Type.....	30
2.2.4. Heating Loop Piping Insulations.....	32
2.2.5. Thermostatic Radiator Valves and Room Temperature Setpoint Optimization.....	33
2.2.6. Domestic Hot Water Heating.....	34
2.2.7. Heating Loop Circulation Pumps.....	35
2.2.8. Lighting.....	36
2.3. Quantifying Possible Combinations and Outcomes of Available EEMs.....	37
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	43
3.1. MIP Model.....	43
3.2. Heuristic Approach.....	54
3.3. Comparative analysis of EEMs.....	68
3.3.1. New power plant investment versus retrofit.....	68
3.3.2. Demolishing and reconstructing versus retrofit.....	69
3.3.3. Variability of Results.....	70
4. SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	71

APPENDIX A: ENVELOPE INSULATION IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	73
APPENDIX B: TROMBE WALL APPLICATION AND SUNROOM ON THE ROOF IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	126
APPENDIX C: BOILER CAPACITY UTILIZATION AND TYPE IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	143
APPENDIX D: HEATING LOOP PIPING INSULATIONS IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	144
APPENDIX E: THERMOSTATIC RADIATOR VALVES AND ROOM TEMPERATURE SETPOINT OPTIMIZATION IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	146
APPENDIX F: DOMESTIC HOT WATER HEATING IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	147
APPENDIX G: HEATING LOOP CIRCULATION PUMPS IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	148
APPENDIX H: LIGHTING IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS.....	149
REFERENCES.....	154
REFERENCES NOT CITED.....	157

LIST OF FIGURES

Figure 2.1. Bogazici University Kilyos Campus Site Layout.....	8
Figure 2.2. The heating system and its main components in BUKC buildings.....	11
Figure 2.3. Heating System Pumps.....	14
Figure 2.4. Heating System Piping.....	14
Figure 2.5. Radiator Valves.....	15
Figure 2.6. Fan Coils.....	15
Figure 2.7. Boilers.....	16
Figure 2.8. Heating System Valves.....	16
Figure 2.9. Building Insulation.....	17
Figure 2.10. Skylight.....	17
Figure 2.11. Building Insulation.....	18
Figure 2.12. Lighting.....	18
Figure 2.13. Prep School – Building B.....	19
Figure 2.14. 1st Dorm – N Block.....	19
Figure 2.15. 1st Dorm – N Block (Front view)	20
Figure 2.16. 1st Dorm – Faculty Apartments.....	20
Figure 2.17. Hotel	21
Figure 2.18. Improvement parameters and related data for EEMS.....	23
Figure 2.19. Trombe Wall Application – Building Section.....	28
Figure 2.20. Trombe Wall Application in Detail – Floor Section.....	29
Figure 2.21. Heating Room Application – Plan.....	29
Figure 2.22. Heating Room Application in Detail – Floor Section.....	30
Figure 2.23. A Screen shot of Optimization Process.....	40

Figure 3.1.	A Screen shot of the input table for MIP model.....	45
Figure 3.2.	Annual energy consumption reduction with kWh optimized EEMs.....	49
Figure 3.3.	Annual energy cost reduction with USD saving optimized EEMs.....	49
Figure 3.4.	Annual CO ₂ emission reduction with CO ₂ optimized EEMs.....	50
Figure 3.5.	Comparison of annual \$ saving and CO ₂ sale income added annual \$ saving.....	50
Figure 3.6.	Annual kWh saving versus realized investment in logarithmic values.....	51
Figure 3.7.	Annual \$ saving versus realized investment in logarithmic values.....	51
Figure 3.8.	Annual CO ₂ reduction versus realized investment in logarithmic values.....	52
Figure 3.9.	Annual CO ₂ emission reduction per USD.....	53
Figure 3.10.	Energy Savings / Investment Amount USD for each individual EEM (kWh/year/USD).....	54
Figure 3.11.	Energy Cost Savings / Investment Amount USD for each individual EEM (1/year).....	55
Figure 3.12.	CO ₂ savings / Investment Amount USD for each individual EEM kgCO ₂ /year/USD.....	55
Figure 3.13.	Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual kWh reduction.....	66
Figure 3.14.	Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual USD savings.....	67
Figure 3.15.	Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual CO ₂ emission reduction.....	67

LIST OF TABLES

Table 2.1.	Selected EEMs and corresponding buildings.....	8
Table 2.2.	Yearly average energy consumption levels of the buildings (2009-2010).	9
Table 2.3.	Yearly natural gas consumption and Heating Degree Days (HDD).....	10
Table 2.4.	Yearly electricity consumption.....	10
Table 2.5.	Envelope Insulation Retrofit – 6 cm XPS.....	25
Table 2.6.	Envelope Insulation Retrofit – 5 cm XPS.....	25
Table 2.7.	Envelope Insulation Retrofit – 4 cm XPS.....	26
Table 2.8.	Passive Measure.....	30
Table 2.9.	Boiler Retrofit.....	31
Table 2.10.	Calculation table for Heating Loop Piping Insulations.....	32
Table 2.11.	Heating Loop Piping Insulation Retrofit.....	33
Table 2.12.	Calculation table for Thermosttic Valve Installation in all Radiators.....	34
Table 2.13.	Thermosttic Valve Installation in all Radiators.....	34
Table 2.14.	DHW Heating Setpoint Optimization.....	35
Table 2.15.	Heating Water Circulation Pumps Retrofit.....	36
Table 2.16.	Lighting Ballast Retrofit.....	37
Table 2.17.	Identified EEMs, existing status and calculated key parameters.....	39
Table 3.1.	Optimization Results for Various Investment Budgets.....	46
Table 3.2.	Steps of Heuristic Approach.....	56
Table 3.3.	Comparison of MIP vs. heuristic for energy savings.....	57
Table 3.4.	Comparison of MIP vs. heuristic for energy cost savings.....	60
Table 3.5.	Comparison of MIP vs. heuristic for CO ₂ savings.....	63
Table 3.6.	Error percentages of heuristic optimization.....	68

Table A.1.	1st dorm – north block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	73
Table A. 2.	1st dorm – north block alternative insulation level (4 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	77
Table A.3.	1st dorm – north block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	80
Table A.4.	1st dorm – north block alternative insulation level (6 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	83
Table A.5.	1st dorm – south block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	86
Table A.6.	1st dorm – south block alternative insulation level (4 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	89
Table A.7.	1st dorm – south block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	92
Table A.8.	1st dorm – south block alternative insulation level (6 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	95
Table A.9.	Prep school – block A current insulation level (0 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation.....	98
Table A.10.	Prep school – block a alternative insulation level (4 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	100
Table A.11.	Prep school – block a alternative insulation level (5 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	102
Table A.12.	Prep school – block a alternative insulation level (6 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	104
Table A.13.	Prep school – block B Current insulation level (3 cm xps) TS 825	

software annual heating energy theoretical calculations.....	106
Table A.14. Prep School– block B alternative insulation Level (4 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	108
Table A.15. Prep School-block B alternative insulation level (5 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation.....	110
Table A.16. Prep School-block B alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation.....	112
Table A.17. 2nd dorm current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	114
Table A.18. 2nd Dorm alternative insulation level (4 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	117
Table A.19. 2nd Dorm alternative insulation level (5 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	120
Table A.20. 2nd Dorm alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	123
Table B.1. Investment costs for application of passive measures.....	126
Table B.2. 1st Dorm-north block current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual theoretical calculations.....	127
Table B.3. 1st Dorm North block passive measure-trombe wall at one façade TS 825 software annual heating energy theoterical calculations.....	130
Table B.4. 1st dorm – south block current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoterical calculations.....	133
Table B.5. 1st dorm-south block passive measure-trombe wall at one façade TS 825 software annual heating energy theoterical calculations.....	136
Table B.6. Prep school-block A current insulation level (0 CM XPS) TS 825	

software annual heating energy theoretical calculations.....	139
Table B.7. Prep school-block A passive measure-sunroom at roof TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.....	141
Table C.1. Boiler capacity utilization and type improvement action calculations.....	143
Table D.1. Heating loop piping insulations improvement action calculations.....	144
Table E.1. Thermostatic radiator valves and room temperature set-point optimization improvement action calculations.....	146
Table F.1 Domestic hot water heating improvement action calculations.....	147
Table G.1. Heating loop circulation pumps improvement action calculations.....	148
Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables.....	149

LIST OF SYMBOLS

B	Budget
C	Investment cost
c_{ij}	Investment cost of implementing action j in building i
E	Total emission
e_{ij}	CO ₂ emission savings when improvement action j is used in building i
X_{ij}	Improvement action j is used in building i

1. INTRODUCTION

Global climate change concerns rank very highly in agendas of most governments, non-governmental, non-profit organizations, international organizations (i.e., United Nations, World Bank), local authorities, corporations, universities and research institutes [1]. This has led the world's governments to come together and discuss this issue and try to reach a common ground on how to act and what actions to take, several times within the last decade (i.e. Kyoto, Copenhagen) [2]. Today, it is widely accepted that human activities are contributing to climate change. It is estimated that between 1970 and 2004, global greenhouse gas emissions rose by 70% and that at present, buildings globally contribute as much as 1/3 of total global greenhouse gas emissions, primarily through the use of fossil fuels as energy source, during their operational phase [3, 4]. Research also shows that the world's buildings account for 17% of water usage, 25% of wood harvested, 33% of carbon emissions, 30-40% of energy usage and 40-50% of raw materials [5]. Given the above data, existing buildings' impact on the global Green House Gas (GHG) emissions and energy usage (and thereby the world energy economy) can be summarized as "30-40%". Whereby globally, the energy sources are running scarce and carbon emission is at high risk levels and continues to increase.

Most governments have chosen to invest in energy production plants in order to cope with future potential energy shortages. Considering the lifecycle costs and ecological impacts associated with such investments and compared with reducing energy consumption, investing into new plants should be questioned as a proper action. In order to mitigate the above mentioned risks and negative impacts, application of efficient active and passive building technology systems and measures that reduce energy consumption, both for new and existing buildings, could be a better solution.

Most of the developed and developing countries, including Turkey, have passed laws, building codes and regulations to increase energy efficiency of buildings including BEPY, TS825, BEPTR and ASHRAE 90.1 – 2007. In addition to these obligatory

measures, there are also voluntary certification systems including LEED, BREEAM and Energy Star. All of these systems aim to reduce energy consumption and thereby also challenge to reduce CO₂ emission through various constructions and retrofit applications available for both existing and new buildings. If such measures and systems are not applied to existing buildings at all, it will take approximately 30 years for half of the existing buildings in Turkey to be new and energy efficient [25]; considering that the existing residential stock in Turkey is 13.6 millions, that approximately 0.5 million units are being built in Turkey every year, and that average building life time is 50 years.

Unfortunately, most of the readily available energy efficiency improvement measures and systems are applicable to new buildings and only a few describe what can be done for existing buildings. However, a comparison of demolishing non-efficient existing buildings and building energy efficient new ones with retrofitting existing ones would probably result in favor of retrofitting existing ones [6 - 8]. Turkey has high dependency on foreign energy resources. In Turkey there are approximately 8.5 million existing buildings out of which 92% do not comply with current energy efficiency regulations [9]. Therefore, Turkey would greatly benefit from energy efficiency improvements through retrofit.

LEED EB (Leadership in Energy and Environmental Design, Existing Buildings) [10], a popular green building rating system, can be considered a good example to voluntary certification systems. This rating system compares the building in question with a given “reference building” and thereby assesses the sustainability level of it from energy and natural resources consumption, and CO₂ emissions point of view. This check is done using the main features (area of the building, building use, number of occupants, occupancy schedule, climate zone, etc.) and utility bills of the most recent 12 months of the building.

Turkish Building Energy Performance Code (BEPY) [11], is a good example for local building codes, addresses energy efficiency issues and includes both requirements and recommendations. BEPY also requires that new buildings obtain “Energy Performance

Certificate (EPC)” of at least C grade at Certificate of Occupancy stage, where existing buildings need to obtain the same certificate before 2017 only.

Turkish TS 825 [12] is another good example to local building codes that also is referred to by BEPY and addresses issues related to insulation and heating systems.

US based ASHRAE 90.1 – 2007 [13] is one of the well known and internationally recognized standard for building energy efficiency.

Some Universities and companies around the world have started their own programmes (both physical improvements and behaviour change) to decrease consumption, energy costs and carbon emission levels within the last decade, widely known as “annual carbon footprint reporting” [14].

Intermediary energy efficiency advisory and finance companies called ESCOs exist and advise building owners and inhabitants on possible improvements as well as facility management and behavioral issues. It is also possible to find detailed case studies on improvements on single existing buildings [15, 16].

The pioneering work conducted on retrofitting existing buildings in order to increase their energy efficiency was done in 2001 [27]. The study is on residential buildings in Belgium and concentrates on the impact of changing housing policies with regards to new dwellings as well as retrofitting existing ones. The sensitivity studies performed in the article show that with stricter housing policy regulations, with regards to heating insulation, on new and existing residential buildings, CO₂ emissions can be reduced by 31-36% by 2015 compared to 1990. The study however does not analyze various available architectural and engineering EEMs and does not suggest a prioritization among them.

One of most comprehensive analyses in energy efficiency field was conducted by Verbeeck and Hens, 2007 [28]. This article involves wide range of issues including life cycle cost analysis, embodied energy, environmental effects, multiple available EEMs, sensitivities towards energy price changes, cost benefit analysis, and computer aided optimization using genetic algorithms and pareto concept, for designing and building new low energy residential buildings. The main findings of the research are; (i) it is important to invest into a good level of building insulation as well as a well performing heating system when building new homes, (ii) there are also other EEMs available but may not be economically viable, (iii) optimization is a useful tool for such analysis, (iv) embodied energy resulting from EEMs is not a major decision criteria, and finally (v) building low energy buildings is economically viable. The study however, does not concentrate on existing buildings and does not provide a solution for a given limited budget. Also, the genetic algorithm does not guarantee an exact optimum solution for the problem, and as a heuristic approach it is quite complicated and requires expert knowledge.

Other studies that were conducted on energy efficiency recently (2005-2011), either compare various EEMs applicable to a single building type or in detail analyze a single EEM for single or multiple building types [29 - 32]. These articles share the results of the EEM applications in terms of payback period, net present value and environmental effects in detail, but do not suggest a selection process based on optimization. It is mentioned in most of the literature that it is viable to consider renewable investments in line with EEM retrofit actions and that the major decision criteria for improvement analysis are energy and CO₂ savings versus investment costs.

As a result of this literature survey, a general approach applicable to all building types that involves all energy efficiency measures does not exist. None of the so far conducted studies involve a method and/or criteria to prioritize the available applications (EEMs) according to their energy consumption, energy cost, and CO₂ emission. So, an optimum combination of applications among many that are available may be chosen to fit into a given budget.

The problem that this study tries to solve is:

- There are no practical mechanisms to improve energy efficiency for existing buildings, which can resolve the cost and saving dilemma in terms of energy and carbon, for all building types and usage functions.
- More specifically; it is globally accepted that investing into energy efficiency improvements in existing buildings is qualitatively a good thing to do. Further on, for commercial buildings it is even proven to be a feasible investment with high returns [26]. However; the uncertainty about the financial and environmental returns confuses the decision makers (investors, facility managers, local and central governments) and prevents them from taking proper actions. This behavior and lack of knowledge result in improper placement of funds.

This problem has been tackled by different disciplines [17, 18], but has not been solved conclusively because it is a multidisciplinary problem. Until now, it has been considered an architectural, engineering (electrical, mechanical, construction) and financial issue.

This study proposes a joint solution using architectural, engineering, financial and operations research expertise. Through this joint solution approach, an effective prioritization among available options can be achieved, which may enable most proper placement of funds. This way, efficiently prioritized energy improvement measures may turn into an investment opportunity and model.

The objective of the present study is to come up with a decision-making algorithm to improve energy efficiency for existing buildings applicable to all building types and usage functions through mitigating the uncertainty of financial and environmental returns of energy improvement in order to spend the available funds properly.

This study was conducted on a campus complex, rather than a single standalone building, in order to; (i) include existing buildings of different functions, sizes, layouts, levels of energy efficiency etc. into the analysis, and (ii) not to leave out the impact of

buildings on each other (if any), and the impact of common areas and common mechanical systems on the energy efficiency of the whole complex. Another advantage of a university campus is that the residents spend their complete daily life cycle within the buildings at the site, which makes the study efficient in terms of representing larger living environments.

Although it would have been possible to choose other types of campuses such as industrial, commercial, military, health or mixed use, a university campus that includes functions such as office, classrooms, apartments, dormitories, restaurants etc. was chosen since the present study also aims to support energy efficiency improvements carried out at Bogazici University Kilyos Campus (BUKC). All buildings at BUKC have different occupancy schedules and construction styles requiring different strategies of energy efficiency improvements.

2. METHODOLOGY

The present study uses the following steps to achieve its goals;

- Identify all available EEMs for selected existing buildings (architectural and engineering),
- Measure their current status in terms of energy consumption, energy cost and carbon emission (engineering and financial),
- Calculate the key parameters that control energy efficiency in existing buildings (engineering and financial),
- Quantify all possible combinations and outcomes of available EEMs (operations research).

BUKC consists of seven buildings, with a total flat area of 25040 m² and the current number of students on the campus is 700. BUKC is located in Kilyos, a town located to the north of Istanbul on the Black Sea coast which is subject to northern winds. The temperature in Kilyos compared to Istanbul is colder, providing comfort in the summer, but requiring extra heating in the winter. The Campus layout is as shown in Figure 2.1. Current building codes, voluntary certification systems, interviews and site visits were used to identify the EEMs described in Table 2.1.

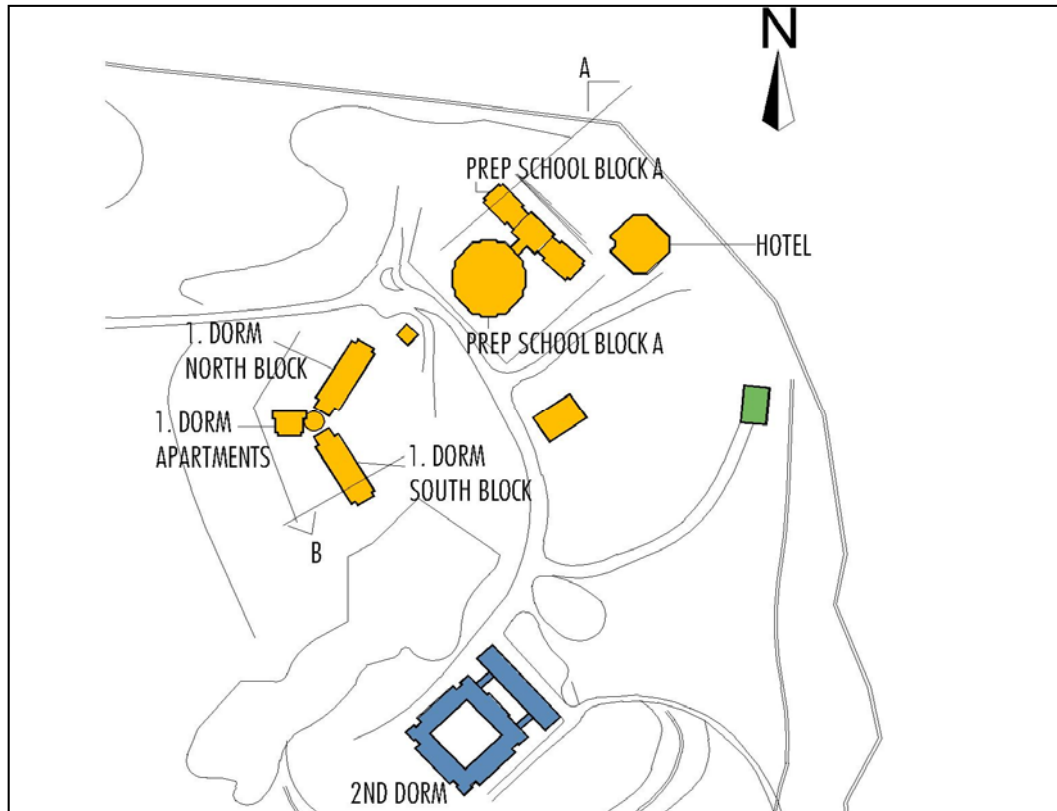


Figure 2.1. Bogazici University Kilyos Campus Site Layout.

Table 2.1. Selected EEMs and corresponding buildings.

EEMs	First Dorm			Prep School		Hotel	Second Dorm
	N-Block	S-Block	Faculty Apts	Bldg A	Bldg B		
Optimization of domestic hot water system	D1			-	-	H1	I1
Heating system piping insulation	A2	B2	C2	E2	F2	-	I2
Renovation of boiler	D3			-	-	-	-
Installation of thermostatic valves	A4	B4	C4	-	-	-	I4
Change of light bulbs' ballasts	D5			G5		H5	I5
Envelope insulation improvements - 6 cm	A6	B6	C6	E6	F6	-	I6
Envelope insulation improvements - 5 cm	A7	B7	C7	E7	F7	-	I7
Envelope insulation improvements - 4 cm	A8	B8	C8	E8	F8	-	I8
Installation of variable speed drive pumps	D9			G9		-	I9
Trombe wall application	A10	B10	-	-	-	-	-
Creating sunrooms on roof and balconies	-	-	-	E10	-	-	-

2.1. Measurement of Existing Status

The most recent energy consumption level is the main indicator of the current status of existing buildings. The following were measured and calculated for each one of the BUKC existing buildings: (i) electricity consumption (Table 2.2), (ii) natural gas consumption (Table 2.3), (iii) total energy consumption ((i) + (ii)), (iv) energy cost, and (v) CO₂ emission. IZODER's TS 825 software [33] was used for calculating the shell U-values of the buildings and their heating energy demand which demonstrates whether or not the buildings comply with the local insulation codes. LEED [34] and Energy Star software [35] were used to assess the energy consumption and CO₂ emission levels. Average energy (natural gas and electricity combined) consumption levels and other key parameters of the buildings are described in Table 2.2.

Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC), domestic hot water (DHW), lighting and consequently building envelope are main sources of energy consumption in buildings. Ventilation and Air Conditioning systems do not exist in BUKC buildings. Therefore, the heating system is the main source of energy consumption and CO₂ emissions within the campus. The heating system and its main components in BUKC buildings is briefly described in Figure 2.2.

Table 2.2. Yearly average energy consumption levels of the buildings (2009-2010).

	Electricity	Natural Gas	Total
Total Consumption (kWh)	979480	2276839	3256319
Total Emission (kg CO ₂)	604339	532780	1137119
Consumption per person (kWh)	1152	2679	3831
Energy Use Intensity (kWh/m ²)			130
Carbon Emission per person (kgCO ₂ /person)			1338
Carbon Emission per unit area (kg CO ₂ /m ²)			45

Table 2.3. Yearly natural gas consumption and Heating Degree Days (HDD).

year	2007		2008		2009		2010	
month	N. Gas Consump. (kWh)	HDD	N. Gas Consump. (kWh)	HDD	N. Gas Consump. (kWh)	HDD	N. Gas Consump. (kWh)	HDD
Jan	3032632	290	2478243	435	41909	344	529614	357
Feb		281		336	54201	316	684941	291
March		258		210	51558	318	651548	314
April		188		104	518900	235	447113	194
May		10		64	313024	36		
June					125035			
July					52624			
August					56071			
Sep					46734			
Oct		27		28	126189	27		
Nov		215		152	332147	170		
Dec		328		288	558446	246		

Table 2.4. Yearly electricity consumption.

	2007	2008	2009	2010
Electricity	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	47610		82879	93909
Feb	49680		25065	70210
March	65550		143132	52126
April	64101	28980	141479	95220
May	56235	67620	26923	
June	48024	68310	80040	
July	51750	135223	62777	
August	64170	173755	80665	
Sep		106127	49269	
Oct	57882	81034	79643	
Nov	59588	99492	98381	
Dec		65736	109227	

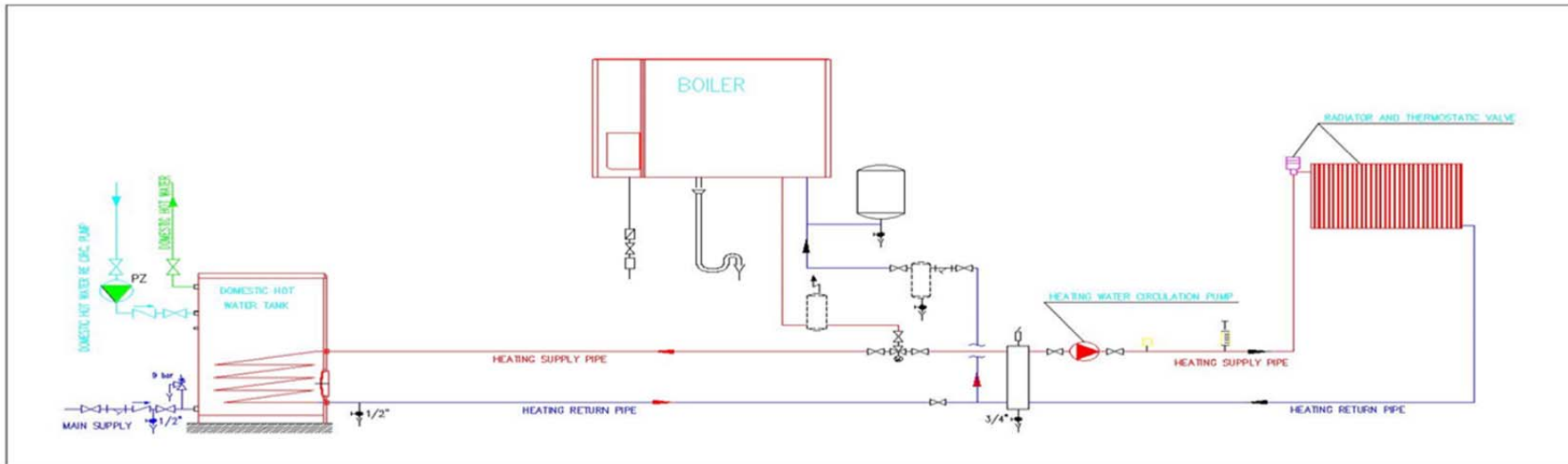


Figure 2.2. The heating system and its main components in BUKC buildings.

Currently there is no control or measurement of combustion efficiency of boilers that produce space and domestic hot water heating for the buildings. The current boilers are cast, old fashioned large capacity boilers. There is generally one boiler for one building which makes the boilers operate most of their lifetime at partial loads. For boilers, partial load operation can be interpreted as efficiency loss because they are designed for particular capacities and are most efficient at those capacities. In order to be efficient at partial loads as well, the capacity can be divided into several pieces and the type of the boilers can be changed to condensation type boilers which benefit from the latent heat in water vapour. This decreases the flue gas temperature and CO₂ emissions.

The heating system loop pipes are not compatible with the relevant national standards and a significant amount of heat is lost due to poor isolation. In addition, there is poor application quality in some places where isolation is applied. The valves which should also be insulated are generally open to outdoor and cause heat loss. If proper insulation is applied, a significant amount of energy can be saved.

Currently, there is no thermostatic valve use in BUKC, leading to inefficient operation; meaning excess heating, less comfort, excess natural gas consumption, higher CO₂ emissions and higher energy costs. Old fashioned radiator valves are being used with panel radiators causing excess heating if not controlled regularly and manually. The thermostat's sensors used at Fan Coil units can easily be interrupted by the hot air blown by the fan-coil unit leading to wrong sensing values and wrong operation schedule. This type of application mistakes should be corrected in order to maintain correct operation of equipments.

The domestic hot water tanks are not controlled as per to industry standards. For example, the domestic hot water is heated up to almost 60°C in some of the domestic hot water storage tanks where 45°C is already sufficient. In addition, the hot water tanks which are in parallel operation are installed in a way that they might target and come up with different temperatures causing a fluctuating operation of hot water tanks leading to sometimes excess heating and sometimes poor heating. Therefore, the domestic hot water tank installations and setpoints need to be checked and revised.

According to BEPY, the heating loop pumps should be variable speed. The current pumps are relatively old and low efficient constant speed pumps.

According to the new classification system in EU, the used wet rotor circulation pumps are labelled as D or E level energy efficient. They should be replaced with A or B level energy efficient wet rotor pumps, to save on energy, noise and vibration.

There are skylights in some of the buildings as part of the architectural design. However, it is made of polycarbonate, which performs poorly when it comes to insulation and heat transfer. In winter, the heated air rises and gets lost up in the atrium. In summer, the skylight attracts heat into the building. Changing this to low-E type double pane glasses will have better insulation values and respectively lower SHGC (solar heat gain coefficient) values preventing the solar radiation heat transfer into the building.

The buildings' shell's insulation material is XPS as required by TS 825. Samples were taken from some of the buildings to see the XPS application and all the other constructional elements to prescriptively calculate the overall U-value of exterior walls. The findings were inputted into the IZODER TS 825 software which outputs the compliance of the buildings with TS 825. The façade details including exterior walls, fenestrations, slab-on-grade floors, roofs, beams&columns are fed in to the software and the outputs show that the buildings generally do not totally comply with TS 825. A retrofit of exterior wall and roof insulation can be considered to comply with TS 825 and improve insulation leading to better heating energy performance. Moreover, a trombe wall application can also be thought for some façades of the building to harvest sun energy and use for insulation and heating purposes.

Lighting is one of the main energy consuming systems especially in educational buildings. During the site visits, it was observed that most of the lamps are already shifted into fluorescent type which performs well energy efficiencywise. However, the number of lamps for each room or zone, lighting power densities, ballast types also need to be investigated to see the universal performance of the lighting systems in BUKC based on ASHRAE/IESNA 90.1 – 2007. Additionally, common circulation areas such as corridors and toilets are not equipped with movement sensors.

Figure 2.3-17 are pictures of findings and measurements that were conducted in BUKC in the summer of 2010.



Figure 2.3. Heating System Pumps.



Figure 2.4. Heating System Piping.



Figure 2.5. Radiator Valves.



Figure 2.6. Fan Coils.



Figure 2.7. Boilers.



Figure 2.8. Heating System Valves.



Figure 2.9. Building Insulation.



Figure 2.10. Skylight.



Figure 2.11. Building Insulation.



Figure 2.12. Lighting.



Figure 2.13. Prep School – Building B.



Figure 2.14. 1st Dorm – N Block.



Figure 2.15. 1st Dorm – N Block (Front view).

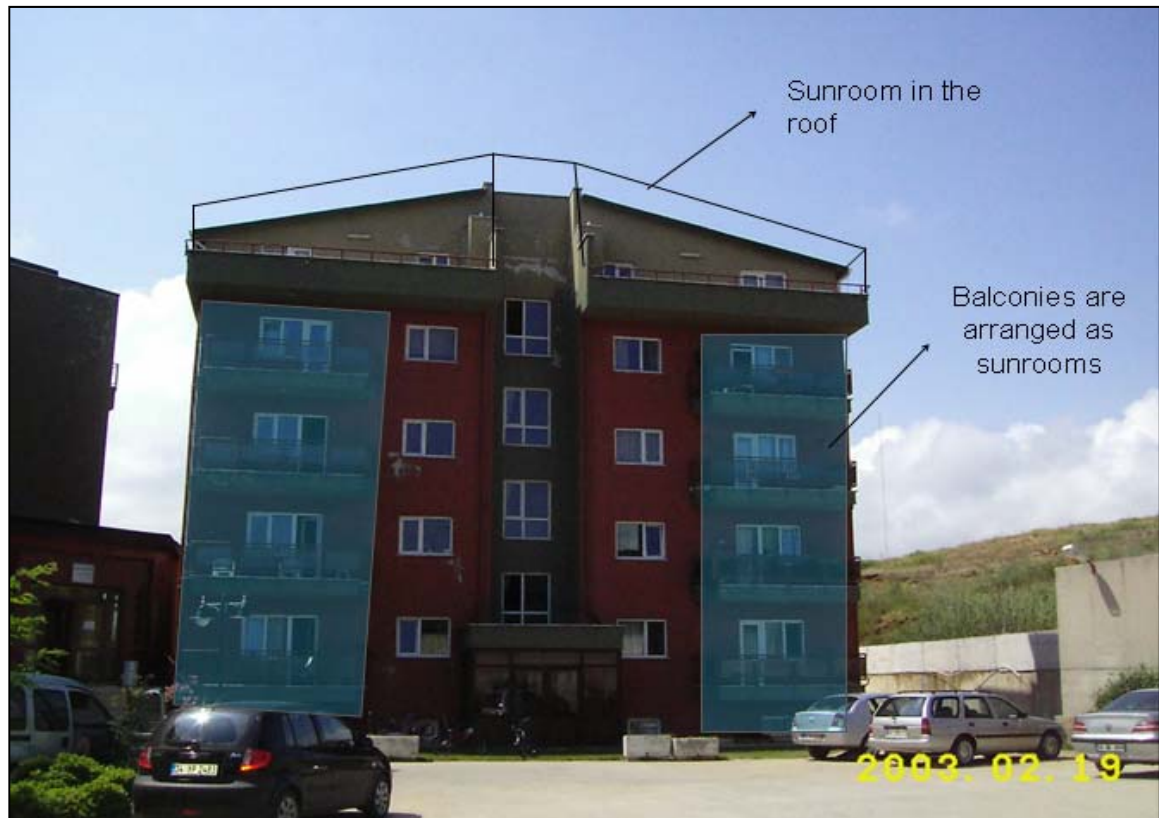


Figure 2.16. 1st Dorm – Faculty Apartments.



Figure 2.17. Hotel.

2.2. Calculation of Key Parameters that Influence Energy Efficiency in Existing Buildings:

The following key improvement parameters for each one of the available EEMs are calculated and shown in Figure 2.18.

- Energy savings/investment (kWh/year/USD investment),
- Energy cost savings/investment (USD savings/year/USD Investment),
- CO₂ emission reductions/investment (kg CO₂/year/USD Investment).

The following main systems are in place in BUKC buildings:

- Space Heating
- Domestic Hot Water Heating
- Lighting

The following systems do not exist in BUKC buildings:

- Air Conditioning
- Fresh air Ventilation (Mechanical)

Therefore, the following energy efficiency measures were not included into this study, since actions on these systems will not save energy.

- Chiller or AC equipment capacity utilization (variable speed compressors, efficient compressor type retrofit, etc.)
- Chiller or AC equipment type and COP – retrofit of chiller
- Chiller or AC equipment refrigerant type and quantity
- Chilled water distribution system elements and their control (variable speed pumps, etc.)
- AC equipment refrigerant distribution system control (variable refrigerant flow type AC equipment retrofit)
- Air Handling Unit's heating / cooling coil energy consumption reduction by motorized valves and variable speed circulation pumps,
- Air Handling Unit fresh air flow rates and demand control ventilation based on CO₂ sensors in regularly occupied breathing zones or densely occupied spaces like conference rooms, etc.
- Heat recovery wheel applications in air handling units to reduce heating/cooling coil energy demand for the purpose of preconditioning outdoor air,
- Filter type and effectiveness evaluation in air handling units to maintain a high level of indoor air quality.

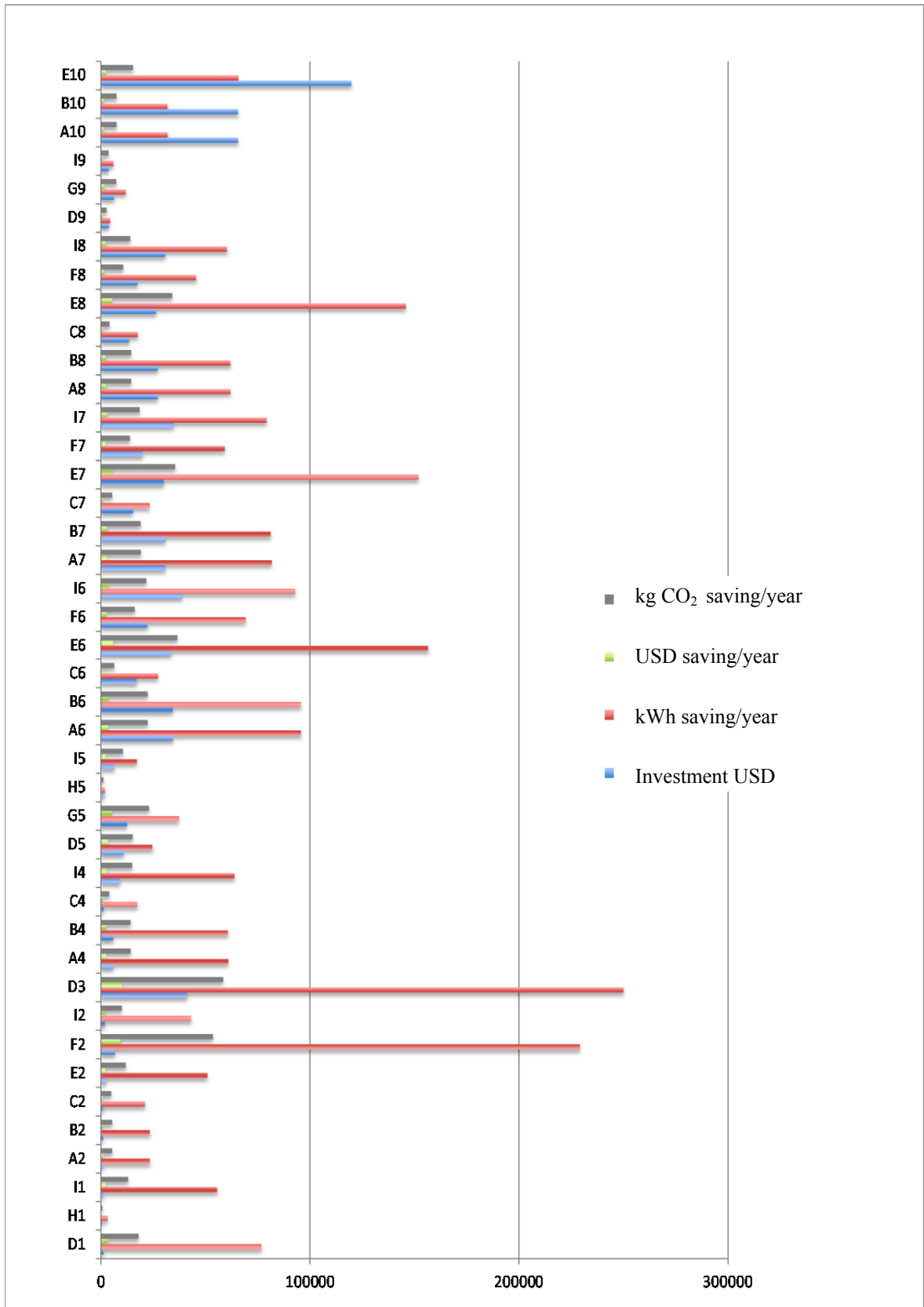


Figure 2.18. Improvement parameters and related data for EEMs.

2.2.1. Envelope Insulation Improvement

The insulation level of the buildings within the campus do not comply with TS 825. In order to get these buildings at a TS 825 satisfying level, additional layers of XPS application shall be done. Better insulation leads to less heating demand, less heating energy consumption which would cause less natural gas consumption and CO₂ emission. The details of the application, investment levels, associated savings in kWh and CO₂ are shown in Table 2.5-7.

TS 825 software is used in order to calculate the annual heating energy savings due to envelope insulation improvement actions. TS 825 is the national standard for insulation of the buildings and TS 825 software is the tool developed for calculation and verification of the buildings' annual heating energy whether they comply with the standard. All the buildings evaluated under this improvement action have been defined in this software and each scenario of those buildings with different insulation material thicknesses have been evaluated in it. The outputs of TS 825 software for each building and for each scenario are attached in Appendix A.

Current status of the buildings are also defined in TS 825 software so that a comparative analysis among current status and improved statuses of buildings can be made in terms of annual heating energy consumption. Based on the comparative values of TS 825 software output data among current status and proposed alternative statuses, current actual annual heating energy consumption value of a building is taken as reference to calculate what the annual heating energy consumption value of that building would be if an alternative insulation material thickness is applied. Additionally, quotes are taken from the insulation market for the cost of these improvement actions.

By using calculated energy savings based on actual data and comparative TS 825 output data, equivalent CO₂ emission savings are also calculated by using the emission factors defined in BEPY. In addition, savings in terms of energy costs are

calculated by using the unit prices published by Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS).

Table 2.5. Envelope Insulation Retrofit – 6 cm XPS.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/year	eq. kg CO ₂ /year
A6	1st Dorm - North Block	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	34402	95692	3514	22392
B6	1st Dorm - South Block	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	34402	95611	3511	22373
C6	1st Dorm - Apartments	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	17084	27329	1004	6395
E6	Prep School - Block A	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	No insulation	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	33448	156501	5747	36621
F6	Prep School - Block B	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	22182	69278	2544	16211
I6	2nd Dorm	Envelope Insulation Retrofit - 6 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	6 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	38998	92882	3411	21734

Table 2.6. Envelope Insulation Retrofit – 5 cm XPS.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/year	eq. kg CO ₂ /year
A7	1st Dorm - North Block	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	30850	81789	3003	19139
B7	1st Dorm - South Block	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	30850	81210	2982	19003
C7	1st Dorm - Apartments	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	15320	23286	855	5449
E7	Prep School - Block A	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	No insulation	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	29995	152049	5583	35579
F7	Prep School - Block B	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	19892	59272	2177	13870
I7	2nd Dorm	Envelope Insulation Retrofit - 5 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	5 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	34972	79314	2912	18559

Table 2.7. Envelope Insulation Retrofit – 4 cm XPS.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/year	e q. kg CO ₂ /year
A8	1st Dorm - North Block	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	27055	61993	2276	14506
B8	1st Dorm - South Block	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	27055	61948	2275	14496
C8	1st Dorm - Apartments	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	13436	17706	650	4143
E8	Prep School-Block A	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	No insulation	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	26305	145914	5358	34144
F8	Prep School-Block B	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	17445	45575	1674	10664
I8	2nd Dorm	Envelope Insulation Retrofit - 4 cm XPS	3cm XPS application - poor quality in laboring and material	4 cm XPS application - application as per TS 825 requirements with no thermal bridge	30670	60237	2212	14095

2.2.2. Trombe Wall Application and Sunroom on the Roof

To better improve the performance of the buildings over TS 825 level, trombe wall application can be done on the south façades of the buildings as shown in Figure 2.19 and Figure 2.20. For this reason, 1st Dorm-North building's and 1st Dorm-South building's façades facing south have been evaluated and found reasonable to apply trombe wall solution. The details of the application, investment levels, associated savings in kWh and CO₂ are shown in Table 2.8.

There are skylights in some of the buildings as part of the architectural design. However, it is made of polycarbonate which performs poorly when it is comes to insulation and heat transfer. In winter, the heated air rises and gets lost up in the atrium. In summer, the skylight attracts heat into the building. It is obvious that changing this design to a sunroof using low-E type double pane glasses have better insulation values and respectively lower SHGC (solar heat gain coefficient) values. The main difference in energy efficiency would be experienced in heating because there are currently no active cooling systems installed in the buildings. For this reason, Prep school Block A's roof having polycarbonate skylight has been evaluated and found reasonable to apply contemporary sunroof solution.

Other passive improvements have also been studied during the field visits:

- Natural ventilation: making use of wind power and warm air rising/cold air sinking and thereby transferring cool air in the buildings between openings strategically placed at low and highly located places [24].
- Heating rooms: using rooms that have access to south sun in winter as heating spaces and transferring the warm air to the north side cold spaces through louvers located at the top and bottoms of interior doors. Heating rooms are shown in Figure 2.21 and Figure 2.22.

The annual energy savings in heating energy is calculated by using the same software used in envelope insulation improvement action, TS 825 software. The current status of the buildings and the status after the proposed actions are applied are simulated in this software and the output data of the software is used in comparative terms by applying on the actual data. Annual heating energy demand of buildings is calculated in TS 825 software. For example, current status of building is expected to consume 100 kWh and 80 kWh after the proposed improvement action is applied. This refers to 20% savings based on TS 825 software. This savings percentage is then applied on the actual annual heating energy of the building in order to calculate the actual savings that should be expected for that specific improvement action. Additionally, quotes are taken from the contractors for the cost of these improvement actions. By using calculated energy savings based on actual data and comparative TS 825 output data, equivalent CO₂ emission savings are also calculated by using the emission factors defined in BEPY. Savings in terms of energy costs are calculated by using the unit prices published by Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS). Energy saving and retrofit cost calculation tables are attached in Appendix B.



Figure 2.19. Trombe Wall Application – Building Section.

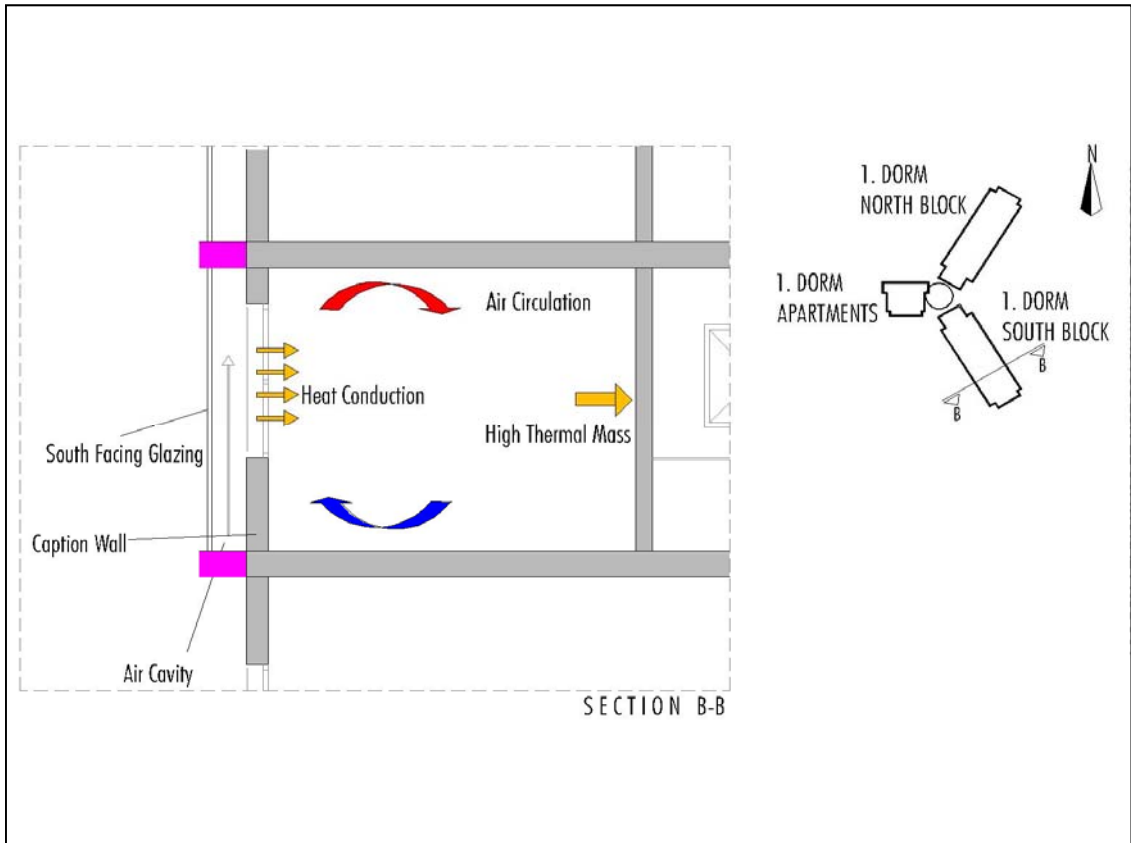


Figure 2.20. Trombe Wall Application in Detail – Floor Section.



Figure 2.21. Heating Room Application – Plan.

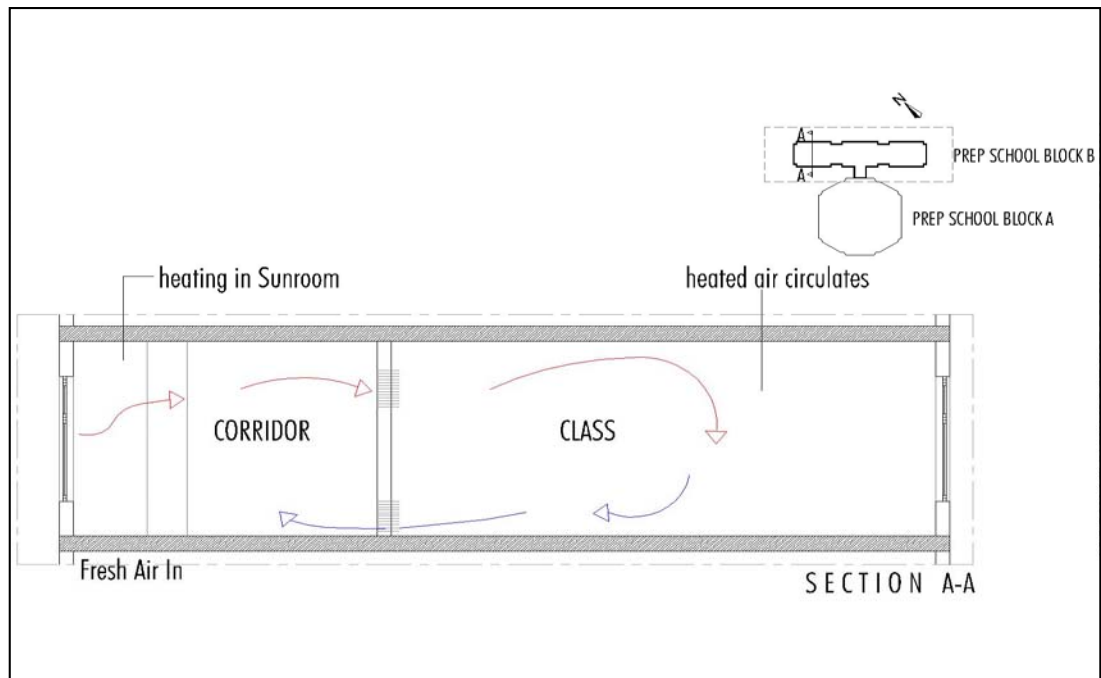


Figure 2.22. Heating Room Application in Detail – Floor Section.

Table 2.8. Passive Measure.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results			
						Code	Name/Block	Description	Description
A10	1st Dorm - North Block	Passive Measure - Trombe Wall Application on South Façade	No trombe wall, just standard exterior wall	Trombe wall applied, over TS 825 standard exterior wall	65655		31912	1172	7467
B10	1st Dorm - South Block	Passive Measure - Trombe Wall Application on South Façade	No trombe wall, just standard exterior wall	Trombe wall applied, over TS 825 standard exterior wall	65655		31890	1171	7462
E10	Prep School - Block A	Passive Measure - Sunroom Application on the Roof where there's skylight currently	Poor performance polycarbonate skylight	Sunroof application using low-E double pane glass	119824		65837	2418	15406

2.2.3. Boiler Capacity Utilization and Type

The boiler serving to 1st Dorm North & South and Apartments are evaluated. There is a boiler of 875000 kcal/h capacity. They are cast iron old fashioned large boilers which have poor efficiency in partial loads. If the boiler is changed with a condensing type smaller capacity of ~500000 kcal/h (divided into 10 smaller boilers operating in cascad

mode), the system can still serve comfortably and the resulting outcome turns out to be as shown in Table 2.9.

Annual heating energy consumption difference regarding this improvement action originates from the boilers' full load and partial load thermal efficiencies. At full load, existing boiler has 75% nominal efficiency whereas the condensing boilers have approximately 98% nominal efficiency. Additionally, existing boiler has a large capacity leading to a situation of partial load operation 90% of the time. At partial load, old fashioned cast iron boilers cannot maintain the nominal efficiency and the operation becomes less efficient. However, the proposed improvement action offers a cascade system in which the total capacity is divided into 10 smaller capacity boilers that provides the boilers operate at their nominal efficiency almost 100% of the time. The annual operation hours, fuel calorific value, fuel unit price are taken from Turkish Mechanical Engineer's Chamber's publications and Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS). Additionally, quote is taken from a boiler manufacturer for the cost of this boiler retrofit. Energy saving calculations are based on universal heating energy formulas shown below and detailed in Appendix C.

$$\text{Annual Fuel Consumption (kg)} = \frac{\text{Annual Energy Demand (kWh)}}{\text{NormOperationalEff} \times \text{FuelCalorificValue (kWh / m}^3)} \quad (2.1)$$

$$\text{Annual Fuel Cost (EUR)} = \text{Annual Fuel Consumption (m}^3) \times \text{Fuel Unit Price (TL / m}^3) \quad (2.2)$$

Table 2.9. Boiler Retrofit.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving /year	eq. kg CO ₂ /year
D3	1st Dorm - ALL	Boiler retrofit by capacity utilization with high efficiency in partial loads	Old, cast iron, large size boilers	New technology, steel, condensing, multi small size boilers operating in an integrated fashion	41250	250005	10182	58501

2.2.4. Heating Loop Piping Insulations

Heating water distribution system is composed of pipes, valves and circulation pumps. In Boğaziçi University Kilyos campus buildings, the heating loop pipes are either not insulated or poorly insulated. If proper insulation is applied, a significant amount of energy can be prevented to be lost to environment and natural gas consumption, CO₂ emissions, energy costs can be mitigated. The energy saving calculations are based on proposed insulation levels for heating water pipes outlined in BEPY. The savings are calculated based on unit heat loss values shown in Table 2.10 by measuring the approximate heating loop pipe length with no or poor insulation. That unit heat loss values for uninsulated pipes are multiplied by length of pipes exposed to non conditioned spaces. The total heat loss calculated for the equivalent total length of pipe is multiplied by heating hours in order to find out the annual heating energy loss.

Additionally, quote is taken from a mechanical contractor for the cost of this heating loop piping insulation retrofit. Savings in terms of energy costs are calculated by using the unit prices published by Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS).

The improvements are quantified through Table 2.11 and calculations are detailed in Appendix D.

Table 2.10. Calculation table for Heating Loop Piping Insulations [19].

			Heat loss W/m			
Pipe		Outer diameter	90/70 °C room temp.		0.1 Atu vapor room temp.	
DN	Inch	mm	10	20	10	20
15	1/2	21.3	73	60	99	86
20	3/4	26.9	90	73	121	105
25	1	33.7	106	87	143	124
32	1 1/4	42.4	131	108	180	156
40	1 1/2	48.3	148	121	201	173
50	2	60.3	180	148	244	212
65	2 1/2	76.1	221	181	299	260
80	3	88.9	250	207	341	295
100	4	114.3	314	261	430	372

Table 2.11. Heating Loop Piping Insulation Retrofit.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
						Code	Name/Block	Description
A2	1st Dorm - North Block	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	1071	23443	955	5486
B2	1st Dorm - South Block	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	1071	23443	955	5486
C2	1st Dorm - Apartments	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	964	21099	859	4937
E2	Prep School - Block A	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	2330	50989	2077	11931
F2	Prep School - Block B	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	6750	229189	9335	53630
I2	2nd Dorm	Heating Loop Piping Insulation Retrofit	No insulation	Properly insulated as per local "Buildings Energy Performance" directive	1969	43077	1754	10080

2.2.5. Thermostatic Radiator Valves and Room Temperature Setpoint Optimization

Currently, there is no thermostatic valve application or use in Kilyos campus which leads to inefficient operation meaning excess heating, less comfort, excess natural gas consumption, higher CO₂ emissions and higher energy costs. The old fashioned radiator valves are used with panel radiators causing excess heating if not controlled regularly and manually.

Based on Table 2.12, 2°C excess heating refers to 17.1% excess fuel consumption and this value is used in energy saving calculations for this improvement action's saving parameters. This improvement action assumes 2°C decrease in room temperature setpoint for heating season. Additionally, quotes are taken from the thermostatic valve suppliers. Savings in terms of energy costs are calculated by using the unit prices published by Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS).

This improvement was calculated per Table 2.13 and detailed in Appendix E.

Table 2.12. Calculation table for Thermosttic Valve Installation in all Radiators [20].

	Fuel Consumption (000 m ³ /year)			Increase ratio in fuel consumption when temperature is increased 1°C		Increase ratio in fuel consumption when temperature is increased 2°C	
	20 °C	21 °C	22 °C	Theoretical	Realized	Theoretical	Realized
Ankara	701	747	793	6.60%	8%	13.10%	16%
Istanbul	729	792	854	8.60%	10%	17.10%	20%
Izmir	592	647	701	9.30%	11%	18.40%	22%
Antalya	491	542	593	10.40%	12%	20.80%	24%

According to the above table of Turkish Sanitary Engineers' Association, the shift into thermostatic valves and following their correct adjustment to achieve correct heating setpoints for all zones will result in significant savings.

Table 2.13. Thermostatic Valve Installation in all Radiators.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/ year	eq. kg CO ₂ /year
A4	1st Dorm - North Block	Thermostatic valve installation in all radiators to avoid excess space heating and saving heating energy.	No thermostatic valves	Thermostatic valve installed.	5850	61050	2486	14286
B4	1st Dorm - South Block	Thermostatic valve installation in all radiators to avoid excess space heating and saving heating energy.	No thermostatic valves	Thermostatic valve installed.	5850	60764	2475	14219
C4	1st Dorm - Apartments	Thermostatic valve installation in all radiators to avoid excess space heating and saving heating energy.	No thermostatic valves	Thermostatic valve installed.	1300	17402	709	4072
I4	2nd Dorm	Thermostatic valve installation in all radiators to avoid excess space heating and saving heating energy.	No thermostatic valves	Thermostatic valve installed.	9100	63969	2605	14969

2.2.6. Domestic Hot Water Heating

The setpoint temperature of hot water preparation is decreased from 60°C to 45°C which is more convenient for domestic usage. The savings are summarized in Table 2.14.

The hot water setpoint is very high for domestic use. So, the setpoint is proposed to be adjusted to a lower and reasonable value. This causes 15°C less heating for the domestic

water heating. If the mains supply water is assumed to be 10°C, the delta T for domestic hot water heating is $60 - 10 = 50^\circ\text{C}$ at the current status. If the setpoint is revised to 45°C the delta T for domestic hot water heating would be $45 - 10 = 35^\circ\text{C}$. Domestic hot water demand per person per day is assumed to be 30 litres/day according to general mechanical design assumptions. This delta T reduction for heating leads to substantial energy savings in domestic hot water heating.

Only a few valves and labor costs are assumed to be the costs for this improvement action. Therefore, this improvement action can be thought of low cost or almost no cost improvement action that will have the best payback period. Savings in terms of energy costs are calculated by using the unit prices published by Istanbul Gas Distribution Utility (IGDAS). Saving and energy consumption calculations are described in Appendix F.

Table 2.14. DHW Heating Setpoint Optimization.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results			
						Code	Name/Block	Description	Description
A1	1st Dorm - North	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C	Applied together with all other blocks of 1st Dorm		33334	1358	7800
B1	1st Dorm - South	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C			33334	1358	7800
C1	1st Dorm - Apartments	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C			10158	414	2377
D1	1st Dorm - ALL	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C	1250	76827	3129	17977	
H1	Hotel	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C	500	3295	134	771	
I1	2nd Dorm	DHW Heating Setpoint Optimization	Heating Setpoint 60 °C	Heating Setpoint 45 °C	1250	55557	2263	13000	

2.2.7. Heating Loop Circulation Pumps

Currently the pumps being used are constant speed. To decrease energy consumption, variable speed drive pumps are considered to operate at a speed that matches the demand rather than working at the maximum speed at all times. Detailed calculations are described in Appendix G. Cost assumptions for replacing the pumps are gathered from

quotations obtained from pump suppliers. Savings in terms of energy costs are calculated by using energy prices published by BEDAS (Istanbul Electricity Distribution Utility). Results are summarized in Table 2.15.

Table 2.15. Heating Water Circulation Pumps Retrofit.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
						Code	Name/Block	Description
D9	1st Dorm - ALL	Heating Water Circulation Pumps Retrofit by Variable Speed Drive Pumps	Old, constant speed, inefficient circulation pumps	New, variable speed, demand controlled circulation pumps	3750	4455	597	2749
G9	Prep School - ALL	Heating Water Circulation Pumps Retrofit by Variable Speed Drive Pumps	Old, constant speed, inefficient circulation pumps	New, variable speed, demand controlled circulation pumps	6250	11880	1592	7330
I9	2nd Dorm	Heating Water Circulation Pumps Retrofit by Variable Speed Drive Pumps	Old, constant speed, inefficient circulation pumps	New, variable speed, demand controlled circulation pumps	3750	5940	796	3665

2.2.8. Lighting

All of the lighting within the buildings in the campus are counted room by room and a detailed schedule was prepared in the form of a list (Appendix H). In these lists, first of all, the lighting power densities under the current circumstances are benchmarked with the ASHRAE/IESNA 90.1 – 2007 minimum requirements. The basis of the allowed total power is ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 2007 which is the reference standard used by LEED. Kilyos campus buildings have 19.5% higher lighting power than a green building's maximum allowable lighting power.

The conventional ballasts used with fluorescent lamps have a high level of loss of energy. For example, for 36 Watts lamps, the power consumed from the mains supply is 48 – 50 Watts depending on the quality of the mechanical ballast. This corresponds to over 30% loss of energy in mechanical ballasts which are currently used in Kilyos campus buildings. Therefore, current ballasts' loss is assumed to be 30% in Kilyos campus which is a reasonable value for all power ranges of fluorescent lamps. The new generation electronic ballasts have much lower loss of energy within the ballasts. For the same 36 Watts lamp, the power consumed from the mains supply is 38-39 Watts depending on the quality of the ballast. This corresponds to 5-8% loss of energy in electronic new generation ballasts. Therefore, it is assumed to have 8% ballast loss in the proposed improvement

action calculations which is the highest level of loss expected for electronic ballasts. Savings are summarized in Table 2.16.

Quotes are taken from a ballast and lighting fixture suppliers for the cost of this ballast type retrofit. Energy saving calculations are based on this ballast loss difference. In addition, savings in terms of energy costs are calculated by using the unit prices published by Istanbul Electricity Distribution Utility (BEDAS).

Table 2.16. Lighting Ballast Retrofit.

EEM	Building	Energy Efficiency Measure	Current Status	Status after EEM	Cost	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
Code	Name/Block	Description	Description	Description	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/year	eq. kg CO ₂ /year
D5	1st Dorm - ALL	Lighting Ballast Retrofit	Mechanical Ballast Lighting	Electronic Balast Lighting	10938	24599	3296	15178
G5	Prep School - ALL	Lighting Ballast Retrofit	Mechanical Ballast Lighting	Electronic Balast Lighting	12500	37426	5015	23092
H5	Hotel	Lighting Ballast Retrofit	Mechanical Ballast Lighting	Electronic Balast Lighting	1563	1972	264	1216
I5	2nd Dorm	Lighting Ballast Retrofit	Mechanical Ballast Lighting	Electronic Balast Lighting	6250	17200	2305	10613

Just by changing the ballast types into the electronic ones, the existing lighting fixture can consume 1.7% less than the LEED's max. allowable lighting fixture schedule. This would save 81197 kWh electricity when compared with the current magnetic ballast type and current lighting fixture installations.

2.3. Quantifying Possible Combinations and Outcomes of Available EEMs

An algorithm is needed in order to prioritize and combine the available EEMs described in Chapter 2.2 in an optimized way, in order to achieve the most benefit for a given budget. The most efficient way to prioritize EEMs, which will be utilized for both MIP and heuristic models, is to align them according to [yearly savings/investment

amounts] from higher to lower and start to invest from the highest one until a given budget is met. [Saving/investment amount] is the key criteria representing the efficiency of each EEM for every unit of investment.

- Energy Savings / Investment Amounts [kWh/year/USD]
- Energy Cost Savings / Investment Amounts [USD/year/USD]
- CO₂ savings / Investment Amounts [kgCO₂/year/USD]

However, this method would not result in the most optimum way of combining all EEMs for a given budget, since not all possible combinations can be calculated and scrutinized manually, especially if the options are multiple and the budget is high. The identified EEMs, existing status and calculated key parameters can be summarized in Table 2.17.

For most proper placement of funds while retrofitting existing buildings for energy efficiency, an optimization is required to prioritize and combine the EEMs and spend the budget in the most feasible way. There are three fundamental parameters that need to be taken into account during such an optimization process:

- Investment cost for each EEM
- Annual savings of energy or energy cost or CO₂ for each EEM
- Budget

Such an optimization process would need to take into consideration the following objectives; “Maximize Energy or Energy Cost or CO₂ savings”.

In addition, it needs to meet the following criteria;

- Do not exceed the budget.
- Do not combine technically inappropriate EEMs.

For example if we were to analyze several EEMs for Building “2nd Dorm”, the process is shown in Figure 2.23.

Table 2.17. Identified EEMs, existing status and calculated key parameters.

EEM	Investment	Annual Performance (Saving/Reduction)		
		Results		
Code	USD	kWh Saving/year	\$ Saving/year	eq. kg CO₂/year
D1	1250	76827	3129	17977
H1	500	3295	134	771
I1	1250	55557	2263	13000
A2	1071	23443	955	5486
B2	1071	23443	955	5486
C2	964	21099	859	4937
E2	2330	50989	2077	11931
F2	6750	229189	9335	53630
I2	1969	43077	1754	10080
D3	41250	250005	10182	58501
A4	5850	61050	2486	14286
B4	5850	60764	2475	14219
C4	1300	17402	709	4072
I4	9100	63969	2605	14969
D5	10938	24599	3296	15178
G5	12500	37426	5015	23092
H5	1563	1972	264	1216
I5	6250	17200	2305	10613
A6	34402	95692	3514	22392
B6	34402	95611	3511	22373
C6	17084	27329	1004	6395
E6	33448	156501	5747	36621
F6	22182	69278	2544	16211
I6	38998	92882	3411	21734
A7	30850	81789	3003	19139
B7	30850	81210	2982	19003
C7	15320	23286	855	5449
E7	29995	152049	5583	35579
F7	19892	59272	2177	13870
I7	34972	79314	2912	18559
A8	27055	61993	2276	14506
B8	27055	61948	2275	14496
C8	13436	17706	650	4143

Table 2.17. Identified EEMs, existing status and calculated key parameters (cont.).

EEM Code	Investment USD	Annual Performance (Saving/Reduction) Results		
		kWh Saving/year	\$ Saving/year	eq. kg CO ₂ /year
E8	26305	145914	5358	34144
F8	17445	45575	1674	10664
I8	30670	60237	2212	14095
D9	3750	4455	597	2749
G9	6250	11880	1592	7330
I9	3750	5940	796	3665
A10	65655	31912	1172	7467
B10	65655	31890	1171	7462
E10	119824	65837	2418	15406

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2nd Dorm	DHW Opt.	Piping Ins.	Boiler Ren.	Thermostatic Valve	Lighting Ballast	Envelope - 6cm	Envelope - 5cm	Envelope - 4cm	VSD Pur
Investment (\$)	1,250	1,969		9,100	6,250	38,998	34,972	30,670	
kg CO ₂ Saving/year/\$ - E					1,70				
kg CO ₂ Saving/year/\$ - N	10,40	5,12		1,64		0,56	0,53	0,46	
\$ Saving/year - E					2,305				
\$ Saving/year - N	2,263	1,754		2,349		3,411	2,912	2,212	
kWh Saving/year - E					17,200				
kWh Saving/year - N	55,557	43,077		68,969		92,882	79,314	60,237	

Figure 2.23. A screen shot of optimization process.

While deciding which EEM to implement first, maximum amount of CO₂ saving/year with the minimum investment cost criterion is considered first. Thus, assuming that there is no budget constraint, preference of energy efficiency improvement actions based on CO₂ saving/year are sorted as:

- (i) DHW System Setpoint Optimization --> (kg CO₂ savings/year)/ (Investment)= 10.4

- (ii) Thermostatic valve --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 1.64$
- (iii) Lighting Ballast Model Change (into Electronic Ballast) --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 1.70$
- (iv) Heating piping insulation --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 5.12$
- (v) Building envelope insulation by 6 cm --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 0.56$
- (vi) Building envelope insulation by 5 cm --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 0.53$
- (vii) Building envelope insulation by 4 cm --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 0.46$
- (viii) Variable Speed Pumps Replacement --> $(\text{kg CO}_2 \text{ savings/year}) / (\text{Investment}) = 0.98$

Only one of the actions in (v), (vi) and (vii) can be implemented at the same time.

In the case where there is no budget criteria, DHW setpoint optimization, which results in the most saving per investment amount, should be implemented at the first place, thermostatic valve use at the 2nd, lighting ballast type change at the 3rd. However, if the budget is lower than the first preferred improvement action's cost, the next preferred improvement action shall be selected for energy efficiency optimization. This method of decision making is adopted for the rest of the campus buildings.

There are three possible optimization solutions;

- (i) Exact solution: it would be time consuming and open to miscalculations to evaluate each one of the 4398046511103 combinations for 42 separate EEMs.
- (ii) MIP solution: an optimization software (Premium Solver – Frontline Solutions) was used [36].
- (iii) Heuristic solution: could be utilized if it provides acceptable accuracy compared to the MIP solution.

This study (i) elaborates on how such an approach could work using MIP optimization software, (ii) suggests a heuristic approach that provides similar results as the

MIP approach, and (iii) applies both approaches using various EEMs to BUKC existing building as a case study.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. MIP Model

The present knapsack problem can be solved in optimum using MIP. With the selection of a proper software it is possible to reach an exact solution among a very large number of possible permutations. Such software require necessary skills to use it, which facility managers and/or other related parties that are responsible for energy efficiency of existing buildings/complexes might lack. Using the data gathered through physical measurements and calculations described in Chapter 2 and a given budget, optimization calculations with the objectives of maximizing energy, energy cost and CO₂ savings are applied.

The program iterates the improvement actions and finds the optimum combinations for given budget limits. The analyses are based on the criteria described in Section 2 and constraints such as implementation sequence of each action, investment budget and maximizing the amount of saving per unit investment.

Although an integer model was built for this study, it is also possible to establish a non integer model that would allow partial application of EEMs, and would also result in partial calculation of savings.

Key parameters used for the optimizations are energy savings/investment [kWh/USD], energy cost savings/investment [-] and CO₂ savings/investment [kg CO₂/USD].

$$X_{ij} = \begin{pmatrix} 1, & \text{if improvement action } j \text{ is used in building } i \\ 0, & \text{if improvement action } j \text{ is not used in building } i \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

$$\text{Total Investment Cost : } C = \sum_{i,j} x_{ij}c_{ij} \quad (3.2)$$

$$\text{Total Emission : } E = \sum_{i,j} x_{ij}e_{ij} \quad (3.3)$$

where e_{ij} is CO₂ emission savings when improvement action j is used in building i , c_{ij} is investment cost of implementing improvement action j in building i , B is budget, objective is maximizing E and minimizing C provided that,

$$C = \sum_{i,j} x_{ij}c_{ij} \leq B \text{ and } x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (3.4)$$

A screen shot of the MIP input table is shown in Figure 3.1.

Solutions using the optimization software (Premium Solver – Frontline Solutions [36]) for various budgets for BUKC existing buildings are given in Figure 3.2, Figure 3.3, Figure 3.4 and Figure 3.5. The model is ran for budgets ranging from 1000 USD to 600000 USD separately for each different budget limit, resulting in different EEMs and therefore different cost and saving figures. Each calculation is recorded and the optimized cost and saving figures are summarized in Table 3.1. Figure 3.2-5 are plotted versions of the data in Table 3.1. Optimum savings corresponding to each budget are plotted on the vertical axis.

The MIP solution curves in Figure 3.2-5 show the expected form of typical optimization solutions, with a steep slope at low budgets and decreasing steepness at higher budgets.

This also verifies that the MIP model urges the decision makers to begin with the improvement actions that have the highest impacts within the given budget. On the other hand, an extra amount of 1 USD invested does not create the same impact as the previously invested amount of 1 USD as seen from the descending slope curve. This is because the previously invested funds were spent for more efficient EEMs than the later ones.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Hotel	DHW Opt.	Piping Ins.	Boiler Ren.	Thermostatic Valve	Lighting Ballast	Envelope - 6cm	Envelope - 5cm
Investment (\$)	5500,00				1.563		
kg CO2 Saving/year/\$ - E					0,78		
kg CO2 Saving/year/\$ - N	1,54						
\$ Saving/year - E					264		
\$ Saving/year - N	134						
kWh Saving/year - E					1972		
kWh Saving/year - N	3295						
NPV/LCC (\$)	-1089				-793		
	1				1		
Realized Investment (\$)	500				1.563		
Realized \$ Saving/year - E	0				264		
Realized \$ Saving/year - N	134						
Realized NPV/LCC (\$)	-1.089				-793		
Realized kWh Saving/year - E	0				1.972		
Realized kWh Saving/year - N	3.295						
Realized kg CO2 Saving/year - E	0				1.214		
Realized kg CO2 Saving/year - N	771						
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
2nd Dorm	DHW Opt.	Piping Ins.	Boiler Ren.	Thermostatic Valve	Lighting Ballast	Envelope - 6cm	Envelope - 5cm
Investment (\$)	1.290	1.969		9.100	6.290	38.999	34.972
kg CO2 Saving/year/\$ - E					1,70		
kg CO2 Saving/year/\$ - N	10,85	5,12		1,64		0,55	0,53
\$ Saving/year - E					2.305		
\$ Saving/year - N	2.263	1.754		2.346		3.411	2.912
kWh Saving/year - E					17.200		
kWh Saving/year - N	55.557	43.077		63.966		92.882	79.314
NPV/LCC (\$)	-25.134	-17.508		-18.935	-17.244	-3.173	-1.134
	1	1		1	1	1	0
Realized Investment (\$)	1.290	1.969		9.100	6.290	38.999	0
Realized \$ Saving/year - E	0	0		0	2.305	0	0
Realized \$ Saving/year - N	2.263	1.754		2.346		3.411	0
Realized NPV/LCC (\$)	-25.134	-17.508		-18.935	-17.244	-3.173	0
Realized kWh Saving/year - E	0	0		0	17.200	0	0
Realized kWh Saving/year - N	55.557	43.077		63.966		92.882	0
Realized kg CO2 Saving/year - E	0	0		0	10.611	0	0
Realized kg CO2 Saving/year - N	13.000	10.090		14.969		21.734	0
						4	
Investment Budget	\$					560.000 USC	
Realized Investment	\$					550.012 USC	
Realized kg CO2 Saving/!	Cumulative kg CO2/year/\$					0,82	
Realized \$ Saving - Electricity	\$/year					13.865 USC	
Realized \$ Saving - Natural Gas	\$/year					65.706 USC	
Realized \$ Saving - Total	\$/year					79.571 USC	
Realized CO2 Saving - Electricity	kg CO2/year					63.842 kg	
Realized CO2 Saving - Natural Gas	kg CO2/year					387.646 kg	
Realized CO2 Saving - Total	kg CO2/year					451.488 kg	
Realized kWh Saving - Electricity	kWh/year					103.472	
Realized kWh Saving - Natural Gas	kWh/year					1.636.455	
Realized kWh Saving - Total	kWh/year					1.739.926	

Figure 3.1. A Screen shot of the input table for MIP model.

Table 3.1. Optimization Results for Various Investment Budgets.

Investment Budget	Realized Investment	Realized kWh Saving	Realized \$ Saving	Realized CO₂ Reduction	Annual CO₂ Saving per Invested \$
\$	\$	kWh/year	\$/year	kg CO₂/year	kg CO₂/year/\$
1000	964	21099	859	4937	5.12
2000	1750	80122	3263	18749	10.71
3000	3000	135679	5526	31749	10.58
4000	3571	155827	6347	36464	10.21
5000	4830	183373	7469	42909	8.88
6000	5902	206816	8423	48395	8.20
7000	6973	230259	9378	53881	7.73
8000	8000	306016	12464	71608	8.95
9000	8964	327115	13323	76545	8.54
10000	9750	364868	14861	85379	8.76
11000	10821	388311	15815	90865	8.40
12000	11580	412562	16803	96539	8.34
13000	12652	436005	17758	102025	8.06
14000	13723	459448	18713	107511	7.83
15000	14688	480547	19572	112448	7.66
16000	15692	502525	20467	117591	7.49
17000	16656	523624	21327	122528	7.36
18000	17956	541026	21966	126600	7.05
19000	18456	544321	22100	127371	6.90
20000	18456	544321	22100	127371	6.90
21000	18456	544321	22100	127371	6.90
22000	21542	563575	22709	131876	6.12
23000	22506	584674	23568	136814	6.08
24000	23806	602076	24207	140886	5.92
25000	24306	605371	24342	141657	5.83
26000	24306	605371	24342	141657	5.83
27000	24306	605371	24342	141657	5.83
28000	27892	627634	25075	146866	5.27
29000	28856	648733	25934	151804	5.26
30000	29656	662840	26439	155105	5.23

Table 3.1. Optimization Results for Various Investment Budgets (cont.).

Investment Budget	Realized Investment	Realized kWh Saving	Realized \$ Saving	Realized CO₂ Reduction	Annual CO₂ Saving per Invested \$
\$	\$	kWh/year	\$/year	kg CO₂/year	kg CO₂/year/\$
31000	30156	666135	26573	155876	5.17
32000	30156	666135	26573	155876	5.17
33000	30156	666135	26573	155876	5.17
34000	30156	666135	26573	155876	5.17
35000	34606	662638	28105	161645	4.67
36000	35906	680,04	28744	165717	4.62
37000	36406	683335	28878	166488	4.57
38000	36406	683335	28878	166488	4.57
39000	38756	726809	28878	170073	4.39
40000	39256	730104	28922	170844	4.35
41000	40856	682863	30815	174124	4.26
42000	41356	686159	30949	174895	4.23
43000	42656	703561	31588	178967	4.20
44000	42656	703561	31588	178967	4.20
45000	42656	703561	31588	178967	4.20
46000	42656	703561	31588	178967	4.20
47000	42656	703561	31588	178967	4.20
48000	42656	703561	31588	178967	4.20
49000	48906	720761	33893	189580	3.88
50000	48906	720761	33893	189580	3.88
55000	54656	729346	35351	196139	3.59
60000	58006	784730	36242	204549	3.53
65000	64256	796610	37834	211879	3.30
70000	68944	809330	39538	219726	3.19
75000	74694	817914	40996	226285	3.03
80000	75194	821210	41130	227056	3.02
85000	84311	930644	41600	238692	2.83
90000	89656	967471	43934	247310	2.76
95000	93006	1017535	44112	252437	2.71
100000	99256	1034735	46417	263050	2.65
110000	109694	1056040	49579	277457	2.53
120000	116444	1071215	51305	285558	2.45
130000	125561	1180649	51775	297194	2.37
140000	136499	1205249	55071	312371	2.29
150000	142749	1217129	56663	319701	2.24
160000	150249	1227524	58056	326115	2.17
170000	164930	1286407	59207	335912	2.04
180000	170243	1294318	60267	340794	2.00
190000	182014	1313736	62718	347023	1.91

Table 3.1. Optimization Results for Various Investment Budgets (cont.).

Investment Budget	Realized Investment	Realized kWh Saving	Realized \$ Saving	Realized CO₂ Reduction	Annual CO₂ Saving per Invested \$
\$	\$	kWh/year	\$/year	kg CO₂/year	kg CO₂/year/\$
200000	191077	1326102	64375	354653	1.86
210000	203082	1388039	63517	361969	1.78
220000	210522	1398628	64339	366154	1.74
230000	220166	1415368	67028	373080	1.69
240000	230380	1455346	65989	377719	1.64
250000	241234	1488105	67625	387091	1.60
260000	251016	1497076	70029	392200	1.56
270000	262008	1521569	71361	399637	1.53
280000	272456	1562964	69941	402902	1.48
290000	280232	1580987	71036	408825	1.46
300000	291102	1592264	73716	415229	1.43
310000	301006	1614451	74772	421372	1.40
320000	301006	1614451	74772	421372	1.40
330000	301006	1614451	74772	421372	1.40
340000	301006	1614451	74772	421372	1.40
350000	301006	1614451	74772	421372	1.40
360000	301006	1614451	74772	421372	1.40
370000	360783	1637744	75386	425871	1.18
380000	370114	1650815	76107	425871	1.16
390000	370114	1650815	76107	425871	1.16
400000	370114	1650815	76107	425871	1.16
410000	370114	1650815	76107	425871	1.16
420000	410926	1658101	76133	430635	1.05
430000	420830	1680287	77190	436777	1.04
440000	420830	1680287	77190	436777	1.04
450000	420830	1680287	77190	436777	1.04
460000	420830	1680287	77190	436777	1.04
470000	420830	1680287	77190	436777	1.04
480000	420830	1680287	77190	436777	1.04
490000	480607	1703581	77803	441277	0.92
500000	491500	1718623	78789	446503	0.91
510000	491500	1718623	78789	446503	0.91
520000	491500	1718623	78789	446503	0.91
530000	491500	1718623	78789	446503	0.91
540000	491500	1718623	78789	446503	0.91
550000	491500	1718623	78789	446503	0.91
560000	550012	1739926	79571	451488	0.82

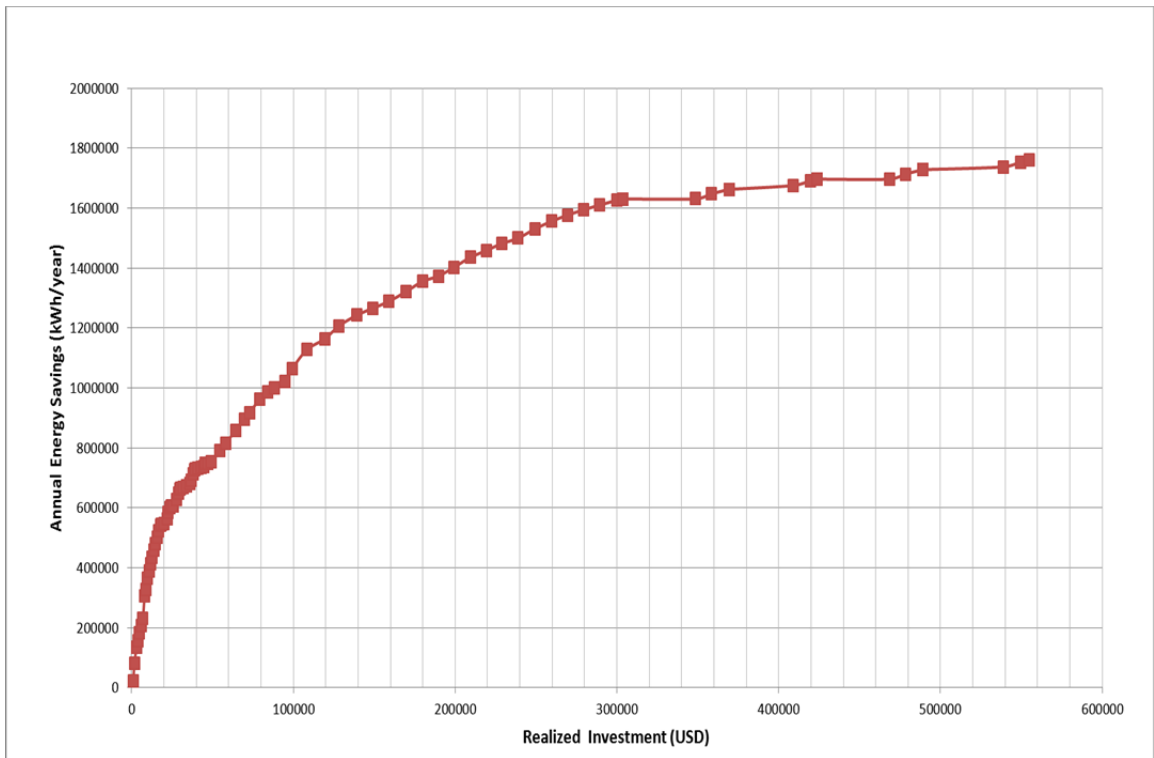


Figure 3.2. Annual energy consumption reduction with kWh optimized EEMs.

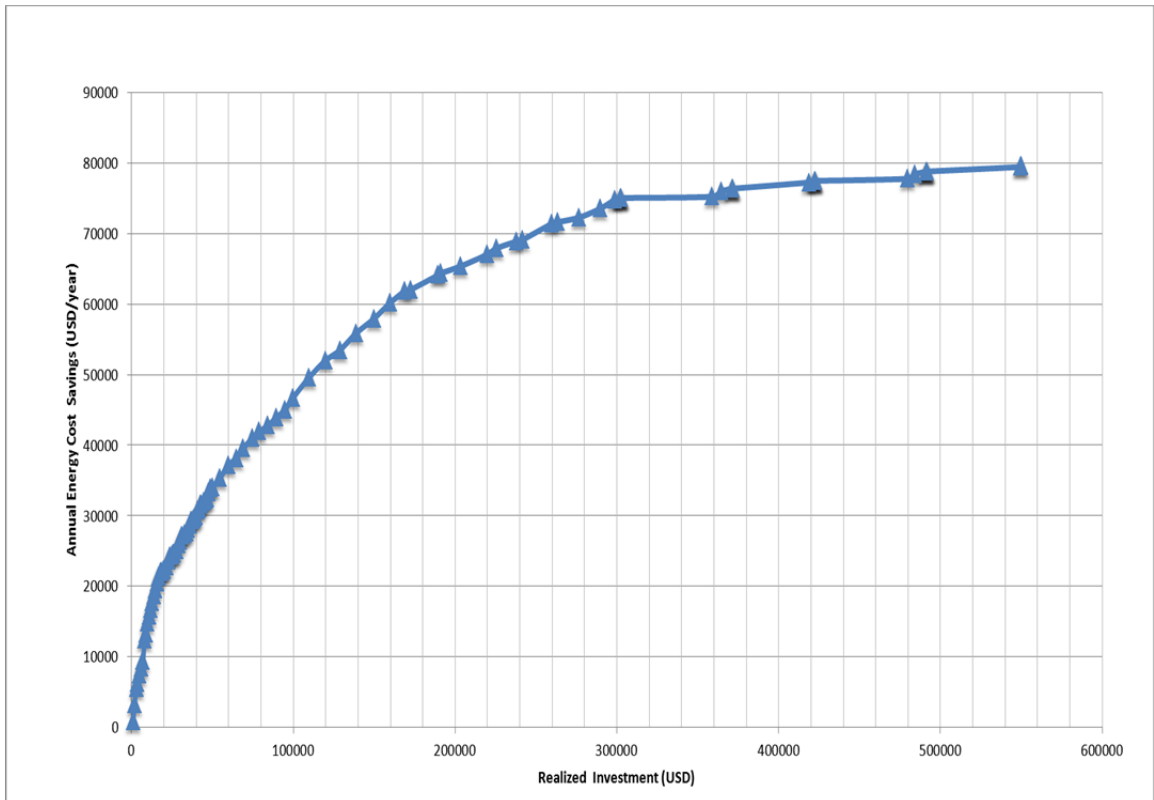


Figure 3.3. Annual energy cost reduction with USD saving optimized EEMs.

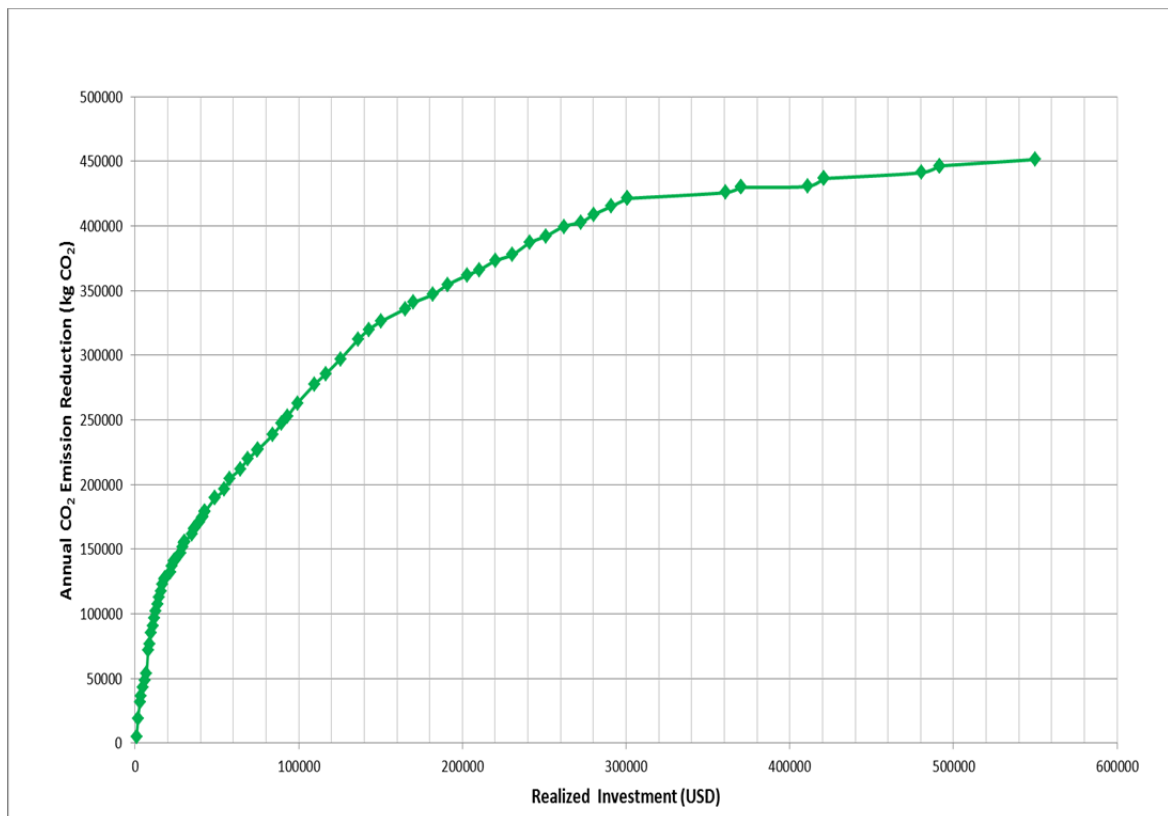


Figure 3.4. Annual CO₂ emission reduction with CO₂ optimized EEMs.

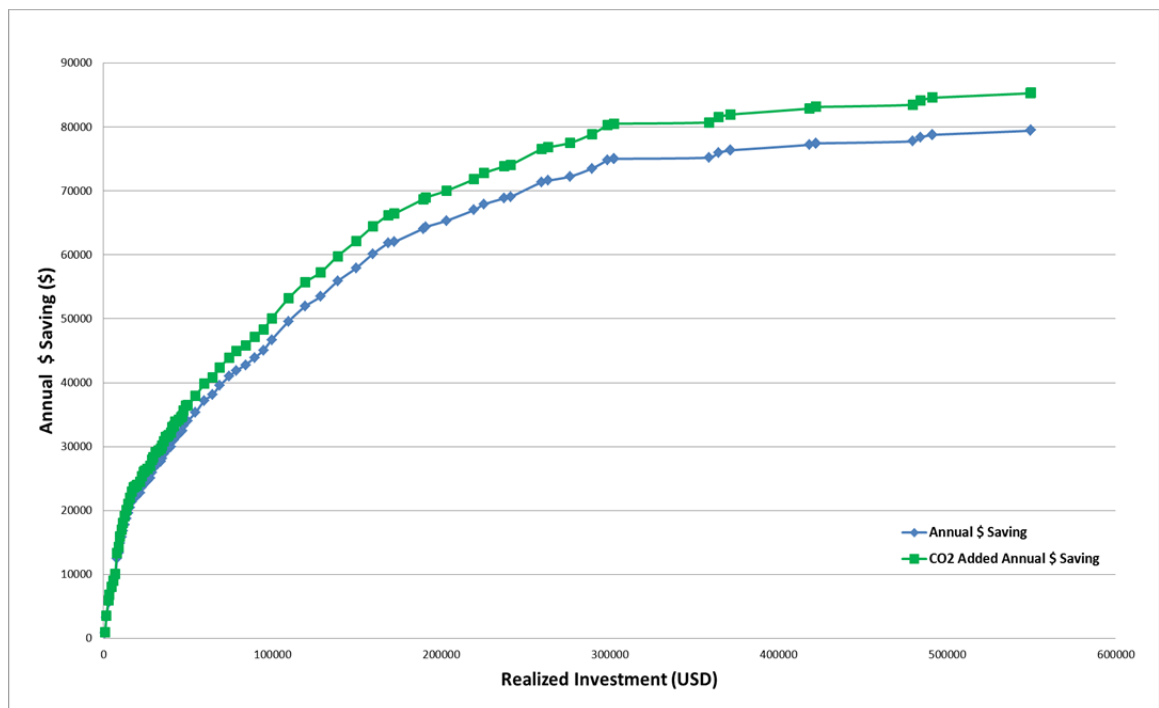


Figure 3.5. Comparison of annual \$ saving and CO₂ sale income added annual \$ saving.

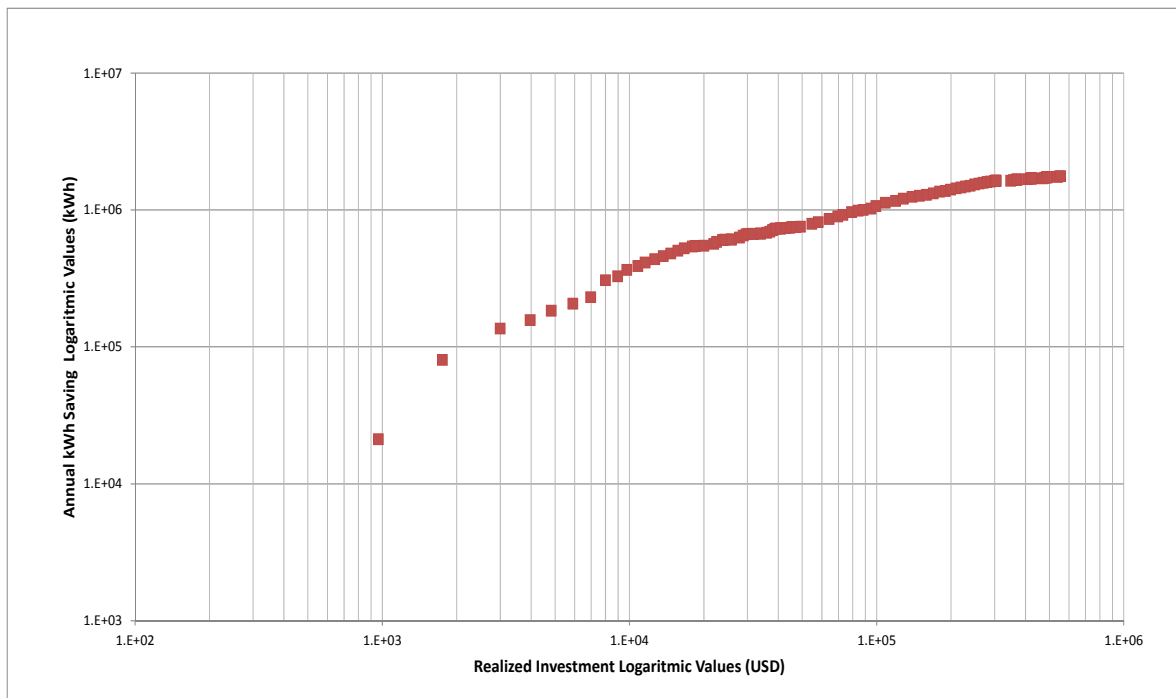


Figure 3.6. Annual kWh saving versus realized investment in logarithmic values.

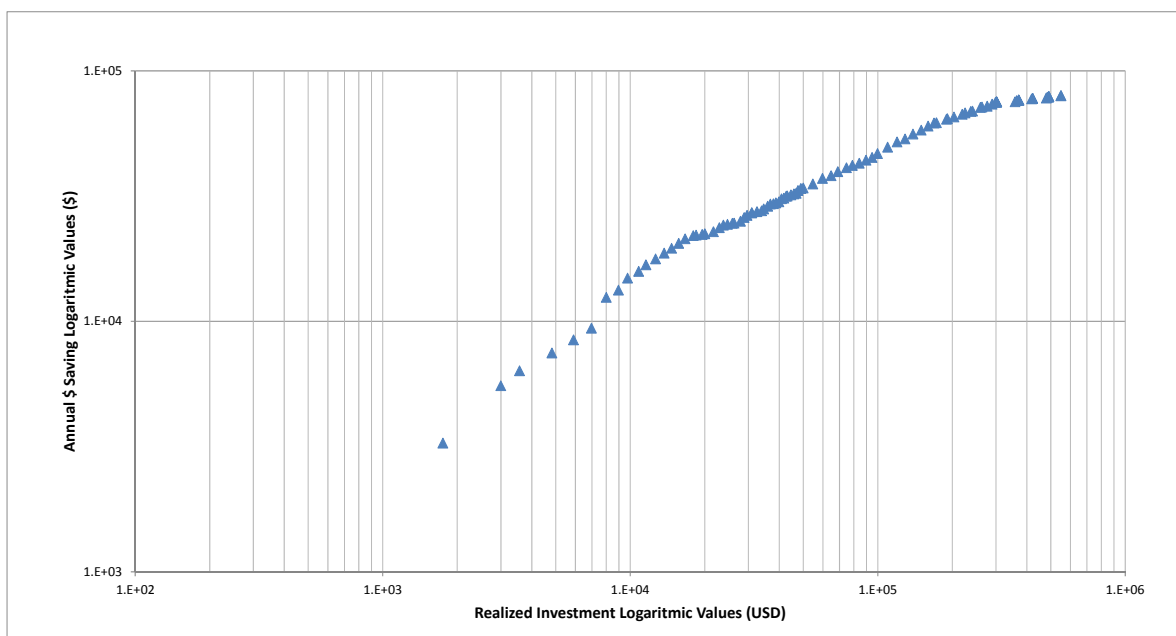


Figure 3.7. Annual \$ saving versus realized investment in logarithmic values.

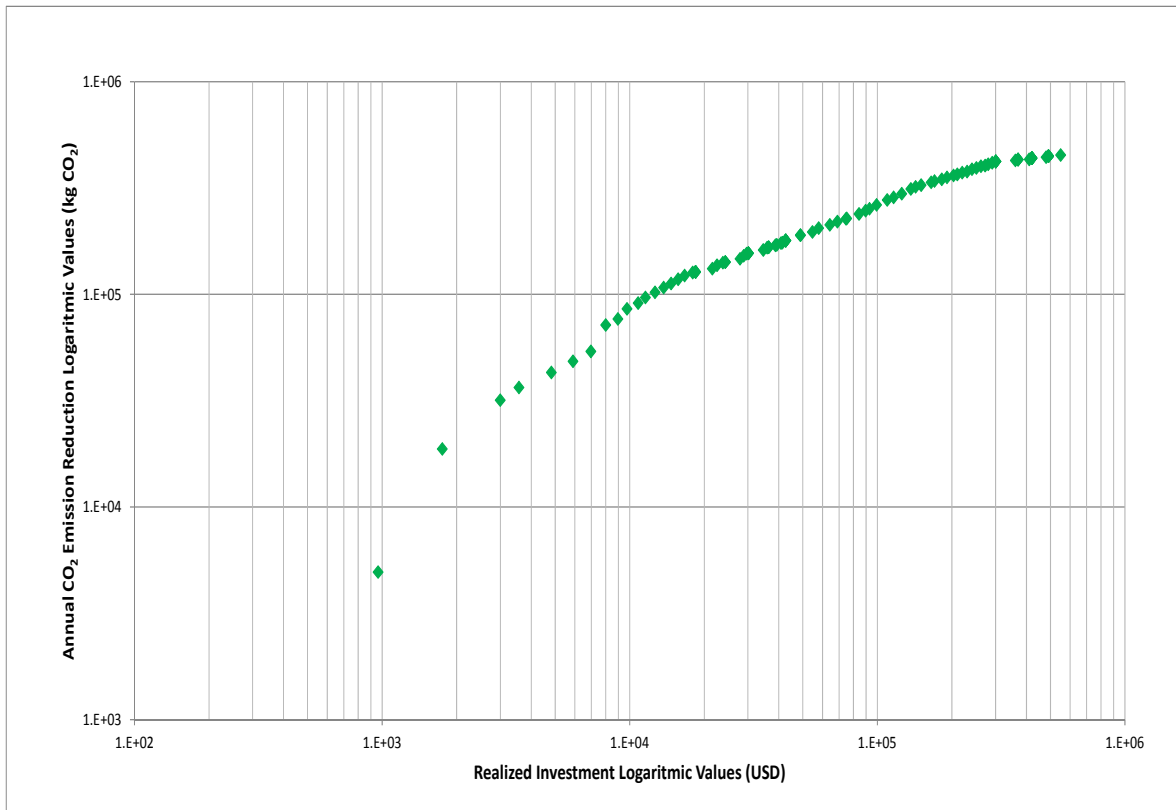


Figure 3.8. Annual CO₂ reduction versus realized investment in logarithmic values.

This may lead the decision maker to stop investing more at some point and invest into another existing building or campus complex, which would create a respectively higher overall impact. Such a decision point would be located where the slope of the curve makes the most radical decrease.

The decision to stop investing more would not only depend at the location of this point. It is possible that the main motive of the investor is not the ultimate feasibility of the investment. Depending on the motive of the investment, it is possible that the investor continues investing into the existing building or campus although additional spending is not as feasible as the previous ones.

It is arguable that such a decision point can be spotted exactly. It should rather be defined as a “region” where the efficiency of EEMs or packages of EEMs drops drastically.

Figure 3.9 shows the trend of CO₂ emission reduction per USD of investment for the optimum combination of EEMs for specified budget amounts. This descending curve approaches to zero CO₂ emission per invested USD for higher budgets. However, the actions which have the highest CO₂ emission reduction impact per USD invested are located at lower budgets.

The decision point to stop or to continue investing is also observed in Figure 3.8 at a location on the curve, where the slope makes the most drastic change.

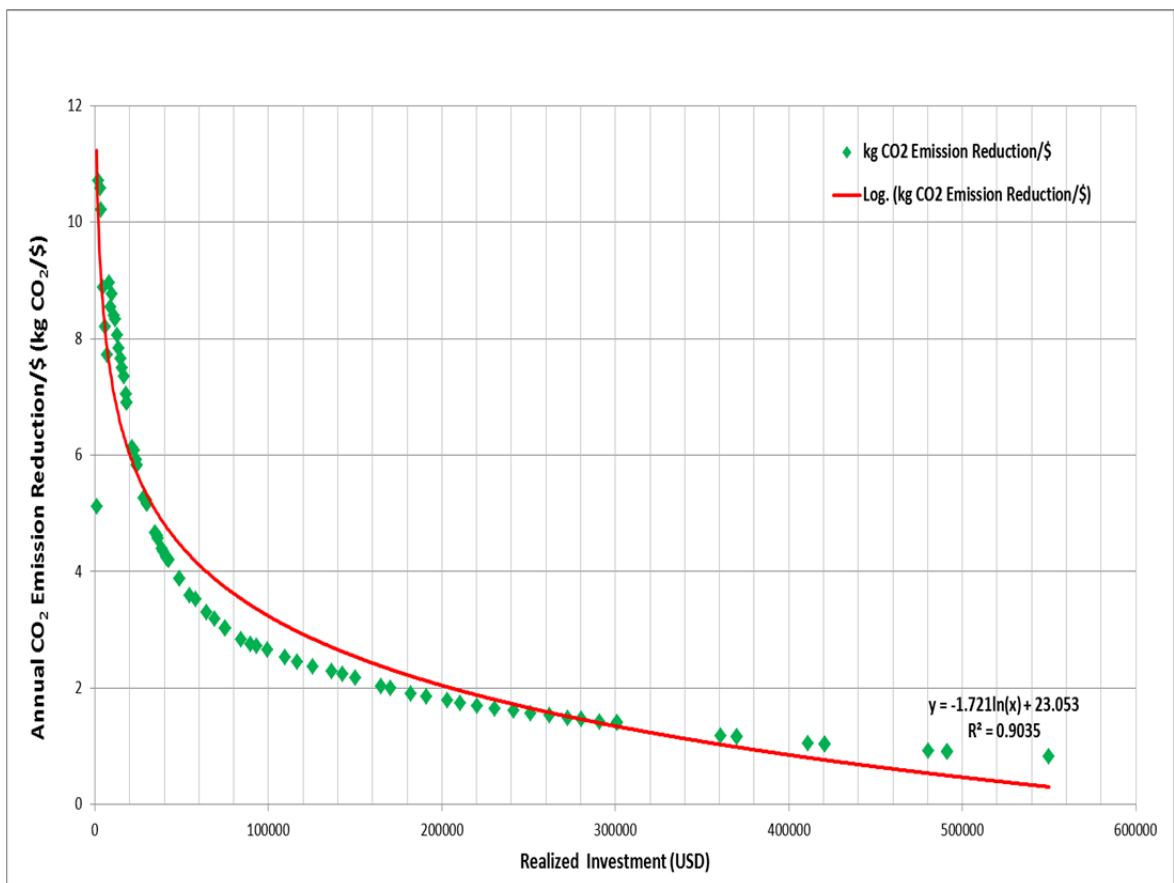


Figure 3.9. Annual CO₂ emission reduction per USD.

3.2. Heuristic Approach

Not all facility managers, building owners and other related parties have the ability to access and to use an optimization software. It is fast and easy (does not require a software) to calculate energy, energy cost and CO₂ savings per investment amount for each individual EEM. However, calculating the same for all possible combinations of EEMs which fit into a given budget requires a software and is time consuming. Using the same input data, prioritizing the EEMs per the highest [saving/investment amount] ratio, until a given budget is reached can be an approximate (heuristic) solution. Saving per investment values are calculated and shown in Figure 3.10-12. The vertical axes indicate the efficiency rankings per saving/investment amount of different EEMs and the horizontal axes indicate the remaining budget.

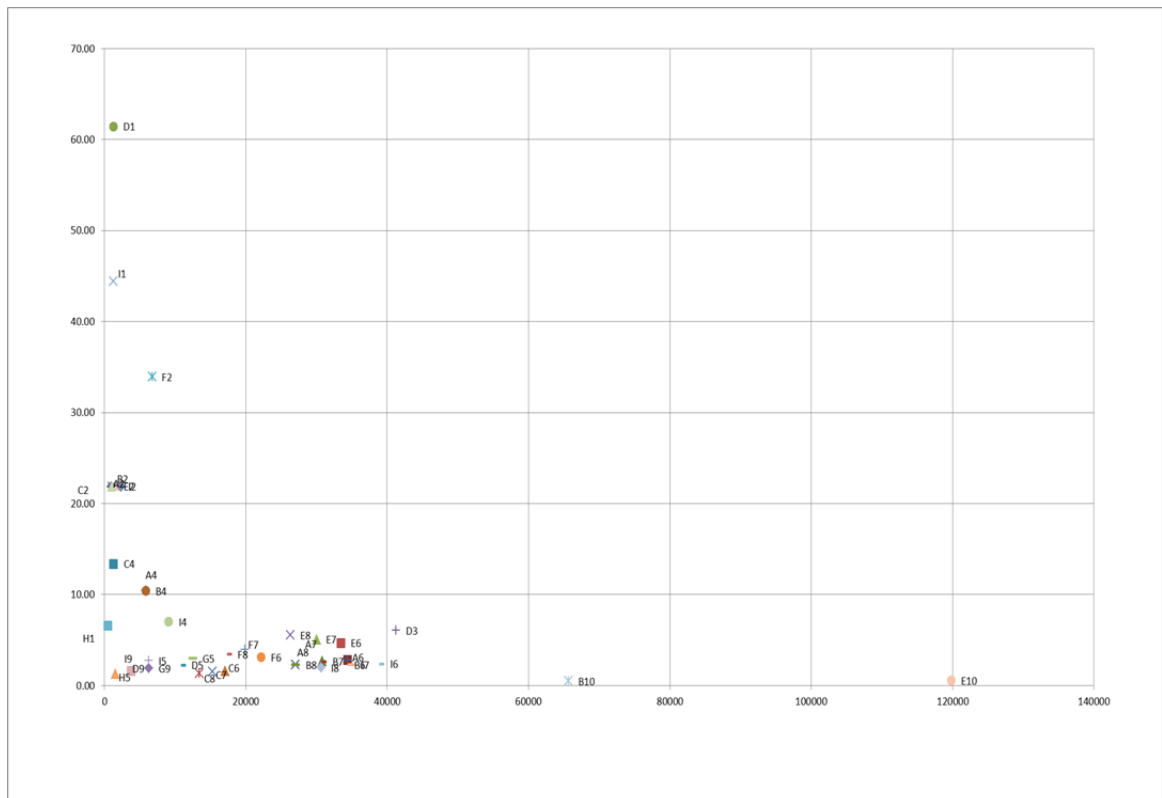


Figure 3.10. Energy Savings / Investment Amount USD for each individual EEM (kWh/year/USD).

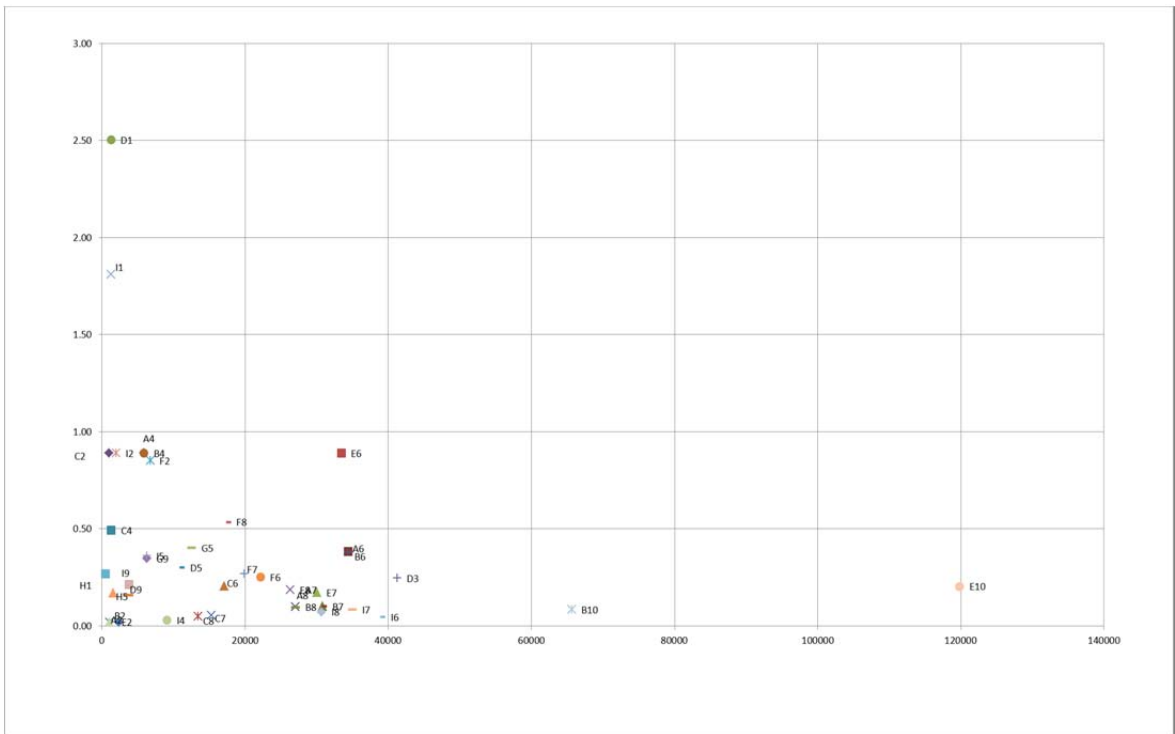


Figure 3.11. Energy Cost Savings / Investment Amount USD for each individual EEM (1/year).

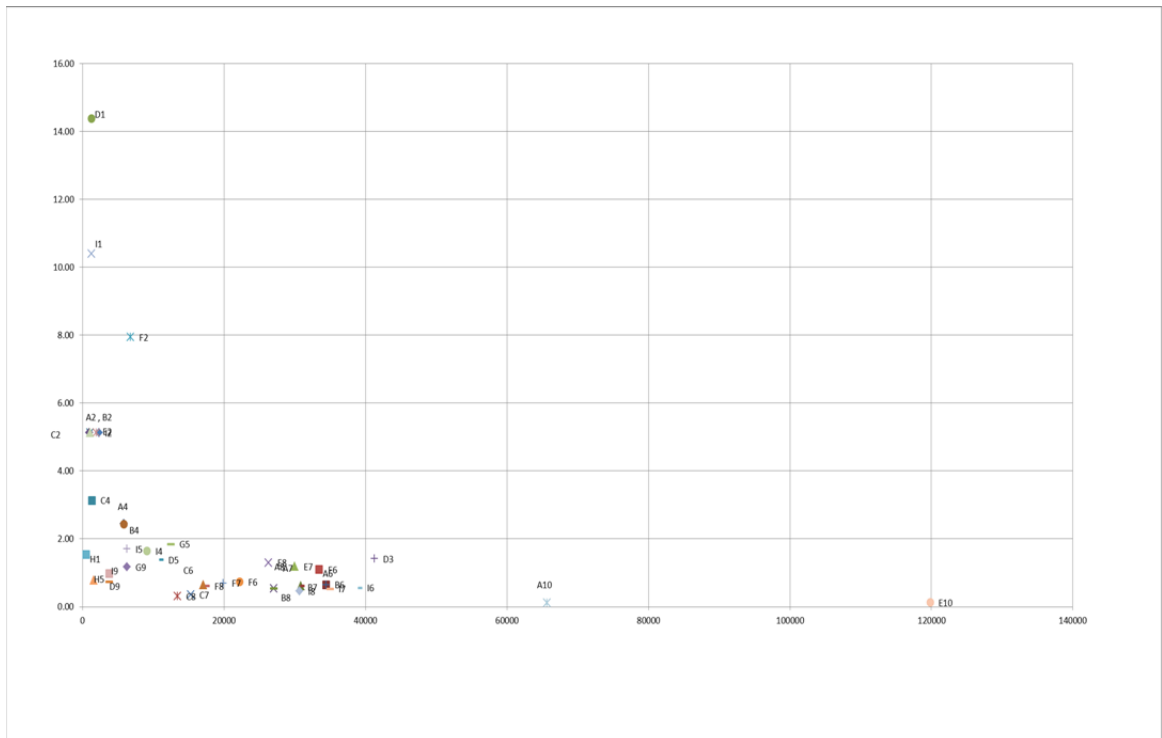


Figure 3.12. CO₂ savings / Investment Amount USD for each individual EEM (kg CO₂/year/USD).

The heuristic approach does not require an optimization software, but simple calculations as described in Table 3.2. A simple spreadsheet may be used for the heuristic process to speed the calculations or even totally get rid of the graphics. In such a case, the spreadsheet model may be built for integer or non integer results, as was the case with the MIP model.

This heuristic approach, which was used before for different problems, was chosen in this case, because it also provides the decision maker a more visual result for comparison of various EEMs at a glance. Also eliminates the possibility of getting lost between large amount of data and potential mistakes in configuring the computer aided model.

Table 3.2. Steps of Heuristic Approach.

Step no	Definition of steps
1	Energy, energy cost and CO ₂ savings per investment amount for each one of 42 individual EEMs are calculated and placed on a graph of savings per USD on the vertical axes and the realized investment
2	A budget amount is defined.
3	A vertical line is drawn along this budget value.
4	EEM with the highest value of saving per USD on the left side of the vertical line (the EEM with the highest located dot) is selected to be the first EEM to be implemented.
5	The selected EEM's investment amount is subtracted from the given budget to find out the remaining budget after the first EEM's application.
6	A new vertical line is drawn along the value calculated at step 5, the remaining budget.
7	Repeat Steps 4, 5 and 6 until no budget is left or the remaining budget is not enough to finance any additional EEMs.
Note: In case there are more than one EEM with the same savings per USD value within the left side of the	

If we were to compare the MIP model versus the heuristic approach for each budget limit, the results in Table 3.3-5 are obtained. Since MIP results are exact, the deviation of the heuristic model is considered as error in this comparison. The error is higher at lowest budgets, but decreases at higher budget limits.

Table 3.3. Comparison of MIP vs. heuristic for energy savings.

BUDGET	kWh Savings HEURIS TIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/ MIP
1000	21099	21099	-	0.00%
2000	80122	80122	-	0.00%
3000	135679	135679	-	0.00%
4000	156778	156778	-	0.00%
5000	176926	183373	6447	3.52%
6000	200369	206816	6447	3.12%
7000	217771	230259	12488	5.42%
8000	251358	306016	54658	17.86%
9000	254653	327115	72461	22.15%
10000	364868	364868	-	0.00%
11000	385967	388311	2344	0.60%
12000	409410	412562	3152	0.76%
13000	432853	436005	3152	0.72%
14000	446960	459448	12488	2.72%
15000	480547	480547	-	0.00%
16000	497949	502525	4576	0.91%
17000	523624	523624	-	0.00%
18000	541026	541026	-	0.00%
19000	544321	544321	-	0.00%
20000	544321	544321	-	0.00%
21000	546293	546293	-	0.00%
22000	546293	564526	18233	3.23%
23000	550261	584674	34412	5.89%
24000	602076	602076	-	0.00%
25000	605371	605371	-	0.00%
26000	607342	607342	-	0.00%
27000	607342	607342	-	0.00%
28000	607342	627634	20292	3.23%
29000	611311	648733	37422	5.77%
30000	662840	662840	-	0.00%
31000	666135	666135	-	0.00%
32000	668107	668107	-	0.00%
33000	668107	668107	-	0.00%
34000	672075	672075	-	0.00%
35000	672075	672075	-	0.00%
36000	674047	680040	5993	0.88%
37000	683335	691603	8268	1.20%
38000	685307	712702	27395	3.84%

Table 3.3. Comparison of MIP vs. heuristic for energy savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURIS TIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/ MIP
39000	726809	726809	-	0.00%
40000	730104	730104	-	0.00%
41000	732076	732076	-	0.00%
42000	732076	732076	-	0.00%
43000	732076	732076	-	0.00%
44000	736044	736044	-	0.00%
45000	738016	738016	-	0.00%
46000	747305	747305	-	0.00%
47000	747305	747305	-	0.00%
48000	749276	749276	-	0.00%
49000	749276	749276	-	0.00%
50000	753245	753245	-	0.00%
55000	769502	791352	21850	2.76%
60000	809418	814020	4602	0.57%
65000	817330	858616	41286	4.81%
70000	881958	895443	13485	1.51%
75000	895190	918112	22922	2.50%
80000	915415	962708	47292	4.91%
85000	986050	986050	-	0.00%
90000	999282	999282	-	0.00%
95000	1019507	1020258	751	0.07%
100000	1042318	1064026	21708	2.04%
110000	1127995	1127995	-	0.00%
120000	1163449	1163449	-	0.00%
130000	1207309	1207309	-	0.00%
140000	1242763	1242763	-	0.00%
150000	1265903	1266098	195	0.02%
160000	1286534	1289098	2564	0.20%
170000	1304354	1321257	16903	1.28%
180000	1355655	1355655	-	0.00%
190000	1373475	1373670	195	0.01%
200000	1394106	1402775	8669	0.62%
210000	1436038	1436038	-	0.00%
220000	1459178	1459373	195	0.01%
230000	1481806	1482001	195	0.01%
240000	1495657	1499821	4163	0.28%
250000	1530580	1530580	-	0.00%
260000	1556028	1556028	-	0.00%
270000	1576659	1576854	195	0.01%
280000	1592994	1594674	1680	0.11%
290000	1609928	1609928	-	0.00%
300000	1620323	1626456	6132	0.38%
310000	1620323	1630911	10587	0.65%
320000	1620323	1630911	10587	0.65%

Table 3.3. Comparison of MIP vs. heuristic for energy savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/ MIP
330000	1620323	1630911	10587	0.65%
340000	1620323	1630911	10587	0.65%
350000	1620323	1631038	10715	0.66%
360000	1620323	1647975	27652	1.68%
370000	1620323	1662823	42499	2.56%
380000	1620323	1662823	42499	2.56%
390000	1620323	1662823	42499	2.56%
400000	1620323	1662823	42499	2.56%
410000	1620323	1675765	55442	3.31%
420000	1686160	1692292	6132	0.36%
430000	1686160	1696747	10587	0.62%
440000	1686160	1696747	10587	0.62%
450000	1686160	1696747	10587	0.62%
460000	1686160	1696747	10587	0.62%
470000	1686160	1696875	10715	0.63%
480000	1686160	1713812	27652	1.61%
490000	1718072	1728659	10587	0.61%
500000	1718072	1728659	10587	0.61%
510000	1718072	1728659	10587	0.61%
520000	1718072	1728659	10587	0.61%
530000	1718072	1728659	10587	0.61%
540000	1718072	1737596	19524	1.12%
550000	1749962	1754123	4161	0.24%
560000	1749963	1760550	10587	0.60%
			mean error=	1.25%
			error below 10%=	ea 104/106 98.11%
			error below 5%=	ea 101/106 95.28%
			error below 1%=	ea 79/106 74.53%

Table 3.4. Comparison of MIP vs. heuristic for energy cost savings.

BUDGET	kWh Savings HEURIS TIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
1000	859	859	-	0.00%
2000	3263	3263	-	0.00%
3000	5526	5526	-	0.00%
4000	6385	6347	-39	0.61%
5000	7206	7469	263	3.52%
6000	8328	8423	95	1.13%
7000	9283	9378	95	1.02%
8000	10082	12464	2381	19.11%
9000	11037	13323	2286	17.16%
10000	14861	14861	-	0.00%
11000	15720	15815	95	0.60%
12000	16675	16803	128	0.76%
13000	17663	17758	95	0.54%
14000	18617	18713	95	0.51%
15000	19417	19572	155	0.79%
16000	20372	20467	95	0.47%
17000	21327	21327	-	0.00%
18000	21966	21966	-	0.00%
19000	22100	22100	-	0.00%
20000	22100	22230	130	0.58%
21000	22364	22364	-	0.00%
22000	22364	22762	398	1.75%
23000	22896	23631	736	3.11%
24000	24207	24207	-	0.00%
25000	24342	24405	63	0.26%
26000	24606	24606	-	0.00%
27000	24606	24669	63	0.26%
28000	24606	25075	469	1.87%
29000	25138	25934	796	3.07%
30000	26439	26476	37	0.14%
31000	27115	27115	-	0.00%
32000	27115	27115	-	0.00%
33000	27379	27379	-	0.00%
34000	27379	27629	250	0.90%
35000	27911	28105	194	0.69%
36000	27911	28781	870	3.02%
37000	29357	29357	-	0.00%
38000	29357	29487	130	0.44%
39000	29621	29684	63	0.21%

Table 3.4. Comparison of MIP vs. heuristic for energy cost savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
40000	29621	29955	335	1.12%
41000	30153	30815	662	2.15%
42000	30153	31023	870	2.80%
43000	31588	31588	-	0.00%
44000	31588	31662	74	0.23%
45000	31852	31926	74	0.23%
46000	31852	32250	398	1.23%
47000	32384	32457	74	0.23%
48000	32648	33254	606	1.82%
49000	33893	33893	-	0.00%
50000	33893	34023	130	0.38%
55000	34953	35351	398	1.12%
60000	37189	37189	-	0.00%
65000	37985	38142	157	0.41%
70000	39538	39538	-	0.00%
75000	40598	40996	398	0.97%
80000	41926	41926	-	0.00%
85000	42787	42787	-	0.00%
90000	42787	43934	1146	2.61%
95000	42787	45059	2272	5.04%
100000	45701	46725	1024	2.19%
110000	46298	49579	3281	6.62%
120000	51569	51967	398	0.77%
130000	52962	53488	526	0.98%
140000	55876	55876	-	0.00%
150000	56473	57922	1449	2.50%
160000	56473	60174	3701	6.15%
170000	61831	61831	-	0.00%
180000	61831	62057	225	0.36%
190000	64008	64111	103	0.16%
200000	64375	64375	-	0.00%
210000	64375	65345	970	1.48%
220000	66652	67011	359	0.54%
230000	67889	67889	-	0.00%
240000	67889	68856	967	1.40%
250000	67889	69082	1192	1.73%
260000	71400	71400	-	0.00%
270000	71400	71626	225	0.31%

Table 3.4. Comparison of MIP vs. heuristic for energy cost savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
280000	71400	72267	867	1.20%
290000	71400	73538	2138	2.91%
300000	74811	74811	-	0.00%
310000	74811	75036	225	0.30%
320000	74811	75036	225	0.30%
330000	74811	75036	225	0.30%
340000	74811	75036	225	0.30%
350000	74811	75036	225	0.30%
360000	74811	75220	409	0.54%
370000	74811	75983	1172	1.54%
380000	74811	76372	1561	2.04%
390000	74811	76372	1561	2.04%
400000	74811	76372	1561	2.04%
410000	74811	76372	1561	2.04%
420000	77229	77229	-	0.00%
430000	77229	77454	225	0.29%
440000	77229	77454	225	0.29%
450000	77229	77454	225	0.29%
460000	77229	77454	225	0.29%
470000	77229	77454	225	0.29%
480000	77229	77768	539	0.69%
490000	78400	78400	-	0.00%
500000	78400	78789	389	0.49%
510000	78400	78789	389	0.49%
520000	78400	78789	389	0.49%
530000	78400	78789	389	0.49%
540000	78400	78789	389	0.49%
550000	78400	79437	1037	1.31%
560000	79571	79571	-	0.00%
mean error=				1.23%
error below 10%=		ea 104/106		98.11%
error below 5%=		ea 103/106		97.17%
error below 1%=		ea 78/106		73.58%

Table 3.5. Comparison of MIP vs. heuristic for CO₂ savings.

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
1000	4937	4937	-	0.00%
2000	18749	18749	-	0.00%
3000	31749	31749	-	0.00%
4000	36464	36464	-	0.00%
5000	41949	42909	960	2.24%
6000	46886	48395	1509	3.12%
7000	50958	53881	2922	5.42%
8000	58818	71608	12790	17.86%
9000	59589	76545	16956	22.15%
10000	85379	85379	-	0.00%
11000	90865	90865	-	0.00%
12000	96351	96539	189	0.20%
13000	99652	102025	2374	2.33%
14000	104589	107511	2922	2.72%
15000	112448	112448	-	0.00%
16000	116520	117591	1071	0.91%
17000	122528	122528	-	0.00%
18000	126600	126600	-	0.00%
19000	127371	127371	-	0.00%
20000	127371	127371	-	0.00%
21000	127371	127371		0.00%
22000	128588	131876	3288	2.49%
23000	128588	136814	8226	6.01%
24000	131036	140886	9850	6.99%
25000	140886	141657	771	0.54%
26000	141657	141657	-	0.00%
27000	142873	141657	-1216	0.86%
28000	142873	146866	3993	2.72%
29000	142873	151804	8930	5.88%
30000	145322	155105	9783	6.31%
31000	155105	155876	771	0.49%
32000	155876	155876	-	0.00%
33000	157092	155876	-1216	0.78%
34000	157092	155876	-1216	0.78%
35000	159541	161645	2104	1.30%

Table 3.5. Comparison of MIP vs. heuristic for CO₂ savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
36000	159541	165717	6176	3.73%
37000	165717	166488	771	0.46%
38000	166488	166488	-	0.00%
39000	167705	170073	2369	1.39%
40000	167705	170844	3140	1.84%
41000	167705	174124	6419	3.69%
42000	170153	174895	4742	2.71%
43000	171370	178967	7598	4.25%
44000	178967	178967	-	0.00%
45000	178967	178967	-	0.00%
46000	180184	178967	-1216	0.68%
47000	180184	178967	-1216	0.68%
48000	182632	178967	-3665	2.05%
49000	183849	189580	5731	3.02%
50000	189580	189580	-	0.00%
55000	189580	196139	6559	3.34%
60000	194461	204549	10087	4.93%
65000	205765	211879	6113	2.89%
70000	211879	219726	7848	3.57%
75000	219726	226285	6559	2.90%
80000	224608	227056	2448	1.08%
85000	230721	238692	7971	3.34%
90000	234687	247310	12623	5.10%
95000	234687	252437	17751	7.03%
100000	234687	263050	28363	10.78%
110000	263050	277457	14407	5.19%
120000	274045	285558	11513	4.03%
130000	286774	297194	10420	3.51%
140000	293188	312371	19184	6.14%
150000	313588	319701	6113	1.91%
160000	324583	326115	1532	0.47%
170000	327332	335912	8581	2.55%
180000	338442	340794	2352	0.69%
190000	343543	347023	3480	1.00%
200000	348992	354653	5662	1.60%

Table 3.5. Comparison of MIP vs. heuristic for CO₂ savings (cont.).

BUDGET	kWh Savings HEURISTIC	kWh Savings MIP	MIP-HEU	Error (MIP-HEU)/MIP
210000	354653	361969	7316	2.02%
220000	365935	366154	219	0.06%
230000	365935	373080	7145	1.92%
240000	377045	377719	674	0.18%
250000	377045	387091	10046	2.60%
260000	388308	392200	3892	0.99%
270000	399418	399637	219	0.05%
280000	399418	402902	3484	0.86%
290000	399418	408825	9407	2.30%
300000	399418	415229	15811	3.81%
310000	421153	421372	219	0.05%
320000	421153	421372	219	0.05%
330000	421153	421372	219	0.05%
340000	421153	421372	219	0.05%
350000	421153	421372	219	0.05%
360000	421153	421372	219	0.05%
370000	421153	425871	4719	1.11%
380000	421153	429881	8728	2.03%
390000	421153	429881	8728	2.03%
400000	421153	429881	8728	2.03%
410000	421153	429881	8728	2.03%
420000	421153	430635	9482	2.20%
430000	436558	436777	219	0.05%
440000	436558	436777	219	0.05%
450000	436558	436777	219	0.05%
460000	436558	436777	219	0.05%
470000	436558	436777	219	0.05%
480000	436558	436777	219	0.05%
490000	436558	441277	4719	1.07%
500000	444026	446503	2477	0.55%
510000	444026	446503	2477	0.55%
520000	444026	446503	2477	0.55%
530000	444026	446503	2477	0.55%
540000	444026	446503	2477	0.55%
550000	444026	446503	2477	0.55%
560000	451488	451488	-	0.00%

Table 3.5. Comparison of MIP vs. heuristic for CO₂ savings (cont.).

mean error=		2.07%
error below 10%=	ea 103/106	97.17%
error below 5%=	ea 97/106	91.51%
error below 1%=	ea 56/106	52.83%

Figure 3.13-15 show the comparison of the MIP and heuristic solutions.

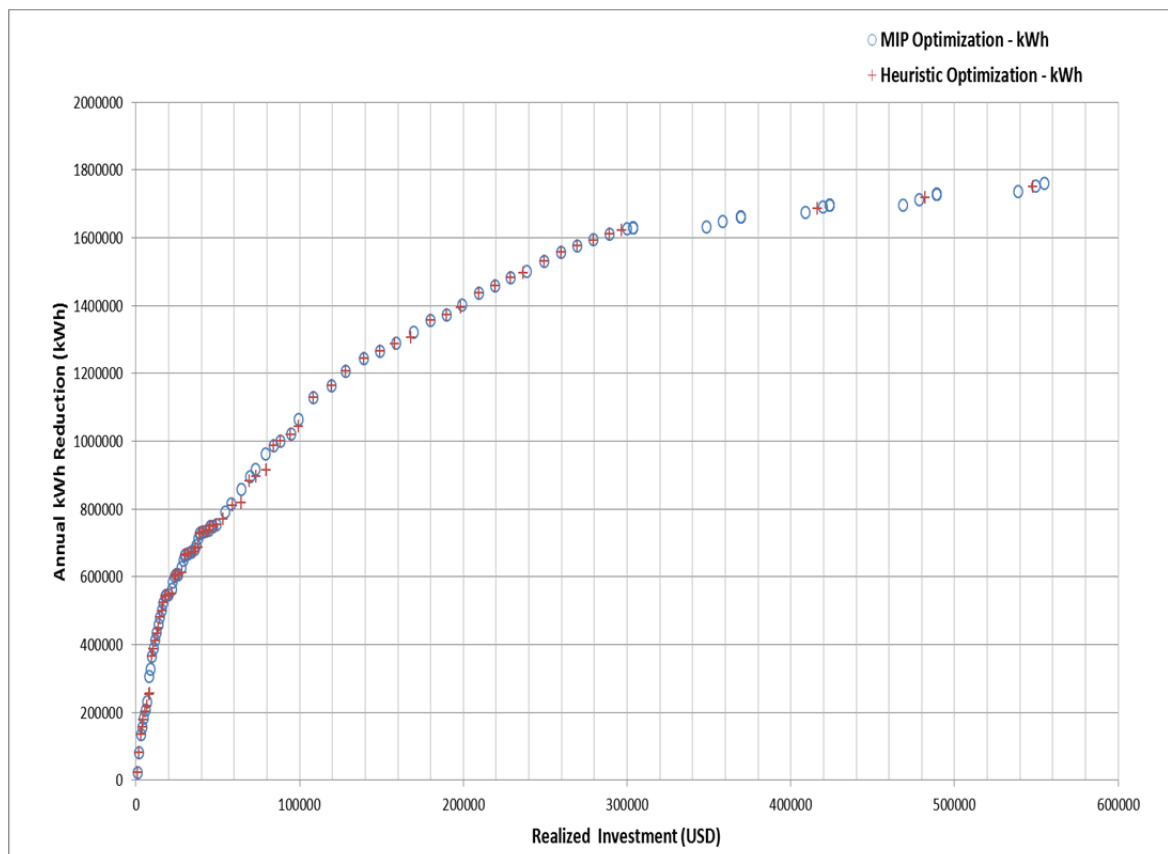


Figure 3.13. Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual kWh reduction.

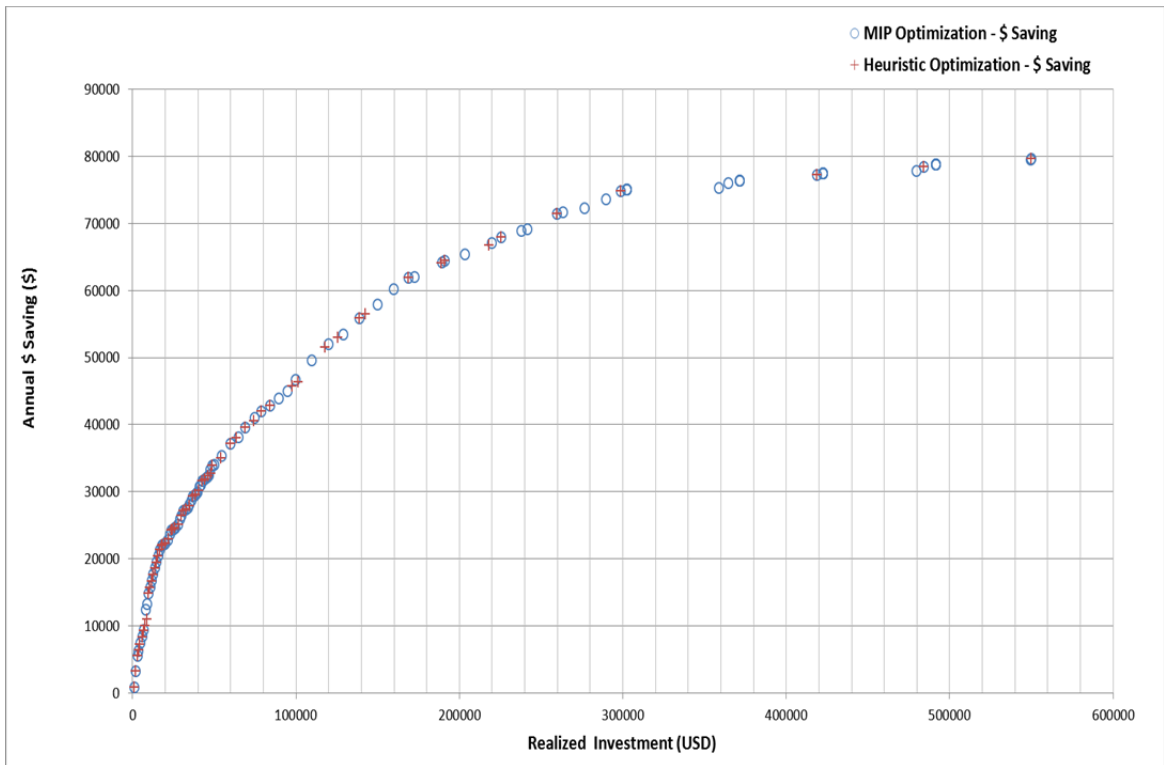


Figure 3.14. Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual USD savings.

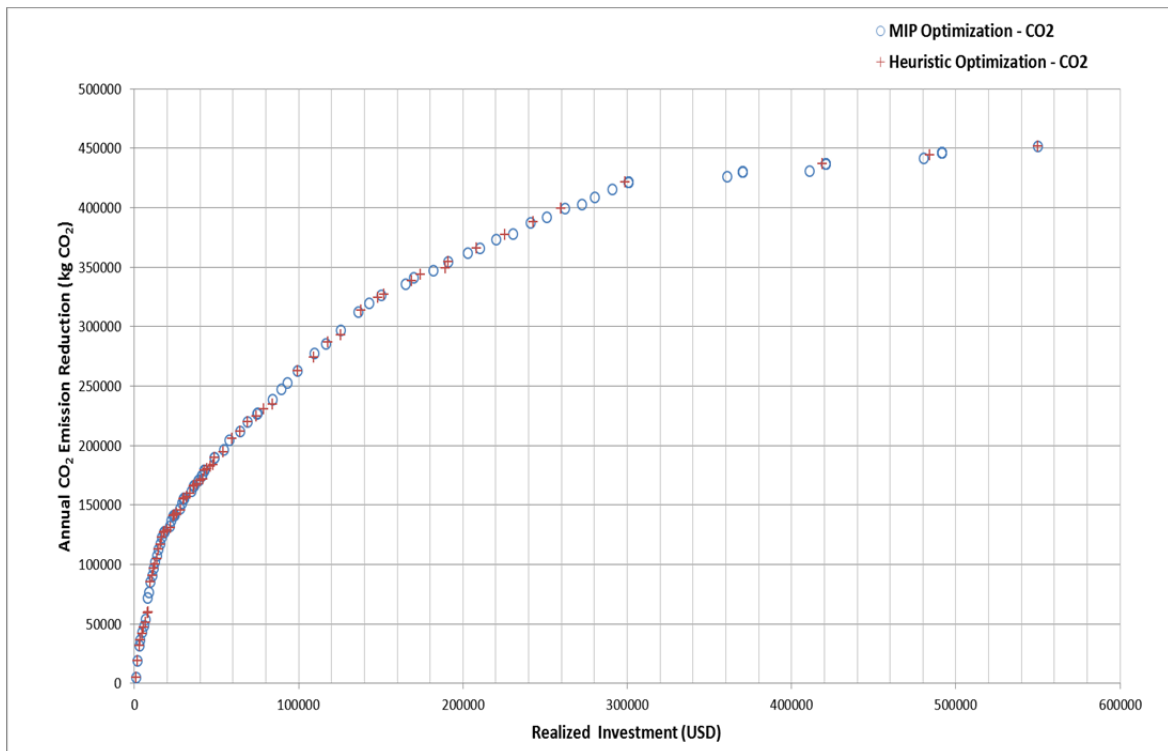


Figure 3.15. Comparison of MIP and heuristic models in terms of annual CO₂ emission reduction.

Table 3.6 summarizes the comparison results.

Table 3.6. Error percentages of heuristic optimization.

Heuristic Optimization For;	Mean Error	% of Budget Cases Where Error is below 5%
Energy savings	1%	95%
Energy cost savings	1%	97%
CO ₂ savings	2%	92%

These comparison results show that for most “energy efficiency improvement” operations, the heuristic model can be used if the error limits are acceptable by the responsible party. It is possible that the error results above acceptable limits for a specific budget amount. This study compares MIP and heuristic approaches for many different budget limits and thereby reaches the results in Table 3.6.

3.3. Comparative analysis of EEMs

Two alternative approaches are compared with energy efficiency improvements in existing buildings, to prove that retrofitting is more viable both for energy and CO₂ saving purposes.

3.3.1. New power plant investment versus retrofit

Retrofitting existing buildings is more feasible than investing in to new energy production plants, even without considering the lifecycle costs. An example is analyzed based on a Hydro Electric Power Plant (HEPP) application in Turkey and the results are compared to using the same amount of funds for retrofitting existing buildings. This example was chosen because HEPP investments are common in Turkey. In 2010, a HEPP of 50MW capacity and 144000000 kWh/year electricity production was built in Turkey for 96 million USD.

In Chapter 3, for an investment budget of 100000 USD, energy savings of one million kWh/year were achieved using MIP model for a campus consisting of seven buildings.

If the same amount of budget which was used for building a HEPP (96 million USD), was invested into energy efficiency improvements of existing buildings, the savings would reach 960 million kWh/year. This is approximately seven times more efficient than investing into a new energy plant.

Therefore retrofitting existing buildings is significantly more feasible than investing into new energy production plants, even without considering the lifecycle costs. Considering that there are approximately 18 million existing buildings in Turkey at similar conditions with BUKC, there are enough buildings to retrofit before investing into new energy plants.

3.3.2. Demolishing and reconstructing versus retrofit

Although it is obvious that retrofitting existing buildings would be substantially more cost effective than demolishing and reconstructing them, this case was analyzed for the BUKC buildings.

In Chapter 2, the CO₂ emission of the BUKC buildings was calculated as 45.4 kg CO₂/m²-year, corresponding to a D level building per BEPY. With an energy efficiency improvement investment of approximately 20000 USD, the CO₂ emission can be reduced to 40.5 kg CO₂/m²-year, increasing the energy rating of the buildings to level C, which is the minimum required by the current building code.

On the other side, demolishing the existing buildings and constructing new level C buildings of same size would require an investment of approximately 18 million USD based on the unit prices published by the Turkish Ministry of Construction.

This analysis proves that retrofitting existing buildings is more feasible than building new ones.

3.3.3. Variability of Results

The results of calculations and approaches demonstrated in this study would differ for other cases. The intent of this thesis is to suggest an approach to energy efficiency improvements for existing buildings and demonstrate this suggestion on a certain example. The results would depend on; (i) which materials and engineering/architectural systems are selected for improvement and how much they cost, (ii) the location and thereby the climate of the campus/buildings, (iii) the cost of energy and therefore the saving amounts, (iv) whether the EEMs are applied partially or totally, (v) fluctuations of energy prices, (vi) whether the life cycle analysis data and/or CO₂ saving income are embedded into savings calculations or not. Therefore, this approach needs to be applied to every case and the results of this study should not be taken for true for all cases.

4. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The following main conclusions can be achieved through this study;

Although it is obvious that investing in energy efficiency for buildings is feasible, most investors with available funds have chosen to invest in new buildings rather than existing buildings. However, building owners with limited funds remain undecided due to the uncertainty of expected return for their investments in energy efficiency improvements in existing buildings. Therefore, a decision making model is necessary, that will eliminate this uncertainty and provide the most appropriate investment options for a given budget. Such a model would involve optimization calculations in addition to engineering, architectural, economic and environmental aspects.

This study measured and analyzed seven existing buildings at BUKC and identified 42 different EEMs. For each EEM, the required investment cost and expected savings in terms of energy, energy cost and CO₂ are calculated. The number of possible combinations of retrofit option packages for BUKC existing buildings is calculated to be over four trillion (4×10^{12}). Therefore, an optimization solution is required to appropriately prioritize the retrofit options and thereby most feasibly use the funds in hand.

Two alternative approaches are used to solve the optimization problem described in this study: Mixed Integer Programming (MIP) and development of a heuristic. Both methods were useful to reach a solution. This result would allow the decision maker to feel comfortable and use the more practical heuristic, which deviates 1-2% from the more sophisticated MIP solution. Therefore, for practical use, it is recommended to utilize the heuristic approach, which is simply based on the ratio of “saving per investment”. However, more professional investors with larger budgets and critical buildings may benefit from the MIP solution, which provides the maximum possible return.

Retrofitting existing buildings is more feasible than investing into new energy production plants, even without considering the lifecycle costs. Based on a case study of a recently built hydro-electric power plant, investing into energy efficiency improvements is

approximately seven times more efficient than investing into constructing a new power plant.

As expected, retrofitting existing buildings is substantially more cost effective than demolishing and reconstructing them to achieve the same building energy certification level. This becomes more meaningful considering the large amount of existing buildings worldwide and the global trend to reduce CO₂ emissions.

APPENDIX A

ENVELOPE INSULATION IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table A.1. 1st dorm – north block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations.

1st Dorm - North

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Wall Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	357014.85	1002309192.00	0.06	20976.00	0.00	0.00	83541.47	0.00	3725.30				
4.00	295021.59	828264842.00	0.06	17333.65	3642.34	2276.46	69035.05	14506.42	3725.30	11.62	43287.99	27054.99	0.54
5.00	275225.58	772688111.00	0.06	16170.56	4805.43	3003.40	64402.79	19138.69	3725.30	13.25	49360.23	30850.14	0.62
6.00	261322.98	733656945.00	0.06	15353.73	5622.27	3513.92	61149.58	22391.90	3725.30	14.78	55042.96	34401.85	0.65

1st Dorm - South

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	355346.44	997625189.00	0.06	20877.97	0.00	0.00	83151.07	0.00	3725.30				
4.00	293398.88	823709143.00	0.06	17238.31	3639.66	2274.79	68655.34	14495.73	3725.30	11.62	43287.99	27054.99	0.54
5.00	274136.14	769629551.00	0.06	16106.55	4771.42	2982.14	64147.86	19003.21	3725.30	13.25	49360.23	30850.14	0.62
6.00	259735.08	729198965.00	0.06	15260.44	5617.54	3510.96	60778.01	22373.06	3725.30	14.78	55042.96	34401.85	0.65

1st Dorm - Apartments

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	101765.90	285704911.57	0.06	5979.14	0.00	0.00	23813.22	0.00	1850.00				
4.00	84060.07	235996283.57	0.06	4938.85	1040.29	650.18	19670.06	4143.16	1850.00	11.62	21497.00	13435.63	0.31
5.00	78480.25	220331094.57	0.06	4611.02	1368.12	855.08	18364.38	5448.84	1850.00	13.25	24512.50	15320.31	0.36
6.00	74436.87	208979415.71	0.06	4373.45	1605.69	1003.55	17418.23	6394.99	1850.00	14.78	27334.57	17084.11	0.37

27329.03

6394.99

Prep School - Block A

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	345331.92	969509705.75	0.06	20289.58	0.00	0.00	80807.67	0.00	3622.00				
4.00	199418.22	559861083.25	0.06	11716.59	8572.99	5358.12	46663.86	34143.81	3622.00	11.62	42087.64	26304.78	1.30
5.00	193283.28	542637385.75	0.06	11356.14	8933.44	5583.40	45228.29	35579.38	3622.00	13.25	47991.50	29994.69	1.19
6.00	188830.80	530137180.75	0.06	11094.54	9195.04	5746.90	44186.41	36621.26	3622.00	14.78	53516.66	33447.91	1.09

Prep School - Block B

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	291026.16	817047785.00	0.06	17098.91	0.00	0.00	68100.12	0.00	2402.00				
4.00	245451.57	689098423.00	0.06	14421.22	2677.68	1673.55	57435.67	10664.45	2402.00	11.62	27911.24	17444.53	0.61
5.00	231754.47	650644185.00	0.06	13616.47	3482.44	2176.52	54230.55	13869.57	2402.00	13.25	31826.50	19891.56	0.70
6.00	221748.10	622551570.00	0.06	13028.55	4070.35	2543.97	51889.05	16211.07	2402.00	14.78	35490.62	22181.64	0.73

2nd Dorm

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	374089.04	1050244520.00	0.06	21979.17	0.00	0.00	87536.84	0.00	4223.00				
4.00	313852.25	881131398.00	0.06	18440.03	3539.14	2211.96	73441.43	14095.41	4223.00	11.62	49071.26	30669.54	0.46
5.00	294775.20	827573110.00	0.06	17319.18	4659.99	2912.50	68977.40	18559.44	4223.00	13.25	55954.75	34971.72	0.53
6.00	281207.25	789481492.00	0.06	16522.01	5457.16	3410.73	65802.50	21734.34	4223.00	14.78	62396.70	38997.94	0.56

ALL CAMPUS BUILDINGS (excluding hotel)

XPS (cm)	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Area (m ²)	Insulation Application Cost TL/m ²	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$/
Current	1824574.31	5122441303.32	0.06	107200.77	0.00	0.00	426950.39	0.00	19547.60		0.00	0.00	
4.00	1431202.58	4018061172.82	0.06	84088.66	23112.10	14445.06	334901.40	92048.99	19547.60	11.62	227143.11	141964.45	0.65
5.00	1347654.91	3783503437.32	0.06	79179.91	28020.85	17513.03	315351.25	111599.14	19547.60	13.25	259005.70	161878.56	0.69
6.00	1287281.07	3614005568.46	0.06	75632.72	31568.05	19730.03	301223.77	125726.62	19547.60	14.78	288248.48	180515.30	0.70

Table A.1. 1st dorm – north block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	Q _{od} (W/K)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış_Duvar	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,761	0,668	1739,00	987,47
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,061	0,942	676,30	637,37
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	4.6 Alçı harçlı çap	0,02	1,2	0,017		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			1,003	0,897	470,00	234,30
TAVAN: Üzeri Açık Teraslar	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040		
	4.6 Çimento harçlı çap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polistren Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,006	0,884	410,00	407,38
TAVAN: Çatılı Kullanılan Çatı	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,026	0,974	430,00	418,93
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,170			
	4.6 Çimento harçlı çap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			0,606	1,651	795,00	656,25

Table A.1. 1st dorm – north block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A \cdot U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3950,4
$\Sigma AU = U_b A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_A A_d + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{3950,4}$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$			
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \mathbf{3.123,01 W/K}$			
$H = H_i + H_h = \dots \mathbf{7.073,41} \dots W/K$						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.1. 1st dorm – north block current insulation level (3 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.)



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	7.073,41	16,1	113.882	23.659	3.188	26.847	0,24	0.98	226.985.590
ŞUBAT		14,6	103.272		3.972	27.631	0,27	0.98	197.492.738
MART		11,7	82.759		4.631	28.290	0,34	0.95	144.849.247
NİSAN		6,2	43.855		5.252	28.911	0,66	0.78	55.221.114
MAYIS		1,0	7.073		5.805	29.464	4,17	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	34.660		4.024	27.683	0,80	0.71	38.891.947
KASIM		10,5	74.271		3.073	26.732	0,36	0.94	127.377.373
ARALIK		15,2	107.516		2.792	26.451	0,25	0.98	211.490.694
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278.10^{-3} \text{ kWh}^{-3}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 1.002.309.192$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 1.002.309.192 \text{ (kJ)} = 278.642 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$							
$A_{toplam} = 4.665,35 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 14787 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim		hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi							
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 18.84 \text{ kWh/m}^3$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84 \text{ m}^2$							
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı		Bölge için EKA.2 tablosunda							
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı		$Q' = 22,4 \times A_n + 1,0 \times V_{brüt}$							
		$Q' = 14.87 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.							
$Q > Q'$ (18.84 > 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerinden üstündür. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.2. 1st dorm – north block alternative insulation level (4 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	$A \times U$ (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				2,344	0,427	1739,00	741,77	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				1,644	0,608	676,30	411,27	
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,060				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,596	0,630	470,00	148,14
TAVAN: Üzeri Açık Teraslar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				1,590	0,629	410,00	257,90	
TAVAN: Çatılı Kullanılan Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				1,610	0,621	430,00	267,12	
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	,606	1,651	795,00	656,25

Table A.2. 1st dorm – north block alternative insulation level (4 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A.U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.035,7
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0,8 U_t A_t + 0,5 U_a A_a + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.035,7		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_i$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$		Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 6.158,71 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.2. 1st dorm – north block alternative insulation level (4 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	6.158,71	16,1	99.155	23.659	3.188	26.847	0,27	0,98	188.814.061
ŞUBAT		14,6	89.917		3.972	27.631	0,31	0,96	164.309.902
MART		11,7	72.057		4.631	28.290	0,39	0,92	119.309.519
NISAN		6,2	38.184		5.252	28.911	0,76	0,73	44.268.255
MAYIS		1,0	6.159		5.805	29.464	4,78	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	30.178		4.024	27.683	0,92	0,66	30.862.371
KASIM		10,5	64.666		3.073	26.732	0,41	0,91	104.561.682
ARALIK		15,2	93.612		2.792	26.451	0,28	0,97	176.138.562
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})]t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$ 828.264.842		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 828.264.842 \text{ (kJ)} = 230.258 \text{ kwh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum G_{i,ay} \times G_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 4.665,35 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 14787 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hesaba düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 15,57 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2.2'den $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 4,87 \text{ kWh/m}^3$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (15.57 > 4.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerini üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.3. 1st dorm – north block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/h)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,011	0,332	1739,00	677,54
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,311	0,433	676,30	292,63
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				2,253	0,444	470,00	104,31
TAVAN:Üzeri Açık Teraslar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,256	0,443	410,00	181,70
TAVAN:Çatılı Kullanılan Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,276	0,439	430,00	188,89
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,606	1,651	795,00	656,25

Table A.3. 1st dorm – north block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						2525,9
$\Sigma AU = U_b A_b + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_a A_a + \dots$ $\Sigma AU =$ 2525,9		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; H= H _t + H _v		Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K				
H = H _t + H _v = 5.648,91 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.3. 1st dorm – north block alternative insulation level (5 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.648,91	16,1	90.947	23.659	3.188	26.847	0,30	0.96	168.931.399
ŞUBAT		14,6	82.474		3.972	27.631	0,34	0.95	145.733.868
MART		11,7	66.092		4.631	28.290	0,43	0.90	105.315.674
NISAN		6,2	35.023		5.252	28.911	0,83	0.70	38.323.866
MAYIS		1,0	5.649		5.805	29.464	5,22	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	27.680		4.024	27.683	1,00	0.63	26.540.159
KASIM		10,5	59.314		3.073	26.732	0,45	0.89	92.072.648
ARALIK		15,2	85.863		2.792	26.451	0,31	0.96	156.738.841
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ 1 kJ=0,278.10 kWh ³							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$ 733.656.945		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 733.656.945$ (kj) = 203.957							kWh		
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 4.665,35$ m ²									
$V_{brüt} = 14787$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 13.79$ kWh/m ³ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2.2'de verilen $Q' = 22,4 \times A_n + 1,0$ mülünde									
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,87$ bulunur. ³									
$Q < Q'$ (13.79 < 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Table A.4. 1st dorm – north block alternative insulation level (6 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	$d(m)$	λ (W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /W)	A (m ²)	AxU (W/h)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			3,011	0,332	1739,00	577,54	
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			2,311	0,433	676,30	292,63	
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	2,263	0,444	470,00	104,31
TAVAN:Üzeri Açık Teraslar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			2,256	0,443	410,00	181,70	
TAVAN:Çatılı Kullanılan Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3492)	0,01	0,17	0,059			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			2,276	0,439	430,00	188,89	
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	,606	1,651	795,00	656,25

Table A.4. 1st dorm – north block alternative insulation level (6 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						2525,9
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_K A_K + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_A A_A + U_G A_G + \dots$ $\Sigma AU =$ 2525,9		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K				
Özgül ısı kaybı ; H= H _r + H _v		$H = H_i + H_h = \dots$ 5.648,91 ... W/K				

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.4. 1st dorm – north block alternative insulation level (6 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.648,91	16,1	90.947	23.659	3.188	26.847	0,30	0,96	168.931.399
ŞUBAT		14,6	82.474		3.972	27.631	0,34	0,95	145.733.868
MART		11,7	66.092		4.631	28.290	0,43	0,90	105.315.674
NISAN		6,2	35.023		5.252	28.911	0,83	0,70	38.323.866
MAYIS		1,0	5.649		5.805	29.464	5,22	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	27.680		4.024	27.683	1,00	0,63	26.540.159
KASIM		10,5	59.314		3.073	26.732	0,45	0,89	92.072.648
ARALIK		15,2	85.863		2.792	26.451	0,31	0,96	156.738.841
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ 1 kJ=0,278.10 KWh ⁻³							$Q_{ay} = \sum Q_{ay}$	733.656.945	
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 733.656.945$ (kj) = 203.957 kWh									
İç Isı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times G_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 4.665,35$ m ²									
$V_{brüt} = 14787$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesaba düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 13,79$ kWh/m ³ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2 tablosunda $Q' = 22,4$ kWh/m ³ bulunur. ³									
yenne konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,87$ bulunur. ³									
Q < Q' (13,79 < 14,87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Table A.5. 1st dorm – south block current insulation level (3 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,761	0,668	1739,00	987,47
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,061	0,942	676,30	637,37
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			1,003	0,897	470,00	234,30
TAVAN: Üzeri Açık Teras_Cati	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polistren Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,006	0,894	410,00	407,38
TAVAN: Çatılı Kullanılan Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,069		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,026	0,974	430,00	418,93
TABAN: Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			0,606	1,651	795,00	656,25

Table A.5. 1st dorm – south block current insulation level (3 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.950,4
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_A A_A + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{3.950,4}$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_I$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$		Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \mathbf{3.123,01/WK}$				
$H = H_i + H_h = \dots \mathbf{7.073,41} \dots WK$						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.5. 1st dorm – south block current insulation level (3 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	7.073,41	16,1	113.882	23.659	3.519	27.178	0,24	0.98	226.145.004
ŞUBAT		14,6	103.272		4.309	27.968	0,27	0.98	196.636.860
MART		11,7	82.759		4.882	28.541	0,34	0.95	144.231.314
NISAN		6,2	43.855		5.424	29.083	0,66	0.78	54.873.267
MAYIS		1,0	7.073		5.898	29.557	4,18	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	34.660		4.326	27.985	0,81	0.71	38.336.222
KASIM		10,5	74.271		3.360	27.019	0,36	0.94	126.678.311
ARALIK		15,2	107.516		3.094	26.753	0,25	0.98	210.723.721
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 997.625.189$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 997.625.189 \text{ (kJ)} = 277.340 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 4.665,35 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 14787 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim Q_{ay} başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 18.76 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,87 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
$Q > Q'$ (18.76 > 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.6. 1st dorm – south block alternative insulation level (4 cm XPS) TS

825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	Q _d (kW)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				2,344	0,427	1739,00
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				1,644	0,608	676,30
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM				1,596	0,630	470,00
TAVAN:Üzeri Açık Teras_Cati	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				1,590	0,629	410,00
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan.1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				1,610	0,621	430,00
TABAN:Toprak Temaslı Taban.1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM				1,606	1,651	795,00
TOPLAM				0,5 x A x U		656,25

Table A.6. 1st dorm – south block alternative insulation level (4 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.035,7
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_f A_f + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.035,7 Özgül ısı kaybı ; H= H _t + H _v			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_t = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K			
H = H _t + H _v = 6.158,71 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.6. 1st dorm – south block alternative insulation level (4 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı		
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam					
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)	η_{ay} (-)
OCAK	6.158,71	16,1	99.155	23.659	3.519	27.178	0,27	0.98	187.973.476		
ŞUBAT		14,6	89.917		4.309	27.968	0,31	0.96	163.471.390		
MART		11,7	72.057		4.882	28.541	0,40	0.92	118.711.026		
NISAN		6,2	38.184		5.424	29.083	0,76	0.73	43.942.959		
MAYIS		1,0	6.159		5.898	29.557	4,80	0.00	0		
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0		
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0		
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0		
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0		
EKİM		4,9	30.178		4.326	27.985	0,93	0.66	30.345.786		
KASIM		10,5	64.666		3.360	27.019	0,42	0.91	103.884.651		
ARALIK		15,2	93.612		3.094	26.753	0,29	0.97	175.379.365		
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$	823.709.143		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 823.709.143$	(kJ) =	228.991	kwh	
İç ısı Kazancı							$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)				
Güneş enerjisi kazancı							$\phi_{g,ay} = \sum G_{i,ay} \times G_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$				
Kazanç kayıp oranı							$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e)$				
Kazanç kullanım faktörü							$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$				
$A_{toplam} =$							4.665,35	m^2			
$V_{brüt} =$							14787	m^3			
Hesaplama yapılan binadaki birim hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi											
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$							15.49	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	4.731,84	m^2
$A_{top} / V_{brüt} =$							0,32	oranı	Bölge için EK A.2.2'de	22,4x AA + 1,0	mülünde
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı							$Q' =$	4,67	kWh/m^3	bulunur.	³
<p>$Q > Q'$ (15.49> 4.67) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.</p>											

Table A.7. 1st dorm – south block alternative insulation level (5 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	Q _o (W/K)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM				2,678	0,373	1739,00	649,43
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM				1,978	0,506	676,30	341,96
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,000			
TOPLAM				1,920	0,521	470,00	122,42
TAVAN: Üzeri Açık Teras_Cati	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM				1,923	0,520	410,00	213,20
TAVAN: Çatılı Kullanılan Tavan.1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3432)	0,01	0,17	0,059			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040				
TOPLAM				1,943	0,516	430,00	221,30
TABAN: Toprak Temaslı Taban.1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,000			
TOPLAM				,606	1,651	795,00	656,25

Table A.7. 1st dorm – south block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A _s U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						2740,5
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_{At} + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{2740,5}$ Özgül ısı kaybı ; $H = H_t + H_v$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_t = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \mathbf{3.123,01/WK}$				
$H = H_t + H_h = \dots \mathbf{5.863,51} \dots WK$						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.7. 1st dorm – south block alternative insulation level (5 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.863,51	16,1	94.403	23.659	3.519	27.178	0,29	0.97	176.358.672
ŞUBAT		14,6	85.607		4.309	27.968	0,33	0.95	153.025.060
MART		11,7	68.603		4.882	28.541	0,42	0.91	110.498.430
NISAN		6,2	36.354		5.424	29.083	0,80	0.71	40.706.484
MAYIS		1,0	5.864		5.898	29.557	5,04	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	28.731		4.326	27.985	0,97	0.64	28.047.252
KASIM		10,5	61.567		3.360	27.019	0,44	0.90	96.550.847
ARALIK		15,2	89.125		3.094	26.753	0,30	0.96	164.442.317
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 769.629.551$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 769.629.551$ (kJ) = 213.957 kWh									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times G_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 4.665,35$ m ²									
$V_{brüt} = 14787$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesap hesaba düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 14.47$ kWh/m ³									
$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2'den alınan $Q' = 22,4$ kWh/m ³									
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,87$ kWh/m ³ bulunur.									
$Q < Q'$ (14.47 < 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerini almaktadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Table A.8. 1st dorm – south block alternative insulation level (6 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000		
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			3,011	0,332	1739,00	577,54
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,311	0,433	676,30	292,63
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	2,263	0,444	470,00	104,31
TAVAN: Üzeri Açık Teras_Cati	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000		
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,296	0,443	410,00	181,70
TAVAN: Çatılı Kullanılan Tavan1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,276	0,439	430,00	188,89
TABAN: Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	,606	1,651	795,00	856,25

Table A.8. 1st dorm – south block alternative insulation level (6 cm XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı $A \cdot U$ (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					2.525,9	
$\Sigma AU = U_b A_b + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 2.525,9 Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_i$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K			
$H = H_i + H_h = \dots$ 5.648,91 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.8. 1st dorm – south block alternative insulation level (6 cm XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/m ²)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.648,91	16,1	90.947	23.659	3.519	27.178	0,30	0.96	168.107.662
ŞUBAT		14,6	82.474		4.309	27.968	0,34	0.95	144.903.909
MART		11,7	66.092		4.882	28.541	0,43	0.90	104.730.141
NISAN		6,2	35.023		5.424	29.083	0,83	0.70	38.011.789
MAYIS		1,0	5.649		5.898	29.557	5,23	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	27.680		4.326	27.985	1,01	0.63	26.046.902
KASIM		10,5	59.314		3.360	27.019	0,46	0.89	91.410.651
ARALIK		15,2	85.863		3.094	26.753	0,31	0.96	155.987.421
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] t(J)$ 1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³							$Q_{ay} = \sum Q_{ay}$	729.198.965	
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 729.198.965$ (kJ) =							202.717	kwh	
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 4.665,35$ m ²									
$V_{brüt} = 14787$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesaba düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 13.71$ kWh/m ³ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,32$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \times A_n / V_{brüt}$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 13,71$ kWh/m ³ bulunur. ³									
$Q < Q'$ (13.71 < 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Table A.9. Prep school – block a current insulation level (0 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış Duvarlar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düzey	0,2	0,96	0,208		
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,416	2,402	1501,00	3605,75
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,311	3,215	620,00	1993,11
TAVAN:Çatılı Cati	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080		
TOPLAM		0,8 x A x U	,316	3,160	1501,00	3795,01
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)		0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	,296	5,882	1554,00	4570,59
Dış Pencere1				5,68	389	2209,52
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					16.255,6	
$\Sigma AU = U_{bA_b} + U_{pA_p} + U_{kA_k} + 0.8 U_{tA_t} + 0.5 U_{iA_i} + U_{dA_d} + \dots$ $\Sigma AU =$ 16.255,6			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$			
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + Hv$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $Hv = 0,33 \cdot nh \cdot Vh =$ 4.839,01W/K			
$H = Hi + Hh = \dots$ 21.094,6 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.9. Prep school – block a current insulation level (0 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_v$ (W/m ²)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK		17,1	360.718		10.051	46.710	0,13	1.00	813.907.780
ŞUBAT		15,6	329.076		12.617	49.276	0,15	1.00	725.240.864
MART		12,7	267.902		15.103	51.762	0,19	0.99	561.574.807
NISAN		7,2	151.881		17.140	53.799	0,35	0.94	262.595.499
MAYIS		2,0	42.189		19.599	56.258	1,33	0.53	32.069.313
HAZİRAN	21.094,61	0,0	0	36.659	20.578	57.237	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		20.049	56.708	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		18.780	55.439	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	2.109		15.870	52.529	24,90	0.00	0
EKİM		5,9	124.458		12.802	49.461	0,40	0.92	204.648.506
KASIM		11,5	242.588		9.628	46.287	0,19	0.99	510.011.549
ARALIK		16,2	341.733		8.781	45.440	0,13	1.00	767.990.113
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ 1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ⁻³							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$ 3.878.038.823		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 3.878.038.823$ (kJ) = 1.078.095 kWh									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 5.580$ m ²									
$V_{brüt} = 22912$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim h_{ay} h_{ay} na düzen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$ 47.05 kWh/m ³ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7.331,84$ m ²									
$A_{top} / M_{brüt} = 0,24$ oranı bölge için EK A.2'de belirtilen $Q' = 22,4 \times A_n / V_{brüt}$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 22,4 \times 7.331,84 / 22912$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (47.05 > 13.26) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.10. Prep school – block a alternative insulation level (4 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² /KW)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² /KW)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A _s U (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış Duvarlar	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,760	0,572	1501,00	857,90	
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,644	0,608	620,00	377,04	
TAVAN:Çatılı Cati	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,069				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,060				
TOPLAM				0,8 x A x U	1,650	0,606	1501,00	727,87
TABAN:Toprak Temaslı Düşeme	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,060				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,286	5,882	1554,00	4570,59
Dış Pencere1					5,68	389	2209,52	
Dış Kapı1					5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						8.825,6		
ΣAU = U _b A _b + U _p A _p + U _k .A _k + 0.8 U _t .A _t + 0.5 U _A .A _t + U _d A _d +....				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; H _T = ΣAU + I.U				
ΣAU = 8.825,6				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H _v = 0,33 . n _h . V _h = 4.839,01 W/K				
Özgül ısı kaybı ; H = H _T + H _v				H = H _T + H _v = 13.664,6 W/K				

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.10. Prep school – block a alternative insulation level (4 cm xps) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	13.664,61	17,1	233.665	36.659	10.051	46.710	0,20	0,99	485.797.127
ŞUBAT		15,6	213.168		12.617	49.276	0,23	0,99	426.084.665
MART		12,7	173.541		15.103	51.762	0,30	0,96	321.016.211
NİSAN		7,2	98.385		17.140	53.799	0,55	0,84	137.878.568
MAYIS		2,0	27.329		19.599	56.258	2,06	0,38	15.425.303
HAZİRAN		0,0	0		20.578	57.237	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		20.049	56.708	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		18.780	55.439	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,1	1.366		15.870	52.529	38,44	0,00	0
EKİM		5,9	80.621		12.802	49.461	0,61	0,81	105.125.297
KASIM		11,5	157.143		9.628	46.287	0,29	0,97	290.937.524
ARALIK		16,2	221.367		8.781	45.440	0,21	0,99	457.179.246
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 2.239.444.333$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 2.239.444.333$ (kJ) = 622.566 kWh									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times G_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 5.580$ m ²									
$V_{brüt} = 22912$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 27,17$ kWh/m ³									
$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7.331,84$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,24$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4$ kWh/m ³ mülünde yerine konduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 22,4$ kWh/m ³ bulunur.									
$Q > Q'$ (27,17 > 13,26) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.11. Prep school – block a alternative insulation level (5 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	$A \times U$ (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dis Duvarlar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				2,083	0,480	1501,00	720,61	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,978	0,506	620,00	313,49	
TAVAN: Çatılı Catli	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
TOPLAM				0,8 x A x U	1,983	0,504	1501,00	605,52
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,286	5,882	1554,00	4570,59
Dış Pencere1					5,68	389	2209,52	
Dış Kapı1					5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						8.501,7		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_A t + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 8.501,7				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 4.839,01 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 13.340,7 W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.11. Prep school – block a alternative insulation level (5 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK		17,1	228.126		10.051	46.710	0,20	0,99	471.440.842
ŞUBAT		15,6	208.115		12.617	49.276	0,24	0,98	414.264.783
MART		12,7	169.427		15.103	51.762	0,31	0,96	310.353.942
NISAN		7,2	96.053		17.140	53.799	0,56	0,83	133.228.313
MAYIS		2,0	26.681		19.599	56.258	2,11	0,38	13.746.205
HAZİRAN	13.340,71	0,0	0	36.659	20.578	57.237	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		20.049	56.708	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		18.780	55.439	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,1	1.334		15.870	52.529	39,38	0,00	0
EKİM		5,9	78.710		12.802	49.461	0,63	0,80	101.453.962
KASIM		11,5	153.418		9.628	46.287	0,30	0,96	282.482.549
ARALIK		16,2	216.120		8.781	45.440	0,21	0,99	443.578.556
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] t(J)$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$		2.170.549.543
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 2.170.549.543$ (kJ) =							603.413		kwh
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 5.580$ m^2									
$V_{brüt} = 22912$ m^3									
Hesaplama yapılan binadaki birim hava $hava$ na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 26.34$ kWh/m^3							$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7.331,84$ m^2		
$A_{top} / A_{brüt} = 0,24$ oranı bölge için EK A.2.2'de verilen $Q' = 22,4 \times AV + 7,6 \times A_n$ mülünde									
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 14,26$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (26.34 > 13.26) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.12. Prep school – block a alternative insulation level (6 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı $d(m)$	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı $A \times U$ (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış Duvarlar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düzey	0,2	0,96	0,208				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000				
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM					2,416	0,414	1501,00	621,20
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM					2,311	0,433	620,00	268,27
TAVAN: Çatılı Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)				0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	2,316	0,432	1501,00	518,39
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,038				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	,286	5,882	1554,00	4570,59
Dış Pencere1					5,68	389	2209,52	
Dış Kapı1					5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						8.271		
$\Sigma AU = U_b A_b + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_r A_r + 0.5 U_{At} + U_{Ad} + \dots$ $\Sigma AU =$ 8.271				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 4.839,01 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 13.110,0 W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.12. Prep school – block a alternative insulation level (6 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	4.476,62	17,1	76.550	7.546	14.583	22.129	0,29	0,97	142.781.621
ŞUBAT		15,6	69.835		18.091	25.637	0,37	0,93	119.214.561
MART		12,7	56.853		21.033	26.579	0,50	0,86	83.658.029
NISAN		7,2	32.232		23.683	31.229	0,97	0,64	31.739.983
MAYIS		2,0	8.953		26.294	33.840	3,78	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		27.443	34.989	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		26.799	34.345	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		25.424	32.970	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,1	448		22.095	29.641	66,21	0,00	0
EKİM		5,9	26.412		18.274	25.820	0,98	0,64	25.628.550
KASIM		11,5	51.481		13.983	21.529	0,42	0,91	82.659.217
ARALIK		16,2	72.521		12.781	20.327	0,28	0,97	136.869.119
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 622.551.570$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 622.551.570 \text{ (kJ)} = 173.069 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplaml} = 4.137 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4716 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesap <i>hesap</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 36.70 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.509,12 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,88$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \times A_n + 1,0$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 77,45$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (36.70 > 27.45) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.13. Prep school – block B Current insulation level (3 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Diş Havaya Açık Diş Duvar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,1	0,96	0,104			
	10.3.1.1.6 Polistiren - Parçiküler Köpük - TS	0,015	0,04	0,375			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,002	0,38	0,005			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,040				
TOPLAM			1,625	0,615	584,00	359,33	
DUVAR:Diş Havaya Açık Kolon Kiriş	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,040			
TOPLAM			1,061	0,342	850,00	612,59	
TAVAN:Çatılı Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,080			
TOPLAM			1,066	0,338	1168,00	876,21	
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,038			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	2,86	1,651	1168,00	964,15
Diş Pencere1				2,8	552	1545,6	
Diş Kapı1				5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					4.440,2		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_{t,AT} + 0.5 U_{t,At} + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 4.440,2			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_t = \Sigma AU + I U_i$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_t + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 996,02 W/K				
$H = H_t + H_h = \dots$ 5.436,22 W/K							

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.13. Prep school – block B Current insulation level (3 cm xps) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.436,22	17,1	92.959	7.546	14.583	22.129	0,24	0.98	184.740.554
ŞUBAT		15,6	84.805		18.091	25.637	0,30	0.96	156.022.672
MART		12,7	69.040		21.033	28.579	0,41	0.91	111.542.816
NISAN		7,2	39.141		23.683	31.229	0,80	0.71	43.982.311
MAYIS		2,0	10.872		26.294	33.840	3,11	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		27.443	34.989	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		26.799	34.345	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		25.424	32.970	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	544		22.095	29.641	54,52	0.00	0
EKİM		5,9	32.074		18.274	25.820	0,81	0.71	35.618.740
KASIM		11,5	62.517		13.983	21.529	0,34	0.95	109.030.743
ARALIK		16,2	88.067		12.781	20.327	0,23	0.99	176.109.459
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 817.047.785$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 817.047.785$ (kJ) = 227.139 kWh									
İç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 4.137$ m ²									
$V_{brüt} = 4716$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesap <i>hesap</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 48.16$ kWh/m ³									
$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.509,12$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,88$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \times AV + 1,0$ mülünde									
yerine konduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 17,45$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (48.16 > 17.45) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.14. Prep School– block B alternative insulation Level (4 CM XPS) TS 825 software annual heatin energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)
DUVAR:Diş Havaya Açık Diş Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,1	0,96	0,104		
	10.3.1.1.6 Polistiren - Partiküler köpük - TS	0,015	0,04	0,375		
	7.1.2.6 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,002	0,38	0,005		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (diş)			0,040		
TOPLAM			2,208	0,453	684,00	264,42
DUVAR:Diş Havaya Açık Kolon Kirş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (diş)			0,040		
TOPLAM			1,644	0,608	660,00	395,28
TAVAN:Çatılı Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (diş)			0,080		
TOPLAM			1,650	0,606	1168,00	566,39
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (diş)			0,000		
TOPLAM			0,5 x A x U	1,651	1168,00	964,15
Diş Pencere1				2,8	552	1545,6
Diş Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					3.818,3	
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_A A_A + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.818,3			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 996,02 W/K			
$H = H_T + H_h = \dots$ 4.814,32 W/K						

*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.14. Prep School– block B alternative insulation Level (4 CM XPS) TS 825 software annual heatin energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	4.814,32	17,1	82.325	7.546	14.583	22.129	0,27	0.98	157.175.956
ŞUBAT		15,6	75.103		18.091	25.637	0,34	0.95	131.540.350
MART		12,7	61.142		21.033	28.579	0,47	0.88	93.292.985
NISAN		7,2	34.663		23.683	31.229	0,90	0.67	35.613.831
MAYIS		2,0	9.629		26.294	33.840	3,51	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		27.443	34.989	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		26.799	34.345	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		25.424	32.970	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	481		22.095	29.641	61,57	0.00	0
EKİM		5,9	28.404		18.274	25.820	0,91	0.67	28.785.166
KASIM		11,5	55.365		13.983	21.529	0,39	0.92	92.167.321
ARALIK		16,2	77.992		12.781	20.327	0,26	0.98	150.522.323
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 689.098.423$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 689.098.423$ (kJ) = 191.569 kWh									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 4.137$		m^2							
$V_{brüt} = 4716$		m^3							
Hesaplama yapılan binadaki birim hava <i>hava</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 40.62$		kWh/m^3		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.509,12$		m^2			
$A_{top} / V_{brüt} = 0,88$		oranı		Bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \times AV + 1,0$		mülünde			
		yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı		$Q' = 17,45$		bulunur.			
$Q > Q'$ (40.62 > 27.45) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.15. Prep School-block B alternative insulation level (5 CM XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış Duvar	1/α _s Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,1	0,96	0,104				
	10.3.1.1.6 Polistiren - Parçiküler Köpük - TS	0,015	0,04	0,375				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,002	0,38	0,005				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				2,542	0,393	584,00	229,75	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon Kiriş	1/α _s Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,978	0,506	650,00	328,66	
TAVAN: Çatılı Çatı	1/α _s Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
TOPLAM				1,983	0,504	1168,00	471,19	
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	1/α _s Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,288	1,651	1168,00	964,15
Dış Pencere1					2,8	552	1545,6	
Dış Kapı1					5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3621,6		
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_A A_t + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3621,6				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 996,02 W/K				
$H = H_T + H_h = \dots$ 4.617,62 W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.15. Prep School-block B alternative insulation level (5 CM XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	4.617,62	17,1	78.961	7.546	14.583	22.129	0,28	0,97	149.031.192
ŞUBAT		15,6	72.035		18.091	25.637	0,36	0,94	124.251.335
MART		12,7	58.644		21.033	28.579	0,49	0,87	87.558.729
NISAN		7,2	33.247		23.683	31.229	0,94	0,65	33.561.900
MAYIS		2,0	9.235		26.294	33.840	3,66	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		27.443	34.989	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		26.799	34.345	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		25.424	32.970	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,1	462		22.095	29.641	64,19	0,00	0
EKİM		5,9	27.244		18.274	25.820	0,95	0,65	27.115.581
KASIM		11,5	53.103		13.983	21.529	0,41	0,91	86.862.145
ARALIK		16,2	74.805		12.781	20.327	0,27	0,98	142.262.812
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yil} = \sum Q_{ay} =$	650.644.185
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 650.644.185$ (kJ) =							180.879	kwh	
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$							
A_{toplam}	=	4.137	m^2						
$V_{brüt}$	=	4716	m^3						
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt}$	=	38.35	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	1.509,12	m^2			
$A_{top} / V_{brüt} =$	0,88	oranı	Bölge için EK A.2.2'den alınan $Q' =$		22,4x $AV + 1,0$	mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' =$ kWh/m^3 bulunur. ³			
$Q > Q'$ (38.35 > 27.45) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.16. Prep School-block B alternative insulation level (6 CM XPS) TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,1	0,96	0,104			
	10.3.1.1.6 Polistiren - Parçıklar Köpük - TS	0,015	0,04	0,375			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,002	0,38	0,005			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM			2,875	0,348	584,00	203,11	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM			2,311	0,433	660,00	281,25	
TAVAN: Çatılı Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,080			
TOPLAM			0,8 x A x U	2,316	0,432	1168,00	403,38
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	,286	1,651	1168,00	964,15
Dış Pencere1				2,8	552	1545,6	
Dış Kapı1				5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					3.480,6		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_A A_t + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.480,6			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 996,02 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 4.476,62 W/K							

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.16. Prep School-block B alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_1 + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	4.476,62	17,1	76.550	7.546	14.583	22.129	0,29	0,97	142.761.621
ŞUBAT		15,6	69.835		18.091	25.637	0,37	0,93	119.214.561
MART		12,7	56.853		21.033	28.579	0,50	0,86	83.658.029
NISAN		7,2	32.232		23.683	31.229	0,97	0,64	31.739.983
MAYIS		2,0	8.953		26.294	33.840	3,78	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		27.443	34.989	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		26.799	34.345	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		25.424	32.970	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,1	448		22.095	29.641	66,21	0,00	0
EKİM		5,9	26.412		18.274	25.820	0,98	0,64	25.628.550
KASIM		11,5	51.481		13.983	21.529	0,42	0,91	82.659.217
ARALIK		16,2	72.521		12.781	20.327	0,28	0,97	136.869.119
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ 1 kJ=0,278.10 kWh ⁻³							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$	622.551.570	
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 622.551.570$ (kJ) =							173.069	kwh	
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 4.137$ m ²									
$V_{brüt} = 4716$ m ³									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesap <i>hesap</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 36.70$ kWh/m ³ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.509,12$ m ²									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,88$ oranı Bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \times A_n + 1,0$ mülünde									
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 45$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (36.70 > 27.45) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.17. 2nd dorm current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,061	0,942	900,00	848,20
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış Duvar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,09	0,96	0,094		
	10.3.1.1.6 Polistren - Parçiküler Köpük - TS	0,035	0,04	0,875		
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,19	0,96	0,198		
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,01	0,38	0,026		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,005	0,38	0,013		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,006		
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			2,132	0,469	1985,00	930,88
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	1,003	1,024	536,00	274,40
TAVAN:Çatılı Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM		0,8 x A x U	1,066	0,938	802,00	601,64
TABAN:Toprak Temaslı Düşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM		0,5 x A x U	,606	1,651	805,00	664,50

Table A.17. 2nd dorm current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				2,8	559	1565,2
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					5241,7	
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_{At} + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 5241,7			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 2772 W/K			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$			$H = H_i + H_h =$ 8013,7 W/K			

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir..

Table A.17. 2nd dorm current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculation (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	8.013,70	16,1	129.021	21.000	14.640	35.640	0,28	0.97	244.813.804
ŞUBAT		14,6	117.000		18.246	39.246	0,34	0.95	206.624.701
MART		11,7	93.760		21.461	42.461	0,45	0.89	145.074.214
NISAN		6,2	49.685		24.242	45.242	0,91	0.67	50.214.401
MAYIS		1,0	8.014		27.241	48.241	6,02	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		28.501	49.501	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		27.806	48.806	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		26.241	47.241	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		22.547	43.547	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	39.267		18.463	39.463	1,00	0.63	37.338.875
KASIM		10,5	84.144		14.032	35.032	0,42	0.91	135.470.232
ARALIK		15,2	121.808		12.815	33.815	0,28	0.97	230.707.803
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$		$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 1.050.244.520$
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 1.050.244.520 \text{ (kJ)} = 291.968 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$							
$A_{toplam} = 5.602 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 13125 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 22,25 \text{ kWh/m}^3$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.200 \text{ m}^2$							
$A_{top} / V_{brüt} = 0,43$ oranı		bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ mülünde							
		yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 22,4 \times 13125 = 293.700 \text{ kWh}$ bulunur.							
$Q > Q'$ ($22,25 > 17,36$) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.18. 2nd Dorm alternative insulation level (4 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı $d(m)$	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m^2K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m^2)	Isı Kaybı $A \times U$ (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				1,644	0,608	900,00	547,31	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,09	0,96	0,094				
	10.3.1.1.6 Polistren - Parçiküler Köpük - TS	0,035	0,04	0,875				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,19	0,96	0,198				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,01	0,38	0,026				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,005	0,38	0,013				
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,006				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040				
TOPLAM				2,716	0,368	1985,00	730,93	
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,586	0,630	636,00	168,94
TAVAN:Çatılı Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,099				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	1,650	0,606	802,00	388,91
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	,606	1,651	805,00	664,50

Table A.18. 2nd Dorm alternative insulation level (4 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı $A \cdot U$ (W/K)
Dış Pencere1				2,8	559	1565,2
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						4.316,4
$\Sigma AU = U_b A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_T + 0.5 U_f A_f + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 4.316,4 Özgül ısı kaybı ; $H = H_t + H_v$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_I$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 2.772 W/K				
$H = H_t + H_h = \dots\dots$ 7.088,4 $\dots\dots$ W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.18. 2nd Dorm alternative insulation level (4 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı		
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam					
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)	η_{ay} (-)
OCAK	7.086,40	16,1	114.123	21.000	14.640	35.640	0,31	0.96	207.123.713		
ŞUBAT		14,6	103.491		18.246	39.246	0,38	0.93	173.642.849		
MART		11,7	82.934		21.461	42.461	0,51	0.86	120.314.886		
NISAN		6,2	43.948		24.242	45.242	1,03	0.62	41.207.823		
MAYIS		1,0	7.088		27.241	48.241	6,81	0.00	0		
HAZİRAN		0,0	0		28.501	49.501	0,00	0.00	0		
TEMMUZ		0,0	0		27.806	48.806	0,00	0.00	0		
AĞUSTOS		0,0	0		26.241	47.241	0,00	0.00	0		
EYLÜL		0,0	0		22.547	43.547	0,00	0.00	0		
EKİM		4,9	34.733		18.463	39.463	1,14	0.58	30.701.359		
KASIM		10,5	74.428		14.032	35.032	0,47	0.88	113.011.200		
ARALIK		15,2	107.744		12.815	33.815	0,31	0.96	195.129.078		
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$	881.131.398		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 881.131.398$	(kJ) =	244.955	kwh	
İç ısı Kazancı							$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)				
Güneş enerjisi kazancı							$\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$				
Kazanç kayıp oranı							$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_{e,ay})$				
Kazanç kullanım faktörü							$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$				
$A_{toplam} =$							5.602	m^2			
$V_{brüt} =$							13125	m^3			
Hesaplama yapılan binadaki birim hesaba düşen yıllık ısıtma enerjisi											
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$							18.66	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	4.200	m^2
$A_{top} / V_{brüt} =$							0,43	oranı	bu bölge için EK A.2.2'de verilen $Q' =$	22,4x AV + 1,0x mülünde	
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı							$Q' =$	17,86	kWh/m^3	bulunur. ³	
<p>$Q > Q'$ (18.66 > 17.36) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.</p>											

Table A.19. 2nd Dorm alternative insulation level (5 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² /W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² /K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A ₀ U (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.3 Alçı harcı/kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,978	0,506	900,00	455,07	
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış Duvar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düzey	0,09	0,96	0,094				
	10.3.1.1.6 Polistren - Parçiküler Köpük - TS	0,035	0,04	0,875				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düzey	0,19	0,96	0,198				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,01	0,38	0,028				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,005	0,38	0,013				
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,006				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040					
TOPLAM				3,049	0,328	1985,00	651,02	
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	1,920	0,521	536,00	139,61
TAVAN: Çatılı Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
TOPLAM				0,8 x A x U	1,983	0,504	802,00	323,54
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,506	1,651	805,00	664,50

Table A.19. 2nd Dorm alternative insulation level (5 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	A (m ²)	$A \cdot U$ (W/K)
Dış Pencere1				2,8	559	1565,2
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						4.021,3
$\Sigma AU = U_d \cdot A_d + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_{At} + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 4.021,3			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I \cdot U_I$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 2.772 W/K			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$						
$H = H_i + H_h = \dots\dots$ 6.793,3 $\dots\dots$ W/K						

☞ Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.19. 2nd Dorm alternative insulation level (5 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO (-)	Kazanç Kullanım Faktörü (-)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kJ)
	Özgü Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	6.793,30	16,1	109.372	21.000	14.640	35.640	0,33	0,95	195.732.625
ŞUBAT		14,6	99.182		18.246	39.246	0,40	0,92	163.492.681
MART		11,7	79.482		21.461	42.461	0,53	0,85	112.466.128
NISAN		6,2	42.118		24.242	45.242	1,07	0,61	37.638.069
MAYIS		1,0	6.793		27.241	48.241	7,10	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		28.501	49.501	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		27.806	48.806	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		26.241	47.241	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		22.547	43.547	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	33.287		18.463	39.463	1,19	0,57	27.976.156
KASIM		10,5	71.330		14.032	35.032	0,49	0,87	105.887.995
ARALIK		15,2	103.258		12.815	33.815	0,33	0,95	184.378.965
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278.10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{\text{yıl}} = \sum Q_{\text{ay}} = 827.573.110$		
Toplam ısı kaybı $Q_{\text{yıl}} = 0,278 \times 10^{-3} \times 827.573.110 \text{ (kJ)} = 230.065 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$							
$A_{\text{toplam}} = 5.602 \text{ m}^2$									
$V_{\text{brüt}} = 13125 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hava <i>hava</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{\text{yıl}} / V_{\text{brüt}} = 17.53 \text{ kWh/m}^3$		$A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 4.200 \text{ m}^2$							
$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,43 \text{ oranı}$		Bölge için EK A.2.2'de verilen $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ mülünde							
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı		$Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$							
$Q > Q'$ (17.53 > 22.36) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table A.20. 2nd Dorm alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software
annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² /W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² /K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı $A \times U$ (W/K)	
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	4.3 Alçı harçlı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM					1,978	0,506	900,00	455,07
DUVAR: Dış Havaya Açık Dış Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,09	0,96	0,094				
	10.3.1.1.6 Polistiren - Parçiküler Köpük - TS	0,035	0,04	0,875				
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,19	0,96	0,198				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,01	0,38	0,026				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.8.3 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,005	0,38	0,013				
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,006				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040				
TOPLAM					3,049	0,328	1985,00	651,02
DUVAR: Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017				
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,920	0,521	536,00	139,61
TAVAN: Çatılı Çatı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,060				
TOPLAM				0,8 x A x U	1,983	0,504	802,00	323,54
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)				0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,606	1,651	805,00	664,50

Table A.20. 2nd Dorm alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				2,8	559	1565,2
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					4.021,3	
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_A A_A + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{4.021,3}$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \mathbf{2.772 W/K}$				
Özgül ısı kaybı ; H= H _T + H _v		H = H _T + H _v = 6.793,3 W/K				

☞ Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table A.20. 2nd Dorm alternative insulation level (6 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_L + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	6.793,30	16,1	109.372	21.000	14.640	35.640	0,33	0.95	195.732.625
ŞUBAT		14,6	99.182		18.246	39.246	0,40	0.92	163.492.681
MART		11,7	79.482		21.461	42.461	0,53	0.85	112.466.128
NISAN		6,2	42.118		24.242	45.242	1,07	0.61	37.638.069
MAYIS		1,0	6.793		27.241	48.241	7,10	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		28.501	49.501	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		27.806	48.806	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		26.241	47.241	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		22.547	43.547	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	33.287		18.463	39.463	1,19	0.57	27.976.156
KASIM		10,5	71.330		14.032	35.032	0,49	0.87	105.887.995
ARALIK		15,2	103.258		12.815	33.815	0,33	0.95	184.378.965
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}^{-3}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 827.573.110$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 827.573.110 \text{ (kJ)} = 230.065 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times G_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 5.602 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 13125 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesap <i>hesap</i> na düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 17.53 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.200 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,43$ oranı bölge için EK A.2.2'de verilen $Q' = 22,4 \times A_n + 1,0$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 77,36 \text{ kWh/m}^3$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (17.53 > 17.36) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

APPENDIX B

TROMBE WALL APPLICATION AND SUNROOM ON THE ROOF IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table B.1. Investment costs for application of passive measures.

1st Dorm - North

Status	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$
Current	357014.85	1002309192.00	0.06	20976.00	0.00	0.00	83541.47	0.00			
Trombe Wall	325102.86	912717178.00	0.06	19101.04	1874.95	1171.85	76074.07	7467.41	105048.00	65655.00	0.11

1st Dorm - South

Status	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$
Current	355346.44	997625189.00	0.06	20877.97	0.00	0.00	83151.07	0.00			
Trombe Wall	323456.06	908093828.00	0.06	19004.29	1873.68	1171.05	75688.72	7462.35	105048.00	65655.00	0.11

Prep School - Block A

Status	Actual Annual Natural Gas Consumption (kWh)	IZODER Theoretical Annual Heating Demand Calculation (kJ)	Unit Price TL/kWh	Annual N Gas Cost (TL)	Annual Saving (TL)	Annual Saving (USD)	Annual CO ₂ Emission (kg/year)	Annual CO ₂ Saving (kg/year)	Investment Budget (TL)	Investment Budget (USD)	kg CO ₂ /\$
Current	345331.92	969509705.75	0.06	20289.58	0.00		80807.67	0.00			
Sunroom at the roof	279495.18	784674898.00	0.06	16421.42	3868.16	2417.60	65401.87	15405.80	191718.00	119823.75	0.13

BUILDING	PROPOSED ACTIONS	ACTION TYPE		UNIT	QTY	U. PRICE (TL)	T. PRICE (TL)	
1ST DORM - NORTH	Trombe Wall is proposed for south façade of the building.	TROMBE WALL SYSTEM	Façade installation	m ²	318.00	264.32	84053.76	
			Painting the façade into black colour	m ²	318.00	4.00	1272.00	
			Low-e glass installation	m ²	318.00	59.00	18762.00	
			Opening vents	ea	32.00	30.00	960.00	105047.76
1ST DORM - SOUTH	Trombe Wall is proposed for south façade of the building.	TROMBE WALL SYSTEM	Façade installation	m ²	318.00	264.32	84053.76	
			Painting the façade into black colour	m ²	318.00	4.00	1272.00	
			Low-e glass installation	m ²	318.00	59.00	18762.00	
			Opening vents	ea	32.00	30.00	960.00	105047.76
PREP SCHOOL - BLOCK A	Sunroom is proposed for skylight section of the building.	SUNROOM SYSTEM AT ROOF	Skylight fenestration frames installation	m ²	916.00	147.42	135034.00	
			Low-e glass installation	m ²	916.00	59.00	54044.00	
			Opening vents	ea	88.00	30.00	2640.00	191718.00

Table B.2. 1st Dorm-north block current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual theoretical calculations.



Binanın Özgü Işı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A _s U (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,761	0,568	1739,00	987,47
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,061	0,942	676,30	637,37
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			1,003	0,997	470,00	234,30
TAVAN:Üzeri Açık Teraslar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polistren Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,006	0,994	410,00	407,38
TAVAN:Çatılı Kullanılan Çat	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,028	0,974	430,00	418,93
TABAN:Toprak Temaslı Doseme	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			,606	1,651	795,00	656,25

Table B.2. 1st Dorm-north block current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	$A \cdot U$ (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.950,4
$\Sigma AU = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + U_k \cdot A_k + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_{At} + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.950,4 Özgül ısı kaybı ; $H = H_t + H_v$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_t = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 7.073,41 ... W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.2. 1st Dorm-north block current insulation level (3 CM XPS) TS 825 software annual theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı		
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam					
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)	η_{ay} (-)
OCAK	7.073,41	16,1	113.882	23.659	3.188	26.847	0,24	0.98	226.985.590		
ŞUBAT		14,6	103.272		3.972	27.631	0,27	0.98	197.492.738		
MART		11,7	82.759		4.631	28.290	0,34	0.95	144.849.247		
NISAN		6,2	43.855		5.252	28.911	0,66	0.78	55.221.114		
MAYIS		1,0	7.073		5.805	29.464	4,17	0.00	0		
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0.00	0		
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0.00	0		
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0.00	0		
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0.00	0		
EKİM		4,9	34.660		4.024	27.683	0,80	0.71	38.891.947		
KASIM		10,5	74.271		3.073	26.732	0,36	0.94	127.377.373		
ARALIK		15,2	107.516		2.792	26.451	0,25	0.98	211.490.694		
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$	1.002.309.192		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 1.002.309.192$ (kj) =	278.642	kwh		
İç ısı Kazancı							$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)				
Güneş enerjisi kazancı							$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$				
Kazanç kayıp oranı							$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$				
Kazanç kullanım faktörü							$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$				
$A_{toplam} =$							4.665,35	m^2			
$V_{brüt} =$							14787	m^3			
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim için düşen yıllık ısıtma enerjisi											
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$							18.84	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	4.731,84	m^2
$A_{top} / V_{brüt} =$							0,32	oranı	bu bölge için EK A.2.1'den	$Q' =$	22,4xAV + 1,27m ² mülünde
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı							$Q' =$	14,67	kWh/m^3	bulunur. ³	
$Q > Q'$ (18.84 > 14.67) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerden üstündür. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.											

Table B.3. 1st Dorm North block passive measure-trombe wall at one façade TS
825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harç kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM			1,761	0,568	1043,00	592,25	
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiriş	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harç kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM			1,061	0,342	676,30	637,37	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dış_Duvar_Trombe	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	11.1.1 Düz Pencere Camı (Ortalama değer)	0,06	0,8	0,075			
	11.3.3.2.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,15	0,083	1,807			
	4.3 Alçı harç kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM			3,643	0,274	696,00	191,04	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.4	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	11.1.1 Düz Pencere Camı (Ortalama değer)	0,06	0,8	0,075			
	11.3.3.2.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,15	0,083	1,807			
	4.3 Alçı harç kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM			2,943	0,340	270,50	91,90	
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM			0,5 x A x U	1,003	0,997	470,00	234,30
TAVAN:Üzeri Açık Teraslar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polietilen Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				

Table B.3. 1st Dorm North block passive measure-trombe wall at one façade TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı $A \times U$ (W/K)	
TOPLAM				1,006	0,994	410,00	407,38	
TAVAN: Çatılı Kullanılan Çatı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3492)	0,01	0,17	0,059				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040					
TOPLAM				1,026	0,974	430,00	418,33	
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,806	1,651	795,00	656,25
Dış Pencere1					2,8	125,8	352,24	
Dış Kapı1					5,5	19,25	105,875	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3837,7		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_{At} + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_t = \Sigma AU + I UI$				
$\Sigma AU =$ 3.837,7				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_t + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots$ 6.960,71 W/K				

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.3. 1st Dorm North block passive measure-trombe wall at one façade TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	6.960,71	16,1	112.067	23.659	3.186	26.847	0,24	0.98	222.282.484
ŞUBAT		14,6	101.626		3.972	27.631	0,27	0.98	193.227.809
MART		11,7	81.440		4.631	28.290	0,35	0.94	142.164.738
NISAN		6,2	43.156		5.252	28.911	0,67	0.78	53.409.980
MAYIS		1,0	6.961		5.805	29.464	4,23	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.048	29.707	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.911	29.570	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		5.609	29.268	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		4.881	28.540	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	34.107		4.024	27.683	0,81	0.71	37.460.566
KASIM		10,5	73.087		3.073	26.732	0,37	0.93	125.003.231
ARALIK		15,2	105.803		2.792	26.451	0,25	0.98	207.050.494
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}^3$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 980.599.792$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 980.599.792 \text{ (kJ)} = 272.607 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-(1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 4.935,85 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 14787 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hesaba geçen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 18,44 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 4.731,84 \text{ m}^2$									
$A_{top} / A_{brüt} = 0,33$ oranı bölge için EK A.2.2.1'den $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ + 10 mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 18,44$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (18,44 > 15,28) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table B.4.1st dorm – south block current insulation level
(3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A ₀ U (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı:kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,761	0,668	1739,00	987,47
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı:kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,061	0,942	676,30	637,37
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				1,003	0,997	470,00	234,30
TAVAN:Üzeri Açık Teras_Cati	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polistren Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,006	0,994	410,00	407,38
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan1.1	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,026	0,974	430,00	418,93
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	1/α ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400			
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				,606	1,651	795,00	656,25

Table B.4.1st dorm – south block current insulation level
(3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A \times U (W/K)
Dış Pencere1				2,8	125,8	352,24
Dış Kapı1				5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					3.950,4	
$\Sigma AU = U_b A_b + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.950,4			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,01 W/K			
Özgül ısı kaybı ; H= H _t + H _v			H = H _t + H _v = 7.073,41 W/K			

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.4.1st dorm – south block current insulation level
(3 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı		
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam					
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)	η_{ay} (-)
OCAK	7.073,41	16,1	113.882	23.659	3.519	27.178	0,24	0.98	226.145.004		
ŞUBAT		14,6	103.272		4.309	27.968	0,27	0.98	196.636.860		
MART		11,7	82.759		4.882	28.541	0,34	0.95	144.231.314		
NİSAN		6,2	43.855		5.424	29.083	0,66	0.78	54.873.267		
MAYIS		1,0	7.073		5.898	29.557	4,18	0.00	0		
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0		
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0		
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0		
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0		
EKİM		4,9	34.660		4.326	27.985	0,81	0.71	38.336.222		
KASIM		10,5	74.271		3.360	27.019	0,36	0.94	126.678.311		
ARALIK		15,2	107.516		3.094	26.753	0,25	0.98	210.723.721		
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$	997.625.189		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 997.625.189$ (kJ) =	277.340	kwh		
İç ısı Kazancı							$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)				
Güneş enerjisi kazancı							$\phi_{g,ay} = \sum f_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$				
Kazanç kayıp oranı							$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$				
Kazanç kullanım faktörü							$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$				
$A_{toplam} =$							4.665,35	m^2			
$V_{brüt} =$							14787	m^3			
Hesaplama yapılan binadaki birim							hesapına düşen yıllık ısıtma enerjisi				
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$							18.76	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	4.731,84	m^2
$A_{top} / V_{brüt} =$							0,32	oranı	Bölge için EK A.2 tablosu	$Q' =$	22,4x AN + 1,0x A _{top} mülünde
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı							$Q' =$	14,87	kWh/m^3	bulunur.	³
$Q > Q'$ (18.76 > 14.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.											

Table B.5. 1st dorm-south block passive measure-trombe wall at one façade TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A _s U (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dis_Duvarlar	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			1,761	0,668	1043,00	592,25	
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			1,061	0,942	405,80	382,44	
DUVAR:Dış Havaya Açık Dis_Duvar_Trombe	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	11.1.1 Duz Pencere Camı (Ortalama değer)	0,06	0,8	0,075			
	11.3.3.2.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,15	0,083	1,807			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	7.3.1.6 Normal derz kalınlığında ve normal	0,2	0,25	0,800			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
	TOPLAM			3,643	0,274	696,00	191,04
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.4	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	11.1.1 Duz Pencere Camı (Ortalama değer)	0,06	0,8	0,075			
	11.3.3.2.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,15	0,083	1,807			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
	TOPLAM			2,943	0,340	270,50	91,90
DUVAR:Toprağa Temas Bodrum_Duvarı	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,017			
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	1,003	0,997	470,00	234,30
TAVAN:Üzeri Açık Teras_Cati	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.2.3 Ekstrüde Polistren Köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750			
	1.4 Granit	0,03	2,8	0,011			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			

Table B.5. 1st dorm-south block passive measure-trombe wall at one façade TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A \cdot U (W/K)	
TOPLAM				1,006	0,984	410,00	407,38	
TAVAN: Çatılı Kullanılan	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
Tavan1.1	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021				
	10.3.2.1.3 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,04	0,750				
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,059				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,026	0,974	430,00	418,93	
TABAN: Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
Taban1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	1	2,5	0,400				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	,606	1,651	795,00	656,25
Dış Pencere1						2	125,8	251,6
Dış Kapı1						5,5	19,25	105,875
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.482,3		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_r A_r + 0.5 U_{At} + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
$\Sigma AU =$ 3.482,3				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 3.123,04 W/K				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_r + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots$ 6.605,31 W/K				

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.5. 1st dorm-south block passive measure-trombe wall at one façade TS
825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı	
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam				
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)
OCAK	6.605,31	16,1	106.345	23.659	3.519	27.178	0,26	0.98	206.610.629	
ŞUBAT		14,6	96.438		4.309	27.968	0,29	0.97	179.647.181	
MART		11,7	77.282		4.882	28.541	0,37	0.93	131.515.040	
NİSAN		6,2	40.953		5.424	29.083	0,71	0.76	48.858.479	
MAYIS		1,0	6.605		5.898	29.557	4,47	0.00	0	
HAZİRAN		0,0	0		6.134	29.793	0,00	0.00	0	
TEMMUZ		0,0	0		5.997	29.656	0,00	0.00	0	
AĞUSTOS		0,0	0		5.752	29.411	0,00	0.00	0	
EYLÜL		0,0	0		5.111	28.770	0,00	0.00	0	
EKİM		4,9	32.366		4.326	27.985	0,86	0.69	33.841.720	
KASIM		10,5	69.356		3.360	27.019	0,39	0.92	115.338.959	
ARALIK		15,2	100.401		3.094	26.753	0,27	0.98	192.281.330	
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh ³	$Q_{yil} = \sum Q_{ay} =$	908.093.828	
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 908.093.828$ (kJ) =							252.450	kwh		
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)								
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum g_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$								
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$								
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/(KKO_{ay})}$								
A_{toplam}	=	4.665,35	m^2							
$V_{brüt}$	=	14787	m^3							
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim için				hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi						
$Q = Q_{yil} / V_{brüt}$		17.07	kWh/m^3	$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$	4.731,84	m^2				
$A_{top} / V_{brüt} =$	0,32	oranı	bölge için EK A.2.2'de		22,4	$AV + 1,0$	mülünde			
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı				$Q' =$	4,87	kWh/m^3	bulunur. ³			
$Q > Q'$ (17.07 > 4.87) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.										

Table B.6. prep school-block A current insulation level (0 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	$A \times U$ (W/K)	
DUVAR:Diş Havaya Açık Dis Duvarlar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208			
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,040			
TOPLAM			,416	2,402	1601,00	3605,75	
DUVAR:Diş Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,040			
TOPLAM			,311	3,215	620,00	1993,11	
TAVAN:Çatılı Cati	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021			
	8.2.2.2 Dik yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,069			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,026			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,080			
TOPLAM			0,8 x A x U	,316	3,160	1601,00	3795,01
TABAN:Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (diş)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	,286	5,882	1654,00	4570,69
Diş Pencere1				5,68	389	2209,52	
Diş Kapı1				5,5	15	82,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					16.255,6		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_f A_f + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 16.255,6			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_i$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 4.839,01 W/K				
$H = H_T + H_v = \dots$ 21.094,6 ... W/K							

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.6. prep school-block A current insulation level (0 CM XPS) TS 825 software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	21.094,61	17,1	360.718	36.659	10.051	46.710	0,13	1.00	813.907.780
ŞUBAT		15,6	329.076		12.617	49.276	0,15	1.00	725.240.864
MART		12,7	267.902		15.103	51.762	0,19	0.99	561.574.807
NISAN		7,2	151.881		17.140	53.799	0,35	0.94	262.595.499
MAYIS		2,0	42.189		19.599	56.258	1,33	0.53	32.069.313
HAZİRAN		0,0	0		20.578	57.237	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		20.049	56.708	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		18.780	55.439	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	2.109		15.870	52.529	24,90	0.00	0
EKİM		5,9	124.458		12.802	49.461	0,40	0.92	204.648.506
KASIM		11,5	242.588		9.628	46.287	0,19	0.99	510.011.549
ARALIK		16,2	341.733		8.781	45.440	0,13	1.00	767.990.113
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 3.878.038.823$		
$1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = 1.078.095 \text{ kWh}$		
$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 3.878.038.823 \text{ (kJ)} = 1.078.095 \text{ kWh}$									
$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times Q_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$									
$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 5.580 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 22912 \text{ m}^3$									
$Hesaplama yapılan binadaki birim hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi$									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 47.05 \text{ kWh/m}^3$									
$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7.331,84 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,24$ oranı bölge için EK A.2'de verilen $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 22,4 \text{ kWh/m}^3$ bulunur. ³									
$Q > Q'$ (47.05 > 22.26) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerini üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Table B.7. Prep school-block A passive measure-sunroom at roof TS 825
software annual heating energy theoretical calculations.



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A ₀ U (W/K)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dis Duvarlar	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	7.1.2.5 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey	0,2	0,96	0,208		
	4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,416	2,402	1501,00	3605,75
DUVAR: Dış Havaya Açık Kolon_Kiris	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.3 Alçı harcı kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,029		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,311	3,215	620,00	1993,11
TAVAN: Çatılı Catli	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	11.1.1 Düz Pencere Camı (Ortalama değer)	0,06	0,8	0,075		
	11.3.3.3.4 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,5	0,238	2,101		
	6.3.3 Alçıdan duvar levhalar ve	0,01	0,47	0,021		
	8.2.2.2 Dk yongalı levhalar (TS 3482)	0,01	0,17	0,069		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,005	0,19	0,028		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080		
TOPLAM		0,8 x A x U	2,492	0,401	1501,00	481,81
TABAN: Toprak Temaslı Döşeme	$1/\alpha_d$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,080		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	,286	5,882	1554,00	4570,59
Dış Pencere1				5,68	389	2209,52
Dış Kapı1				5,5	15	82,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					12.942,6	
$\Sigma AU = U_b A_b + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_{t,AT} + 0.5 U_{t,At} + U_{aA_d} + \dots$ $\Sigma AU =$ 12.942,6			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$			
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 4.839,01/WK			
$H = H_i + H_h = \dots$ 17.781,6 WK						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Table B.7. Prep school-block A passive measure-sunroom at roof TS 825
software annual heating energy theoretical calculations (cont.).



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	17.781,61	17,1	304.066	36.659	10.051	46.710	0,15	1.00	667.065.018
ŞUBAT		15,6	277.393		12.617	49.276	0,18	1.00	591.279.046
MART		12,7	225.826		15.103	51.762	0,23	0.99	452.516.147
NISAN		7,2	128.028		17.140	53.799	0,42	0.91	204.950.197
MAYIS		2,0	35.563		19.599	56.258	1,58	0.47	23.643.757
HAZİRAN		0,0	0		20.578	57.237	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		20.049	56.708	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		18.780	55.439	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	1.778		15.870	52.529	29,54	0.00	0
EKİM		5,9	104.912		12.802	49.461	0,47	0.88	159.111.473
KASIM		11,5	204.489		9.628	46.287	0,23	0.99	411.257.645
ARALIK		16,2	288.062		8.781	45.440	0,16	1.00	628.875.918
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay}$		3.138.699.594
Toplam ısı kaybı							$Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 3.138.699.594 \text{ (kJ)} = 872.558 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı			$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$						
Güneş enerjisi kazancı			$\phi_{g,ay} = \sum f_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$						
Kazanç kayıp oranı			$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e, ay)$						
Kazanç kullanım faktörü			$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$						
$A_{toplam} = 5.580 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 22912 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 38,08 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 7.331,84 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,24$ oranı bölge için EK A.2.2'den $Q' = 22,4 \times A_n + 10$ mülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 7426 \text{ kWh/yıl}$ bulunur. ³									
<p>$Q > Q'$ (38.08 > 13.26) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.</p>									

APPENDIX C

BOILER CAPACITY UTILIZATION AND TYPE IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table C.1. Boiler capacity utilization and type improvement action calculations.

1st Dorm Boiler - LNG Fuel Condensing Boiler Feasibility Calculation Sheet				
A-) System Characteristics:				
Fuel Type	LNG			
Fuel Calorific Value	9.6kwh/m ³			
Building Heat Loss Assumption	538 kW			
Annual Operation Hours	1485h/year			
Annual Energy Demand	798930kwh/year			
Fuel Unit Price	0.625141TL/m ³			
B-) Boiler Specs:				
Boiler Type	Norm Efficiency			
1st Boiler:	Existing Boiler			75%
2nd Boiler:	GB 162*10 WALL TYPE CONDENSING BOILER			98%
C-) Fuel Costs:				
Annual Fuel Consumption (kg)=	$\frac{\text{Annual Energy Demand (kWh)}}{\text{Norm Operational Eff} \times \text{Fuel Calorific Value (kWh/m}^3\text{)}}$			
Annual Fuel Cost(EUR) =	$\text{Annual Fuel Consumption (m}^3\text{)} \times \text{Fuel Unit Price (TL/m}^3\text{)}$			
Annual Fuel Consumption (m ³ /year)	<i>Existing Boiler</i>	<i>GB 162*10 WALL TYPE CONDENSING BOILER</i>	Saving (in kWh)	
	110963	84920	250005	
Annual Fuel Cost (TL/year)	69367	53087		
Annual Operation Cost Difference:	16280TL/year			
D-) Boiler Prices:				
Existing Boiler	(EUR)			
GB 162*10 WALL TYPE CONDENSING BOIL(EUR)	33000			
Initial investment Difference:	33000			
E-) Result:				
	Existing Boiler Fuel Cost	New Boiler GB 162*10 Fuel Cost	Cumulative Fuel Cost Difference (TL)	Cumulative CO ₂ Difference (kg)
1st Year	69367	53087	16280	58501

APPENDIX D

HEATING LOOP PIPING INSULATIONS IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table D.1. Heating loop piping insulations improvement action calculations.

Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW
Prep School Block B	80.00	450.00	Outside	10.00	250.00	112.50	90.00
Prep School Block B	50.00	348.00	Inside	20.00	148.00	51.50	25.75
					Calc. Heat Loss (kW)	115.75	
					Heating Hours	1485.00	
					Savings (kWh)	229188.96	
					Boiler Eff	0.75	
					Annual Savings (m ³)	23891.21	
					Unit Price (TL/m ³)	0.63	
					Annual Savings (TL)	14935.38	
					Annual CO ₂ Saving (kg)	53630.22	
Investment (TL)		USD					
10800.00		6750.00					
					USD Savings		9334.61
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.							
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.							
Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW
Prep School Block A	50.00	348.00	Inside	20.00	148.00	51.50	25.75
					Calc. Heat Loss (kW)	25.75	
					Heating Hours	1485.00	
					Savings (kWh)	50988.96	
					Boiler Eff	0.75	
					Annual Savings (m ³)	5315.21	
					Unit Price (TL/m ³)	0.63	
					Annual Savings (TL)	3322.76	
					Annual CO ₂ Saving (kg)	11931.42	
Investment (TL)		USD					
3728.57		2330.36					
					USD Savings		2076.72
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.							
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.							
Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW
1st Dorm North	50.00	160.00	Inside	20.00	148.00	23.68	11.84
					Calc. Heat Loss (kW)	11.84	
					Heating Hours	1485.00	
					Savings (kWh)	23443.20	
					Boiler Eff	0.75	
					Annual Savings (m ³)	2443.78	
					Unit Price (TL/m ³)	0.63	
					Annual Savings (TL)	1527.70	
					Annual CO ₂ Saving (kg)	5485.71	
Investment (TL)		USD					
1714.29		1071.43					
					USD Savings		954.82
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.							
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.							

Table D.1. Heating loop piping insulations improvement action calculations (cont.).

Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*	
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW	
1st Dorm South	50.00	160.00	Inside	20.00	148.00	23.68	11.84	
							Calc. Heat Loss (kW)	11.84
							Heating Hours	1485.00
							Savings (kWh)	23443.20
							Boiler Eff	0.75
							Annual Savings (m ³)	2443.78
							Unit Price (TL/m ³)	0.63
							Annual Savings (TL)	1527.70
							Annual CO ₂ Saving (kg)	5485.71
							USD Savings	954.82
Investment (TL)		USD						
1714.29		1071.43						
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.								
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.								
Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*	
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW	
1st Dorm Apartments	50.00	144.00	Inside	20.00	148.00	21.31	10.66	
							Calc. Heat Loss (kW)	10.66
							Heating Hours	1485.00
							Savings (kWh)	21098.88
							Boiler Eff	0.75
							Annual Savings (m ³)	2199.40
							Unit Price (TL/m ³)	0.63
							Annual Savings (TL)	1374.93
							Annual CO ₂ Saving (kg)	4937.14
							USD Savings	859.33
Investment (TL) - Well		USD						
1542.86		964.29						
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.								
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.								
Block	Average Piping Diameter	App. Piping Length	Location	External Temp	Heat Loss	Max. Heat Loss	Realized Heat Loss*	
	DN	m	Out / In	°C	W/m	kW	kW	
2nd Dorm	50.00	294.00	Inside	20.00	148.00	43.51	21.76	
							Calc. Heat Loss (kW)	21.76
							Heating Hours	1485.00
							Savings (kWh)	43076.88
							Boiler Eff	0.75
							Annual Savings (m ³)	4490.44
							Unit Price (TL/m ³)	0.63
							Annual Savings (TL)	2807.16
							Annual CO ₂ Saving (kg)	10079.99
							USD Savings	1754.47
Investment (TL)		USD						
3150.00		1968.75						
* 80% of the unit loss shown in table for outdoor pipes assumed.								
* 50% of the unit loss shown in table for indoor pipes assumed.								
GRAND TOTAL SAVINGS (TL)		USD						
				25495.63				
GRAND TOTAL SAVINGS (kWh)						391240.08		

APPENDIX E

THERMOSTATIC RADIATOR VALVES AND ROOM TEMPERATURE SETPOINT OPTIMIZATION IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table E.1. Thermostatic radiator valves and room temperature setpoint optimization improvement action calculations.

1st Dorm North N. Gas Consumption	Current Setpoint	Proposed Setpoint	Delta T	Saving from Table	N. Gas Unit Price	1st Dorm Calculated Saving	
						kWh	°C
357014.85	24.00	22.00	2.00	0.17	0.06	61049.54	3586.90
						kg CO ₂ Saving	14285.59
						Saving USD	2241.81
1st Dorm South N. Gas Consumption	Current Setpoint	Proposed Setpoint	Delta T	Saving from Table	N. Gas Unit Price	1st Dorm Calculated Saving	
						kWh	°C
355346.44	24.00	22.00	2.00	0.17	0.06	60764.24	3570.13
						kg CO ₂ Saving	14218.83
						Saving USD	2231.33
1st Dorm Apartments N. Gas Consumption	Current Setpoint	Proposed Setpoint	Delta T	Saving from Table	N. Gas Unit Price	1st Dorm Calculated Saving	
						kWh	°C
101765.90	24.00	22.00	2.00	0.17	0.06	17401.97	1022.43
						kg CO ₂ Saving	4072.06
						Saving USD	639.02
2nd Dorm N. Gas Consumption	Current Setpoint	Proposed Setpoint	Delta T	Saving from Table	N. Gas Unit Price	1st Dorm Calculated Saving	
						kWh	°C
374089.04	24.00	22.00	2.00	0.17	0.06	63969.23	3758.44
						kg CO ₂ Saving	14968.80
						Saving USD	2349.02
TOTAL SAVINGS (TL)						11937.90	
TOTAL SAVINGS (kWh)						203184.98	

	1st Dorm North	1st Dorm South	1st Dorm Apartments	2nd Dorm
Qty of Valves	225.00	225.00	50.00	350.00
Investment-USD	5850.00	5850.00	1300.00	9100.00

APPENDIX G

HEATING LOOP CIRCULATION PUMPS IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table G.1. Heating loop circulation pumps improvement action calculations.

1st Dorm (North & South & Apartments)	Pump Type	Total Pump Power (Heating Loop)	Annual Consumption*
		kW	kWh
	Constant Speed	6.00	8910.00
	Variable Speed	6.00	4455.00
		Savings (kWh)	4455.00
		U. Price (TL/kWh)	0.21
		Savings (TL)	955.15
		Savings (USD)	596.97
		kg CO₂ Reduction	2748.74
	Biomedicals	Pump Type	Total Pump Power (Heating Loop)
		kW	kWh
Constant Speed		16.00	23760.00
Variable Speed		16.00	11880.00
		Savings (kWh)	11880.00
		U. Price (TL/kWh)	0.21
		Savings (TL)	2547.07
		Savings (USD)	1591.92
		kg CO₂ Reduction	7329.96
2nd Dorm		Pump Type	Total Pump Power (Heating Loop)
		kW	kWh
	Constant Speed	8.00	11880.00
	Variable Speed	8.00	5940.00
		Savings (kWh)	5940.00
		U. Price (TL/kWh)	0.21
		Savings (TL)	1273.54
		Savings (USD)	795.96
		kg CO₂ Reduction	3664.98
	Annual Total	Total Savings (kWh)	22275.00
Total Savings (TL)		4775.76	

APPENDIX H

LIGHTING IMPROVEMENT ACTION CALCULATIONS

Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables.

Building	Wing/Block	Ballast Type	Total Power	Total Allowed	Difference	Difference
			Watt	Watt	Watt	%
1st Dorm	ALL	Conventional	76586.00	81551.70	-4965.70	-0.06
Biomedical	ALL	Conventional	116518.00	84686.11	31831.89	0.38
Hotel	Block C	Conventional	21338.00	15034.50	6303.50	0.42
2nd Dorm		Conventional	53550.00	43038.10	10511.90	0.24
Total	ALL	Conventional	267992.00	224310.41	43681.59	0.19

Building	Wing/Block	Ballast Type	Total Consumption	Baseline Cons.	Difference	Difference
			kWh	kWh	kWh	%
1st Dorm	ALL	Conventional	145360.23	154785.13	-9424.90	-0.06
Biomedical	ALL	Conventional	221151.16	160734.24	60416.93	0.38
Hotel	Block C	Conventional	11650.55	8208.84	3441.71	0.42
2nd Dorm		Conventional	101637.90	81686.31	19951.59	0.24
Total	ALL	Conventional	479799.84	405414.51	74385.33	0.18

Building	Wing/Block	Ballast Type	Total Consumption	Baseline Cons.	Difference	Difference
			kWh	kWh	kWh	%
1st Dorm	ALL	Electronic	120760.80	154785.13	-34024.32	-0.22
Biomedical	ALL	Electronic	183725.58	160734.24	22991.35	0.14
Hotel	Block C	Electronic	9678.92	8208.84	1470.08	0.18
2nd Dorm		Electronic	84437.64	81686.31	2751.33	0.03
Total	ALL	Electronic	398602.94	405414.51	-6811.57	-0.02

Annual Saving (kWh)	81196.90
Annual Saving (TL)	17408.61

Building	Wing/Block	Ballast Type	Saving	CO ₂ Saving	Investment	Saving	Saving
			kWh	kg	USD	TL	USD
1st Dorm	ALL	Electronic	24599.42	15177.84	10937.50	5274.12	3296.32
Biomedical	ALL	Electronic	37425.58	23091.58	12500.00	8024.04	5015.03
Hotel	Block C	Electronic	1971.63	1216.50	1562.50	422.72	264.20
2nd Dorm		Electronic	17200.26	10612.56	6250.00	3687.74	2304.83
Total	ALL	Electronic	81196.90	50098.48		17408.61	10880.38

Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables (cont.).

Building	Wing/Block	Floor	Type/Use	Qty	Area m ²	Power Watt	LPD Watt/m ²	Type	Ballast Type	Allowed	Total Area	Total Power	Total Allowed	Difference	Difference
										Watt/m ²	m ²	Watt	Watt	Watt	%
1 st Dorm	Entrance Block	Basement	Gym	1	112.40	540.00	4.8	Fluorescent	Magnetic	10.00	112.40	540	1124	-584	-52%
1 st Dorm	Entrance Block	Ground	Atrium	1	112.40	936.00	8.3	Fluorescent	Magnetic	6.00	112.40	936	674	262	39%
1 st Dorm	South	Basement	Nursing	1	26.70	360.00	13.5	Fluorescent	Magnetic	8.00	26.70	360	214	146	69%
1 st Dorm	South	Basement	Technical Room	1	44.20	648.00	14.7	Fluorescent	Magnetic	16.00	44.20	648	707	-59	-8%
1 st Dorm	South	Basement	WC	1	11.50	72.00	6.3	Fluorescent	Magnetic	10.00	11.50	72	115	-43	-37%
1 st Dorm	South	Basement	Floor Corridor	1	56.70	720.00	12.7	Fluorescent	Magnetic	5.00	56.70	720	284	437	154%
1 st Dorm	South	Basement	Storage	1	32.60	432.00	13.3	Fluorescent	Magnetic	3.00	32.60	432	98	334	342%
1 st Dorm	South	Basement	Nursing	1	61.50	792.00	12.9	Fluorescent	Magnetic	8.00	61.50	792	492	300	61%
1 st Dorm	South	Basement	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	Basement	Flat Bedrooms	3	40.00	288.00	7.2	Fluorescent	Magnetic	12.00	120.00	864	1440	-576	-40%
1 st Dorm	South	Basement	Flat WC	1	7.70	54.00	7.0	Fluorescent	Magnetic	10.00	7.70	54	77	-23	-30%
1 st Dorm	South	Basement	Flat Corridor	3	13.00	108.00	8.3	Fluorescent	Magnetic	5.00	39.00	324	195	129	66%
1 st Dorm	South	Basement	Flat Living room	3	34.70	288.00	8.3	Fluorescent	Magnetic	10.00	104.10	864	1041	-177	-17%
1 st Dorm	South	Basement	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	Ground	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	Ground	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	Ground	Office	1	27.50	216.00	7.9	Fluorescent	Magnetic	12.00	27.50	216	330	-114	-35%
1 st Dorm	South	Ground	Dorm Bedroom	12	19.20	72.00	3.8	Fluorescent	Magnetic	12.00	230.40	864	2765	-1901	-69%
1 st Dorm	South	Ground	Dorm Kitchen	12	10.20	36.00	3.5	Fluorescent	Magnetic	13.00	122.40	432	1591	-1159	-73%
1 st Dorm	South	Ground	Dorm WC	12	4.50	36.00	8.0	Fluorescent	Magnetic	10.00	54.00	432	540	-108	-20%
1 st Dorm	South	Ground	Floor Corridor	1	126.00	2088.00	16.6	Fluorescent	Magnetic	5.00	126.00	2088	630	1458	231%
1 st Dorm	South	Ground	Flat Living room	1	27.30	216.00	7.9	Fluorescent	Magnetic	10.00	27.30	216	273	-57	-21%
1 st Dorm	South	Ground	Flat WC	1	4.90	36.00	7.3	Fluorescent	Magnetic	10.00	4.90	36	49	-13	-27%
1 st Dorm	South	Ground	Flat Kitchen	1	8.30	72.00	8.7	Fluorescent	Magnetic	13.00	8.30	72	108	-36	-33%
1 st Dorm	South	Ground	Flat Bedroom	1	31.30	216.00	6.9	Fluorescent	Magnetic	12.00	31.30	216	376	-160	-42%
1 st Dorm	South	Ground	Flat Corridor	1	16.80	144.00	8.6	Fluorescent	Magnetic	5.00	16.80	144	84	60	71%
1 st Dorm	South	1st Floor	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	1st Floor	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	1st Floor	Dorm Bedroom	16	16.80	144.00	8.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	268.80	2304	3226	-922	-29%
1 st Dorm	South	1st Floor	Dorm Kitchen	8	8.20	72.00	8.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	65.60	576	853	-277	-32%
1 st Dorm	South	1st Floor	Dorm WC	8	4.70	36.00	7.7	Fluorescent	Magnetic	10.00	37.60	288	376	-88	-23%
1 st Dorm	South	1st Floor	Dorm Corridor	8	11.20	90.00	8.0	Fluorescent	Magnetic	5.00	89.60	720	448	272	61%
1 st Dorm	South	1st Floor	Dorm Balcony	8	4.10	80.00	19.5	Incandescent	Magnetic	13.50	32.80	640	443	197	45%
1 st Dorm	South	1st Floor	Floor Corridor	1	126.00	2088.00	16.6	Fluorescent	Magnetic	5.00	126.00	2088	630	1458	231%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Dorm Bedroom	16	16.80	144.00	8.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	268.80	2304	3226	-922	-29%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Dorm Kitchen	8	8.20	72.00	8.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	65.60	576	853	-277	-32%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Dorm WC	8	4.70	36.00	7.7	Fluorescent	Magnetic	10.00	37.60	288	376	-88	-23%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Dorm Corridor	8	11.20	90.00	8.0	Fluorescent	Magnetic	5.00	89.60	720	448	272	61%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Dorm Balcony	8	4.10	80.00	19.5	Incandescent	Magnetic	13.50	32.80	640	443	197	45%
1 st Dorm	South	2nd Floor	Floor Corridor	1	126.00	2088.00	16.6	Fluorescent	Magnetic	5.00	126.00	2088	630	1458	231%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Kitchen	4	8.00	72.00	9.0	Fluorescent	Magnetic	13.00	32.00	288	416	-128	-31%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Living room	4	29.00	308.00	10.6	Fluorescent	Magnetic	10.00	116.00	1232	1160	72	6%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Bedrooms	4	39.60	276.00	7.0	Fluorescent	Magnetic	12.00	158.40	1104	1901	-797	-42%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Balcony	4	6.15	120.00	19.5	Fluorescent	Magnetic	13.50	24.60	480	332	148	45%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Kitchen	2	8.60	72.00	8.4	Fluorescent	Magnetic	13.00	17.20	144	224	-80	-36%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Living room	2	22.20	236.00	10.6	Fluorescent	Magnetic	10.00	44.40	472	444	28	6%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Bedrooms	2	24.20	184.00	7.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	48.40	368	581	-213	-37%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Flat Balcony	2	4.10	80.00	19.5	Fluorescent	Magnetic	13.50	8.20	160	111	49	45%
1 st Dorm	South	3rd Floor	Floor Corridor	1	126.00	2088.00	16.6	Fluorescent	Magnetic	5.00	126.00	2088	630	1458	231%
1 st Dorm	South	Roof	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Fluorescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	South	Roof	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Fluorescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	South	Roof	Study	1	320.00	3736.00	11.7	Fluorescent	Magnetic	12.00	320.00	3736	3840	-104	-3%
1 st Dorm	South	Roof	WC	1	34.40	360.00	10.5	Fluorescent	Magnetic	10.00	34.40	360	344	16	5%
1 st Dorm	South	Roof	Terrace	1	300.00	960.00	3.2	Incandescent	Magnetic	2.20	300.00	960	660	300	45%
1 st Dorm	South									4130.10	37890	38150	-260	-1%	

Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables (cont.).

Building	Wing/Block	Floor	Type/Use	Qty	Area m ²	Power Watt	LPD Watt/m ²	Type	Ballast Type	Allowed	Total Area	Total Power	Total Allowed	Difference	Difference
										Watt/m ²	m ²	Watt	Watt	Watt	%
1 st Dorm	North	Basement	Technical Room	1	61.40	720.00	11.7	Florescent	Magnetic	16.00	61.40	720	982	-262	-27%
1 st Dorm	North	Basement	Technical Room	1	107.60	864.00	8.0	Florescent	Magnetic	16.00	107.60	864	1722	-858	-50%
1 st Dorm	North	Basement	Floor Corridor	1	115.50	720.00	6.2	Florescent	Magnetic	5.00	115.50	720	578	143	25%
1 st Dorm	North	Basement	Storage	1	43.40	288.00	6.6	Florescent	Magnetic	3.00	43.40	288	130	158	121%
1 st Dorm	North	Basement	Laundry	1	82.00	360.00	4.4	Florescent	Magnetic	6.00	82.00	360	492	-132	-27%
1 st Dorm	North	Basement	Showers/Lockers	1	42.00	480.00	11.4	Florescent	Magnetic	6.00	42.00	480	252	228	90%
1 st Dorm	North	Basement	Stairwell	1	42.00	252.00	6.0	Florescent	Magnetic	6.00	42.00	252	252	0	0%
1 st Dorm	North	Ground	Office	1	28.00	216.00	7.7	Florescent	Magnetic	12.00	28.00	216	336	-120	-36%
1 st Dorm	North	Ground	Dorm Kitchen	15	8.60	39.60	4.6	Florescent	Magnetic	13.00	129.00	594	1677	-1083	-65%
1 st Dorm	North	Ground	Dorm WC	15	4.20	58.00	13.8	Florescent	Magnetic	10.00	63.00	870	630	240	38%
1 st Dorm	North	Ground	Dorm Bedroom	15	17.70	72.00	4.1	Florescent	Magnetic	12.00	265.50	1080	3186	-2106	-66%
1 st Dorm	North	Ground	Floor Corridor	1	128.60	2088.00	16.2	Florescent	Magnetic	5.00	128.60	2088	643	1445	225%
1 st Dorm	North	1st Floor	Stairwell	1	42.00	288.00	6.9	Florescent	Magnetic	6.00	42.00	288	252	36	14%
1 st Dorm	North	1st Floor	Dorm Kitchen	8	8.20	36.00	4.4	Florescent	Magnetic	13.00	65.60	288	853	-565	-66%
1 st Dorm	North	1st Floor	Dorm Corridor	8	8.80	90.00	10.2	Florescent	Magnetic	5.00	70.40	720	352	368	105%
1 st Dorm	North	1st Floor	Dorm Bedrooms	16	15.60	72.00	4.6	Florescent	Magnetic	12.00	249.60	1152	2995	-1843	-62%
1 st Dorm	North	1st Floor	Dorm WC	8	4.50	58.00	12.9	Florescent	Magnetic	10.00	36.00	464	360	104	29%
1 st Dorm	North	1st Floor	Floor Corridor	1	129.00	2088.00	16.2	Florescent	Magnetic	5.00	129.00	2088	645	1443	224%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Stairwell	1	42.00	288.00	6.9	Florescent	Magnetic	6.00	42.00	288	252	36	14%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Dorm Kitchen	8	8.20	36.00	4.4	Florescent	Magnetic	13.00	65.60	288	853	-565	-66%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Dorm Corridor	8	8.80	90.00	10.2	Florescent	Magnetic	5.00	70.40	720	352	368	105%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Dorm Bedrooms	16	15.60	72.00	4.6	Florescent	Magnetic	12.00	249.60	1152	2995	-1843	-62%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Dorm WC	8	4.50	58.00	12.9	Florescent	Magnetic	10.00	36.00	464	360	104	29%
1 st Dorm	North	2nd Floor	Floor Corridor	1	129.00	2088.00	16.2	Florescent	Magnetic	5.00	129.00	2088	645	1443	224%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Stairwell	1	42.00	288.00	6.9	Florescent	Magnetic	6.00	42.00	288	252	36	14%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Dorm Kitchen	8	8.20	36.00	4.4	Florescent	Magnetic	13.00	65.60	288	853	-565	-66%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Dorm Corridor	8	8.80	90.00	10.2	Florescent	Magnetic	5.00	70.40	720	352	368	105%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Dorm Bedrooms	16	15.60	72.00	4.6	Florescent	Magnetic	12.00	249.60	1152	2995	-1843	-62%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Dorm WC	8	4.50	58.00	12.9	Florescent	Magnetic	10.00	36.00	464	360	104	29%
1 st Dorm	North	3rd Floor	Floor Corridor	1	129.00	2088.00	16.2	Florescent	Magnetic	5.00	129.00	2088	645	1443	224%
1 st Dorm	North	Roof	Stairwell	1	36.00	216.00	6.0	Florescent	Magnetic	6.00	36.00	216	216	0	0%
1 st Dorm	North	Roof	Technical Room	1	11.00	108.00	9.8	Florescent	Magnetic	16.00	11.00	108	176	-68	-39%
1 st Dorm	North	Roof	Study	1	320.00	3736.00	11.7	Florescent	Magnetic	12.00	320.00	3736	3840	-104	-3%
1 st Dorm	North	Roof	WC	1	34.40	360.00	10.5	Florescent	Magnetic	10.00	34.40	360	344	16	5%
1 st Dorm	North	Roof	Terrace	1	300.00	960.00	3.2	Incandescent	Magnetic	2.20	300.00	960	660	300	45%
1 st Dorm	North									3587.20	28912	32487		-3575	-11%
1 st Dorm	Apartments	Basement	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	Basement	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	Basement	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	Basement	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	Basement	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Incandescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	Basement	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Incandescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	Ground	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Florescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Florescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	Ground	Balcony	4	5.40	80.00	14.8	Incandescent	Magnetic	2.20	21.60	320	48	272	573%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Incandescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Incandescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	1st Floor	Balcony	4	5.40	80.00	14.8	Incandescent	Magnetic	2.20	21.60	320	48	272	573%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Incandescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Incandescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	2nd Floor	Balcony	4	5.40	80.00	14.8	Incandescent	Magnetic	2.20	21.60	320	48	272	573%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Incandescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Incandescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	3rd Floor	Balcony	4	5.40	80.00	14.8	Incandescent	Magnetic	2.20	21.60	320	48	272	573%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Kitchen	2	9.80	72.00	7.3	Florescent	Magnetic	13.00	19.60	144	255	-111	-43%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Living Room	2	22.00	92.00	4.2	Florescent	Magnetic	10.00	44.00	184	440	-256	-58%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Bedrooms	2	28.80	224.00	7.8	Florescent	Magnetic	12.00	57.60	448	691	-243	-35%
1 st Dorm	Apartments	Roof	WC	2	7.60	134.00	17.6	Florescent	Magnetic	10.00	15.20	268	152	116	76%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Apartment Corridor	2	13.50	120.00	8.9	Incandescent	Magnetic	5.00	27.00	240	135	105	78%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Floor Corridor	1	21.30	80.00	3.8	Incandescent	Magnetic	5.00	21.30	80	107	-27	-25%
1 st Dorm	Apartments	Roof	Balcony	4	5.40	80.00	14.8	Incandescent	Magnetic	2.20	21.60	320	48	272	573%
1 st Dorm	Apartments									1216.20	9784	10915		-1131	-10%
1 st Dorm	ALL									8933.50	76586	81552		-4966	-6%

Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables (cont.).

Building	Wing/Block	Floor	Type/Use	Qty	Area m ²	Power Watt	LPD Watt/m ²	Type	Ballast Type	Allowed	Total Area	Total Power	Total Allowed	Difference	Difference
										Watt/m ²	m ²	Watt	Watt	Watt	%
Prep School	Block B	Ground	Conference Hall (300 people)	1	448.00	3686.00	8.2	Fluorescent	Magnetic	8.00	448.00	3686	3584	102	3%
Prep School	Block A	Ground	Floor Corridor	1	168.00	2160.00	12.9	Fluorescent	Magnetic	5.00	168.00	2160	840	1320	157%
Prep School	Block A	Ground	WC	1	34.60	624.00	18.0	Incandescent	Magnetic	10.00	34.60	624	346	278	80%
Prep School	Block A	Ground	WC	1	34.60	624.00	18.0	Fluorescent	Magnetic	10.00	34.60	624	346	278	80%
Prep School	Block A	Ground	Conference Hall	1	110.50	1008.00	9.1	Fluorescent	Magnetic	8.00	110.50	1008	884	124	14%
Prep School	Block A	Ground	Conference Hall	1	89.50	1008.00	11.3	Fluorescent	Magnetic	8.00	89.50	1008	716	292	41%
Prep School	Block A	Ground	Floor Corridor	1	342.20	4392.00	12.8	Fluorescent	Magnetic	5.00	342.20	4392	1711	2681	157%
Prep School	Block A	Ground	Stairs	1	15.90	144.00	9.1	Fluorescent	Magnetic	6.00	15.90	144	95	49	51%
Prep School	Block A	1st Floor	Lounge/Recreation	1	130.67	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	13.00	130.67	1260	1699	-439	-26%
Prep School	Block A	1st Floor	Cafeteria	1	144.13	1944.00	13.5	Fluorescent	Magnetic	10.00	144.13	1944	1441	503	35%
Prep School	Block A	1st Floor	Club Room	1	130.68	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	10.00	130.68	1260	1307	-47	-4%
Prep School	Block A	1st Floor	WC	1	37.10	624.00	16.8	Fluorescent	Magnetic	10.00	37.10	624	371	253	68%
Prep School	Block A	1st Floor	Floor Corridor	1	31.20	576.00	18.5	Fluorescent	Magnetic	5.00	31.20	576	156	420	269%
Prep School	Block A	1st Floor	WC	1	34.20	624.00	18.2	Fluorescent	Magnetic	10.00	34.20	624	342	282	82%
Prep School	Block A	1st Floor	Club Room	1	130.67	2016.00	15.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.67	2016	1960	56	3%
Prep School	Block A	1st Floor	Club Room	1	65.80	864.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	864	987	-123	-12%
Prep School	Block A	1st Floor	Club Room	1	65.80	1080.00	16.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	1080	987	93	9%
Prep School	Block A	1st Floor	Club Room	1	130.68	1296.00	9.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.68	1296	1960	-664	-34%
Prep School	Block A	1st Floor	Storage	1	33.00	432.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	3.00	33.00	432	99	333	336%
Prep School	Block A	1st Floor	Stairs	1	15.90	144.00	9.1	Fluorescent	Magnetic	6.00	15.90	144	95	49	51%
Prep School	Block A	1st Floor	Floor Corridor	1	78.60	576.00	7.3	Fluorescent	Magnetic	5.00	78.60	576	393	183	47%
Prep School	Block A	1st Floor	Atrium	1	361.00	3924.00	10.9	Fluorescent	Magnetic	6.00	361.00	3924	2166	1758	81%
Prep School	Block A	2nd Floor	Open Office	1	130.67	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	130.67	1260	1568	-308	-20%
Prep School	Block A	2nd Floor	Cafeteria	1	144.13	1944.00	13.5	Fluorescent	Magnetic	10.00	144.13	1944	1441	503	35%
Prep School	Block A	2nd Floor	Lab	1	130.68	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.68	1260	1960	-700	-36%
Prep School	Block A	2nd Floor	WC	1	37.10	624.00	16.8	Fluorescent	Magnetic	10.00	37.10	624	371	253	68%
Prep School	Block A	2nd Floor	Floor Corridor	1	31.20	576.00	18.5	Fluorescent	Magnetic	5.00	31.20	576	156	420	269%
Prep School	Block A	2nd Floor	WC	1	34.20	624.00	18.2	Fluorescent	Magnetic	10.00	34.20	624	342	282	82%
Prep School	Block A	2nd Floor	Lab	1	130.67	2016.00	15.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.67	2016	1960	56	3%
Prep School	Block A	2nd Floor	Lab	1	65.80	864.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	864	987	-123	-12%
Prep School	Block A	2nd Floor	Lab	1	65.80	1080.00	16.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	1080	987	93	9%
Prep School	Block A	2nd Floor	Lab	1	130.68	1296.00	9.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.68	1296	1960	-664	-34%
Prep School	Block A	2nd Floor	Storage	1	33.00	432.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	3.00	33.00	432	99	333	336%
Prep School	Block A	2nd Floor	Stairs	1	15.90	144.00	9.1	Fluorescent	Magnetic	6.00	15.90	144	95	49	51%
Prep School	Block A	2nd Floor	Floor Corridor	1	78.60	576.00	7.3	Fluorescent	Magnetic	5.00	78.60	576	393	183	47%
Prep School	Block A	2nd Floor	Atrium	1	361.00	3924.00	10.9	Fluorescent	Magnetic	6.00	361.00	3924	2166	1758	81%
Prep School	Block A	3rd Floor	Open Office	1	130.67	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	130.67	1260	1568	-308	-20%
Prep School	Block A	3rd Floor	Cafeteria	1	144.13	1944.00	13.5	Fluorescent	Magnetic	10.00	144.13	1944	1441	503	35%
Prep School	Block A	3rd Floor	Lab	1	130.68	1260.00	9.6	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.68	1260	1960	-700	-36%
Prep School	Block A	3rd Floor	WC	1	37.10	624.00	16.8	Fluorescent	Magnetic	10.00	37.10	624	371	253	68%
Prep School	Block A	3rd Floor	Floor Corridor	1	31.20	576.00	18.5	Fluorescent	Magnetic	5.00	31.20	576	156	420	269%
Prep School	Block A	3rd Floor	WC	1	34.20	624.00	18.2	Fluorescent	Magnetic	10.00	34.20	624	342	282	82%
Prep School	Block A	3rd Floor	Lab	1	130.67	2016.00	15.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.67	2016	1960	56	3%
Prep School	Block A	3rd Floor	Lab	1	65.80	864.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	864	987	-123	-12%
Prep School	Block A	3rd Floor	Lab	1	65.80	1080.00	16.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	65.80	1080	987	93	9%
Prep School	Block A	3rd Floor	Lab	1	130.68	1296.00	9.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	130.68	1296	1960	-664	-34%
Prep School	Block A	3rd Floor	Storage	1	33.00	432.00	13.1	Fluorescent	Magnetic	3.00	33.00	432	99	333	336%
Prep School	Block A	3rd Floor	Stairs	1	15.90	144.00	9.1	Fluorescent	Magnetic	6.00	15.90	144	95	49	51%
Prep School	Block A	3rd Floor	Floor Corridor	1	78.60	576.00	7.3	Fluorescent	Magnetic	5.00	78.60	576	393	183	47%
Prep School	Block A	3rd Floor	Atrium	1	361.00	3924.00	10.9	Fluorescent	Magnetic	6.00	361.00	3924	2166	1758	81%
Prep School	Block A									5411.59	63506	51458	12048	23%	
Prep School	Block B	Ground	Dining Hall	1	304.40	7416.00	24.4	Fluorescent	Magnetic	10.00	304.40	7416	3044	4372	144%
Prep School	Block B	Ground	Snackbar	1	26.70	432.00	16.2	Fluorescent	Magnetic	10.00	26.70	432	267	165	62%
Prep School	Block B	Ground	Kitchen	1	24.10	432.00	17.9	Fluorescent	Magnetic	13.00	24.10	432	313	119	38%
Prep School	Block B	Ground	Storage	1	10.80	216.00	20.0	Fluorescent	Magnetic	9.00	10.80	216	97	119	122%
Prep School	Block B	Ground	Corridor	1	122.14	1440.00	11.8	Fluorescent	Magnetic	5.00	122.14	1440	611	829	136%
Prep School	Block B	Ground	WC	1	55.70	920.00	16.5	Incandescent		10.00	55.70	920	557	363	65%
Prep School	Block B	Ground	Office	1	29.50	432.00	14.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	29.50	432	354	78	22%
Prep School	Block B	Ground	Classrooms	1	210.70	3024.00	14.4	Fluorescent	Magnetic	15.00	210.70	3024	3161	-137	-4%
Prep School	Block B	Ground	Classroom	1	66.81	1728.00	25.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	66.81	1728	1002	726	72%
Prep School	Block B	1st Floor	Classrooms	1	607.80	14544.00	23.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	607.80	14544	9117	5427	60%
Prep School	Block B	1st Floor	Corridor	1	268.94	3960.00	14.7	Fluorescent	Magnetic	5.00	268.94	3960	1345	2615	194%
Prep School	Block B	1st Floor	WC	1	32.40	320.00	9.9	Incandescent		10.00	32.40	320	324	-4	-1%
Prep School	Block B	1st Floor	Storage Rooms	1	73.30	1296.00	17.7	Fluorescent	Magnetic	9.00	73.30	1296	660	636	96%
Prep School	Block B	1st Floor	Corridor	1	122.14	1440.00	11.8	Fluorescent	Magnetic	5.00	122.14	1440	611	829	136%
Prep School	Block B	2nd Floor	Computer Lab	1	41.10	576.00	14.0	Fluorescent	Magnetic	12.00	41.10	576	493	83	17%
Prep School	Block B	2nd Floor	Empty Rooms	1	222.80	2880.00	12.9	Fluorescent	Magnetic	15.00	222.80	2880	3342	-462	-14%
Prep School	Block B	2nd Floor	Storage Rooms	1	76.90	936.00	12.2	Fluorescent	Magnetic	9.00	76.90	936	692	244	35%
Prep School	Block B	2nd Floor	Offices	1	146.70	2016.00	13.7	Fluorescent	Magnetic	12.00	146.70	2016	1760	256	15%
Prep School	Block B	2nd Floor	Meeting Room	1	23.50	360.00	15.3	Fluorescent	Magnetic	14.00	23.50	360	329	31	9%
Prep School	Block B	2nd Floor	Video Room	1	34.46	216.00	6.3	Fluorescent	Magnetic	12.00	34.46	216	414	-198	-48%
Prep School	Block B	2nd Floor	Workshop	1	41.10	576.00	14.0	Fluorescent	Magnetic	20.00	41.10	576	822	-246	-30%
Prep School	Block B	2nd Floor	Kitchen	1	12.50	144.00	11.5	Fluorescent	Magnetic	13.00	12.50	144	163	-19	-11%
Prep School	Block B	2nd Floor	WC	1	42.21	1012.00	24.0	Fluorescent	Magnetic	10.00	42	1012	422	590	140%
Prep School	Block B	2nd Floor	Corridor	1	313.74	4680.00	14.9	Fluorescent	Magnetic	5.00	314	4680	1569	3111	198%
Prep School	Block B	2nd Floor	Offices	1	146.70	2016.00	13.7	Fluorescent	Magnetic	12.00	147	2016	1760	256	15%
Prep School	Block B									3057	53012	33228	19784	60%	
Prep School	ALL									8469	116518	84686	31832	38%	

Table H.1. Lighting power and densities benchmark tables (cont.).

Building	Wing/Block	Floor	Type/Use	Qty	Area m ²	Power Watt	LPD Watt/m ²	Type	Ballast Type	Allowed	Total Area	Total Power	Total Allowed	Difference	Difference
										Watt/m ²	m ²	Watt	Watt	Watt	%
Hotel	Block C	Ground	Office	1	16.00	288.00	18.0	Fluorescent	Magnetic	12.00	16.00	288	192	96	50%
Hotel	Block C	Ground	Office	1	16.00	216.00	13.5	Fluorescent	Magnetic	12.00	16.00	216	192	24	13%
Hotel	Block C	Ground	Technical Room	1	16.00	288.00	18.0	Fluorescent	Magnetic	16.00	16.00	288	256	32	13%
Hotel	Block C	Ground	WC	1	44.60	972.00	21.8	Incandescent	Magnetic	10.00	44.60	972	446	526	118%
Hotel	Block C	Ground	Lockers	1	11.40	178.00	15.6	Incandescent	Magnetic	6.00	11.40	178	68	110	160%
Hotel	Block C	Ground	Storage	1	30.30	180.00	5.9	Fluorescent	Magnetic	9.00	30.30	180	273	-93	-34%
Hotel	Block C	Ground	Kitchen	1	35.00	936.00	26.7	Fluorescent	Magnetic	13.00	35.00	936	455	481	106%
Hotel	Block C	Ground	Storage	1	22.00	360.00	16.4	Incandescent	Magnetic	9.00	22.00	360	198	162	82%
Hotel	Block C	Ground	Atrium	1	435.00	7080.00	16.3	Incandescent	Magnetic	6.00	435.00	7080	2610	4470	171%
Hotel	Block C	1st Floor	Motel Room	22	11.20	120.00	10.7	Fluorescent	Magnetic	12.00	246.40	2640	2957	-317	-11%
Hotel	Block C	1st Floor	WC	22	5.00	58.00	11.6	Incandescent	Magnetic	10.00	110.00	1276	1100	176	16%
Hotel	Block C	1st Floor	Storage	2	6.90	72.00	10.4	Fluorescent	Magnetic	3.00	13.80	144	41	103	248%
Hotel	Block C	1st Floor	Atrium	1	179.00	480.00	2.7	Incandescent	Magnetic	6.00	179.00	480	1074	-594	-55%
Hotel	Block C	1st Floor	Balcony	22	3.30	40.00	12.1	Incandescent	Magnetic		72.60	880	0	880	#DIV/0!
Hotel	Block C	2nd Floor	Motel Room	22	11.20	120.00	10.7	Fluorescent	Magnetic	12.00	246.40	2640	2957	-317	-11%
Hotel	Block C	2nd Floor	WC	22	5.00	58.00	11.6	Incandescent	Magnetic	10.00	110.00	1276	1100	176	16%
Hotel	Block C	2nd Floor	Storage	2	6.90	72.00	10.4	Fluorescent	Magnetic	3.00	13.80	144	41	103	248%
Hotel	Block C	2nd Floor	Atrium	1	179.00	480.00	2.7	Incandescent	Magnetic	6.00	179.00	480	1074	-594	-55%
Hotel	Block C	2nd Floor	Balcony	22	3.30	40.00	12.1	Incandescent	Magnetic		72.60	880	0	880	#DIV/0!
Hotel	Block C									1869.90	21338	15035	6304	42%	
2nd Dorm		Basement	Technical Room	1	261.00	864.00	3.3	Fluorescent	Magnetic	16.00	261.00	864	4176	-3312	-79%
2nd Dorm		Basement	Floor Corridor	1	16.70	72.00	4.3	Fluorescent	Magnetic	5.00	16.70	72	84	-12	-14%
2nd Dorm		Basement	Stairwell	2	36.00	232.00	6.4	Fluorescent	Magnetic	6.00	72.00	464	432	32	7%
2nd Dorm		Basement	Kitchen	1	26.00	72.00	2.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	26.00	72	338	-266	-79%
2nd Dorm		Basement	Gym	1	380.00	1080.00	2.8	Fluorescent	Magnetic	10.00	380.00	1080	3800	-2720	-72%
2nd Dorm		Ground	Dorm Bedroom	1	25.00	144.00	5.8	Fluorescent	Magnetic	12.00	25.00	144	300	-156	-52%
2nd Dorm		Ground	Dorm Bedroom	2	19.00	144.00	7.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	38.00	288	456	-168	-37%
2nd Dorm		Ground	Locker	1	29.50	676.00	22.9	Fluorescent	Magnetic	6.00	29.50	676	177	499	282%
2nd Dorm		Ground	Floor Corridor	1	33.80	360.00	10.7	Fluorescent	Magnetic	5.00	33.80	360	169	191	113%
2nd Dorm		Ground	Lobby/Reception	1	66.90	1008.00	15.1	Fluorescent	Magnetic	14.00	66.90	1008	937	71	8%
2nd Dorm		Ground	Dorm Bedrooms	1	118.50	1008.00	8.5	Fluorescent	Magnetic	12.00	118.50	1008	1422	-414	-29%
2nd Dorm		Ground	Floor Corridor	1	44.40	720.00	16.2	Fluorescent	Magnetic	5.00	44.40	720	222	498	224%
2nd Dorm		Ground	Library	1	138.20	2880.00	20.8	Fluorescent	Magnetic	12.00	138.20	2880	1658	1222	74%
2nd Dorm		Ground	WC	1	28.80	450.00	15.6	Incandescent	Magnetic	10.00	28.80	450	288	162	56%
2nd Dorm		Ground	Computer Lab	1	102.10	432.00	4.2	Fluorescent	Magnetic	12.00	102.10	432	1225	-793	-65%
2nd Dorm		1st Floor	Dorm Bedrooms	1	395.40	6912.00	17.5	Fluorescent	Magnetic	12.00	395.40	6912	4745	2167	46%
2nd Dorm		1st Floor	WC	1	23.60	450.00	19.1	Fluorescent	Magnetic	10.00	23.60	450	236	214	91%
2nd Dorm		1st Floor	Locker	1	25.00	240.00	9.6	Incandescent	Magnetic	6.00	25.00	240	150	90	60%
2nd Dorm		1st Floor	Dorm Bedroom	1	25.90	144.00	5.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	25.90	144	311	-167	-54%
2nd Dorm		1st Floor	Kitchen	1	25.00	144.00	5.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	25.00	144	325	-181	-56%
2nd Dorm		1st Floor	Floor Corridor	1	214.40	2736.00	12.8	Fluorescent	Magnetic	5.00	214.40	2736	1072	1664	155%
2nd Dorm		2nd Floor	Dorm Bedrooms	1	395.40	6912.00	17.5	Fluorescent	Magnetic	12.00	395.40	6912	4745	2167	46%
2nd Dorm		2nd Floor	WC	1	23.60	450.00	19.1	Fluorescent	Magnetic	10.00	23.60	450	236	214	91%
2nd Dorm		2nd Floor	Locker	1	25.00	240.00	9.6	Incandescent	Magnetic	6.00	25.00	240	150	90	60%
2nd Dorm		2nd Floor	Dorm Bedroom	1	25.90	144.00	5.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	25.90	144	311	-167	-54%
2nd Dorm		2nd Floor	Kitchen	1	25.00	144.00	5.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	25.00	144	325	-181	-56%
2nd Dorm		2nd Floor	Floor Corridor	1	214.40	2736.00	12.8	Fluorescent	Magnetic	5.00	214.40	2736	1072	1664	155%
2nd Dorm		3rd Floor	Dorm Bedrooms	1	395.40	6912.00	17.5	Fluorescent	Magnetic	12.00	395.40	6912	4745	2167	46%
2nd Dorm		3rd Floor	WC	1	23.60	450.00	19.1	Fluorescent	Magnetic	10.00	23.60	450	236	214	91%
2nd Dorm		3rd Floor	Locker	1	25.00	240.00	9.6	Incandescent	Magnetic	6.00	25.00	240	150	90	60%
2nd Dorm		3rd Floor	Dorm Bedroom	1	25.90	144.00	5.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	25.90	144	311	-167	-54%
2nd Dorm		3rd Floor	Kitchen	1	25.00	144.00	5.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	25.00	144	325	-181	-56%
2nd Dorm		3rd Floor	Floor Corridor	1	214.40	1152.00	5.4	Fluorescent	Magnetic	5.00	214.40	1152	1072	80	7%
2nd Dorm		4th Floor	Dorm Bedrooms	1	395.40	10368.00	26.2	Fluorescent	Magnetic	12.00	395.40	10368	4745	5623	119%
2nd Dorm		4th Floor	WC	1	23.60	450.00	19.1	Fluorescent	Magnetic	10.00	23.60	450	236	214	91%
2nd Dorm		4th Floor	Locker	1	25.00	480.00	19.2	Incandescent	Magnetic	6.00	25.00	480	150	330	220%
2nd Dorm		4th Floor	Dorm Bedroom	1	25.90	144.00	5.6	Fluorescent	Magnetic	12.00	25.90	144	311	-167	-54%
2nd Dorm		4th Floor	Kitchen	1	25.00	144.00	5.8	Fluorescent	Magnetic	13.00	25.00	144	325	-181	-56%
2nd Dorm		4th Floor	Floor Corridor	1	214.40	1152.00	5.4	Fluorescent	Magnetic	5.00	214.40	1152	1072	80	7%
2nd Dorm										4218.10	53550	43038	10512	24%	

REFERENCES

1. World Bank, *World Development Report 2010: Development and Climate Change*, World Bank, 2009.
2. United Nations, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, United Nations, 1998.
3. United Nations, *Buildings and Climate Change: Summary for Decision – Makers*, United Nations Environment Programme, 2009.
4. IPCC, *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*, IPCC, 2007.
5. World Green Building Council, *World Green Building Council Europe Network*, World Green Building Council, 2010.
6. Hong, W., M.S. Chiang, R.A. Shapiro and M.L. Clifford, *Building Energy Efficiency: Why Green Buildings are Key to Asia's Future*, pp. 12-13, pp. 47-48, Asia Business Council, Hong Kong, 2007.
7. Unger, G.E. and D.J. Grosse, *A Green Building Compendium*, pp. 16-17, The Earth Day Coalition, Ohio, 1999.
8. Ardente, F., M. Beccali, M. Cellura and M. Mistretta, “Energy and Environmental Benefits in Public Buildings as a Result of Retrofit Actions”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 1, pp. 460-470, 2010.
9. Keskin, T., *Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu*, Republic of Turkey Ministry of Environment and Forestry Climate Change Department, 2010.
10. U.S. Green Building Council, *LEED 2009 for Existing Buildings: Operation and Maintenance Rating System*, U.S. Green Building Council, 2008.
11. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*, Official Gazette no: 27075, date: 5th May 2008.
12. Türk Standardları Enstitüsü, *Thermal Insulation Requirements for Buildings, Turkish Standard TS 825*, 2008.
13. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, ASHRAE Standard ASHRAE 90.1-2007, ASHRAE, 2007.
14. U.S. Environmental Protection Agency, “*Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions & Sinks: 1990-2009*”, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, 2011.

15. Okay N. and U. Akman, "Analysis of ESCO Activities Using Country Indicators", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, No. 1, pp. 2760-2771, 2010.
16. Dongyan, I., "Fiscal and Tax Policy Support for Energy Efficiency Retrofit for Existing Residential Buildings in China's Northern Heating Region", *Energy Policy*, Vol. 37, No. 6, pp. 2113-2118, 2009.
17. Woods, T., "Retrofitting the Building Envelope is the Most Cost-Effective Path to Reducing Energy Use in Buildings", in N.T. Bayazit, G. Manioğlu, G.K. Oral, Z. Yılmaz (eds.), *Proceedings of the Fourth International Building Physics Conference: Energy Efficiency and New Approaches*, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, pp. 309-315, 2009.
18. Verbeeck G., R. De Coninck, K. Achten and J. Van der Veken, "Economic Feasibility of a More Strict Energy Performance Regulation", in N.T. Bayazit, G. Manioğlu, G.K. Oral, Z. Yılmaz (eds.), *Proceedings of the Fourth International Building Physics Conference: Energy Efficiency and New Approaches*, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, pp. 985-992, 2009.
19. Ozbek, G., "Borularda Isı Kaybı ve Yalıtımı", *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Vol. 20, No. 1, pp. 4-6, 1994.
20. Ozakıncı, N., "Energy Saving of Heating Systems", *HVAC, Refrigeration, Fire Fighting and Sanitary Journal*, Vol. 28, No. 2, pp. 1-7, 2010.
21. Ozdemiroglu, M. and I. C. Parmaksızoglu, "Mekanik Tesisatta Ekonomik Yalıtım Kalınlığı", *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Vol. 91, No. 1, pp. 39-45, 2006.
22. Magoon, L. B., *Are We Running Out of Oil?*, USGS Open-File Report 00-320, 2000, <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-320/>, accessed at August 2010.
23. Esin T. and İ. Yüksek, "Yapılarda Enerji Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi", *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Turkey, 2011.
24. Gürlesel, C., *Fundamental Indicators for Turkish Real Estate Industry* (in Turkish), GYODER, Istanbul, 2009.
25. Ciochetti, B. A. and M. D. McGowan, "Energy Efficiency Improvements: Do they Pay?", *The Journal of Sustainable Real Estate*, Vol. 2, No. 4, pp. 305-333, 2010.
26. Hens H., G. Verbeeck, B. Verdonck, "Impact of Energy Efficiency Measures on the CO₂ Emissions in the Residential Sector, A Large Scale Analysis", *Energy and Buildings*, Vol. 33, No. 3, pp. 275-281, 2001.

27. Hens, H. and G. Verbeeck, "Life Cycle Optimization of Extremely Low Energy Dwellings", *Journal of Building Physics*, Vol. 31, No. 2, pp. 143-177, 2007.
28. Hens, H. and G. Verbeeck, "Energy Savings in Retrofitted Dwellings: Economically Viable?", *Energy and Buildings*, Vol. 37, No. 7, pp. 747-754, 2005.
29. Ardente, F., M. Beccali, M. Cellura and M. Mistretta, "Energy and Environmental Benefits in Public Buildings as a Result of Retrofit Actions", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 1, pp. 460-470, 2011.
30. Mahlia, T. M. I., H. A. Razak and M. A. Nursahida, "Life Cycle Cost Analysis and Payback Period of Lighting Retrofit at the University of Malaya", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 2, pp. 1125-1132, 2011.
31. Sadineni, S. B., T. M. France and R. F. Boehm, "Economic Feasibility of Energy Efficiency Measures in Residential Buildings", *Renewable Energy*, Vol. 36, No. 11, pp. 2925-2931, 2011.
32. IZODER, TS 825 Calculation Software, IZODER Association of Thermal Insulation, Waterproofing, Sound Insulation and Fireproofing Material Producers, Suppliers and Applicators, 2010, <http://www.izoder.org.tr/Izoder.asp?ID=171&ID2=178>, accessed at April 2010.
33. USGBC, LEED Certificaton Software, USGBC, 2009
<https://www.leedonline.com/irj/servlet/prt/portal/prtroot/com.sap.portal.navigation.portallauncher.anonymous>, accessed at May 2009.
34. U.S. Environmental Protection Agency and the U.S. Department of Energy, Portfolio Manager, Energy Star, 2009
http://www.energystar.gov/index.cfm?c=evaluate_performance.bus_portfoliomanager, accessed at June 2009.
35. Developer Of Excel Solver, Premium Solver Platform for Excel, Frontline Solutions, 2007, <http://www.solver.com/xlspatform.htm> , accessed at June 2009.

REFERENCES NOT CITED

1. Carvalho, M.M.Q., E.L. La Rovere and A.C.M. Goncalves, “Analysis of Variables that Influence Electric Energy Consumption in Commercial Buildings in Brazil”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, No. 2, pp. 3199-3205, 2010.
2. Lee, W. L., F.W.H. Yik and P. Jones, “A Strategy for Prioritising Interactive Measures for Enhancing Energy Efficiency of Air-conditioned Buildings”, *Energy*, Vol. 28, No. 1, pp: 877-893, 2003.
3. Ma, Z. and S. Wang, “Building Energy Research in Hong Kong: A Review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No. 8, pp. 1870-1883, 2009.
4. Omer, A. M., “Renewable Building Energy Systems and Passive Human Comfort Solutions”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 6, pp. 1562-1587, 2008.
5. Wang, J., Y. Y. Jing, C. F. Zhang and J. H. Zhao, “Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No. 6, pp. 2263-2278, 2009.