



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONUT ENERJİ VERİMLİLİĞİ PERFORMANS ANALİZİ İÇİN
DİNAMİK BİR SİMÜLASYON MODELİ**

DİLARA GÖKÇEN ÜNER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ AYŞEGÜL KAYA**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONUT ENERJİ VERİMLİLİĞİ PERFORMANS ANALİZİ İÇİN
DİNAMİK BİR SİMÜLASYON MODELİ

Dilara GÖKÇEN ÜNER tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül KAYA

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül KAYA

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi A. Hakan POLAT

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim ÇİL

Sakarya Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 05/04/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

05 Nisan 2018

Dilara GÖKÇEN ÜNER

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül Tanrıverdi Kaya'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen ve her daim bana bir telefon mesafesi uzaklığında olan End. Müh. Emre Göktepe'ye ve Prof. Dr. Ülkem Yararbaş'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez yazma sürecimde fiziksel ve ruhsal sağlığımı korumak için azami çaba harcayan eşim Dyt. Mete Han Ünere, motivasyonlarıyla hep yanımda olan biricik aileme, sevgili komşularıma ve çok değerli çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

05 Nisan 2018

Dilara GÖKÇEN ÜNER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ARAŞTIRMA MOTİVASYONU.....	1
1.2. PROBLEMİN TANIMI: ÇALIŞMANIN AMACI.....	3
1.3. ARAŞTIRMA YAKLAŞIMI	3
2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ.....	5
2.1. YAPIM PROJELERİNİN ÖZELLİKLERİ	5
2.2. TADİLAT PROJELERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	5
2.3. BİNA ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAVRAMI.....	6
2.3.1. Dünyada Bina Enerji Verimliliği Uygulamaları.....	7
2.3.2. Türkiye’de Bina Enerji Verimliliği Uygulamaları	9
2.4. YAPIM PROJELERİNDEKİ MEVCUT ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ YÖNTEMLERİ.....	11
2.5. SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI	14
2.5.1. Sistem Dinamiklerinin Tarihi.....	14
2.5.2. Sistemik Geribildirim Yaklaşımı.....	16
2.5.3. Sistem Dinamiklerini Oluşturan Temel Kavramlar.....	17
2.5.3.1. Sistem Dinamiği Araçları ve Modelleme Yaklaşımı	20
A. Stok Ve Akış Değişkenleri	21
B. Yardımcı Değişkenler.....	24
C. Olumlu Ve Olumsuz Geri Bildirim Döngüleri ve Nedensel Döngü Diyagramı Oluşumu	24

2.5.4. Sistem Dinamikleri Uygulama Alanları.....	25
2.6. YAPIM PROJESİ YÖNETİMİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ UYGULAMALARI	26
2.7. YAPILI ÇEVREDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAZLI SİSTEM DİNAMİĞİ UYGULAMALARI	34
3. METODOLOJİ	39
3.1. BİNA ENERJİ VERİMLİLİĞİ DİNAMİKLERİNİN BELİRLENMESİ ...	39
3.1.1. Sistem Dinamikleri Modelinin Çerçevesi (Kalitatif Model)	41
3.2. PROBLEM HİPOTEZİNİN TANIMLANMASI	44
3.3. SAYISAL MODEL OLUŞUMU.....	44
3.4. ÖRNEK DURUM ÇALIŞMASI.....	45
3.4.1. Parametrelerin Tahmini.....	49
3.4.2. Modelin Geçerliliğinin Sağlanması	60
3.4.3. Senaryo Analizi	62
5. SONUÇ	68
5.1. TARTIŞMA	68
5.2. SONUÇ	73
5.3. ARAŞTIRMANIN KATKISI	74
5.4. KISITLAR VE GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER.....	75
7. KAYNAKÇA	76
8. EKLER	81
8.1. MODEL HESAPLAMALARI.....	81
8.2. MODEL DENKLEMLERİ VE FONKSİYONLARI	96
8.3. DOĞALGAZ KULLANIMI TABLOSU	108
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Karakteristik dinamik davranış diyagramları.	16
Şekil 2.2. Dinamik davranış türlerinin grafiklerle detaylı gösterimi [26].	18
Şekil 2.3 Nüfusu etkileyen dış etmenlerin gösterimi [26].	19
Şekil 2.4. Nüfusu etkileyen iç etmenlerin gösterimi [26].	20
Şekil 2.5. Stok ve akış diyagramları gösterimi [1].	22
Şekil 2.6. Hidrolik metafor ve stok-akış yapılarının matematiksel eşitlik durumları [1].	22
Şekil 2.7. Stok ve akış birimleri örnekleri [1].	23
Şekil 2.8. Pozitif ve negatif döngüler.	24
Şekil 2.9 (a), (b). Nedensel döngü işaretleri	25
Şekil 3.1. Konut enerji verimliliğinin genel yapısının niteliksel olarak gösterimi.	43
Şekil 3.2. Temel niceliksel stok-akış modeli.	45
Şekil 3.3. Örnek konutun arazi yerleşiminin imar planında gösterimi.	46
Şekil 3.4. Örnek konutun dışarıdan görünüşleri.	46
Şekil 3.5. Örnek konutun oturma odasından birkaç kesit.	47
Şekil 3.6. Örnek konutun salonuna ait fotoğraflar.	47
Şekil 3.7. Örnek konutun mutfağından çekilmiş kareler.	47
Şekil 3.8. Örnek konutun plan gösterimi. Planda kırmızı çizgi kalorifer peteklerini ifade ederken, turuncu kareler aydınlatma noktalarını belirtmektedir.	48
Şekil 3.9. Niceliksel model stok-akış diyagramı ve parametrelerin genel şematizasyonu.	50
Şekil 3.10. Mutfak birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	52
Şekil 3.11. Oturma odası birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	53
Şekil 3.12. Yatak odası birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	54
Şekil 3.13. Salon birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	55
Şekil 3.14. Hol birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	56
Şekil 3.15. Banyo birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	57
Şekil 3.16. WC birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	58
Şekil 3.17. Oda birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.	59
Şekil 3.18. Isı değişimi grafiği.	60
Şekil 3.19. Dış hava sıcaklığı – Gereken ısı miktarı çizelgesi. Mavi çizgiler günlük dış ortam sıcaklığını gösterirken, kırmızı çizgiler tahmini günlük ısı girişlerini ifade etmektedir.	61
Şekil 3.20. Model validasyonu grafiği (Termal Kütlenin Belirlenmesi).	61
Şekil 3.21. Referans modu grafiği. Senaryo analizi uygulamalarından önceki ilk simülasyon grafiğini ifade etmektedir.	62
Şekil 3.22. Senaryo 1; ayarlanan sıcaklığın düşürülmesiyle oluşan simülasyon grafiği (Kırmızı renkli eğri 1. Senaryonun gösterimidir).	63
Şekil 3.23. Senaryo 2; İzolasyon etkisiyle gerçekleşen, harcanan ısı grafiği (Kırmızı renkli eğri 2. Senaryonun gösterimidir).	66
Şekil 3.24. Senaryo 3; İki senaryonun aynı anda uygulanmasıyla oluşan tüketilen ısı grafiği (Pembe renkli eğri 3. Senaryonun gösterimidir).	67

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Farklı alanlarda kullanılan stok ve akış terminolojileri [1].	21
Çizelge 3.1.TSE’de yer alan örnek yapıya ait değerler çizelgesi [61].....	65



KISALTMALAR

3-e	Ekoloji-Ekonomi-Enerji
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AIDS	Edinilmiş Bağışıklık Eksikliği Sendromu
BİM	Yapı Bilgi Modellemesi
BTK	Bilgi Teknolojisi Kullanımı
BYK	Bilgi Yönetimi Kapasitesi
CO ₂	Karbondiyoksit
D	Dengeleyici (Döngü)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPS	Genişletilmiş Polistiren
GB	Güney Batı
GD	Güney Doğu
GKPS	Girişim Kaynağı Planlama Sistemi
HVAC	Isıtma-Havalandırma-İklimlendirme
HIV	İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü
ISEV	Isıtma ve Soğutma Enerji Verimliliği
İEGK	İnşaat Endüstrisi Geliştirme Komisyonu
İ-GKPS	İnşaat Girişimi Kaynak Planlama Sistemi
İKB	İskandar Kalkınma Bölgesi
İÜİ	İlk Ulusal İletişim
KB	Kuzey Batı
KD	Kuzey Doğu
KET	Konut Enerjisi Talebi
KETCE	Konut Enerji Tüketimi ve CO ₂ Emisyonu
KETÜ	Konut Enerji Tüketimi
KÖO	Kamu-Özel-Ortaklık
KPG	Kalite Performansının Geliştirilmesi
MIT	Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
NASA	Ulusal Havacılık Ve Uzay Dairesi
NDD	Nedensel Döngü Diyagramı
OECD	Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Örgütü
P	Pekiştirici (Döngü)
SA	Sistem Analizi
SAGE	Yarı Otomatik Zemin Ortamı
SD	Sistem Dinamikleri
SM	Sistem Mühendisliği
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TAH	Tarek-Abdel-Hamid
TS	Türk Standartları
UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
XPS	Ekstrüde Polistiren

SİMGELER

λ	Isı İletkenlik Katsayısı
$^{\circ}\text{C}$	Celcius
A	Isı Kaybedilen Yüzey
Cal	Kalori
cm	Santimetre
d	Yapı Elemanı Kalınlığı
GWh	GigaWatt*Saat
k	Isı İletim Katsayısı
kcal/h	Kilokalori/Saat
kcal/m ² h	Kilokalori/Metrekare*Saat
kcal/m ³ h	Kilokalori/Metreküp*Saat
kWh/m ²	KiloWatt*Saat/ Metrekare
m	Metre
m ²	Metrekare
m ² K/W	Metrekare*Kelvin/Watt
m ³	Metreküp
R	Isı Geçirgenlik Direnci
U	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
W/m ² K	Watt/Metrekare*Kelvin
W/mK	Watt/Metre*Kelvin

ÖZET

KONUT ENERJİ VERİMLİLİĞİ PERFORMANS ANALİZİ İÇİN DİNAMİK BİR SİMÜLASYON MODELİ

Dilara GÖKÇEN ÜNER

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül KAYA

Nisan 2018, 108 sayfa

Bina tasarımında, etkili bir karar verme sürecinin oluşabilmesi için, mimarlık, inşaat mühendisliği, elektrik ve makine mühendisliği, peyzaj mimarlığı gibi farklı disiplinlerin aynı mekanizma içinde yer alması gerekir. Nitekim bu disiplinlerin bir planlama mekanizması olmadan entegrasyonu kolay değildir. Bu noktada, proje yönetimi, yeni bina yapımı ve yenileme projelerinde, hangi politikanın tercih edilebilir olduğu ve doğru politikaya karar verme mekanizmalarını yöneterek farklı disiplinlerin bir bütünlük içinde olmasını sağlar. Bina inşaat sektöründe ani değişimler diğer alanlara kıyasla daha fazla riski beraberinde getirir. İnşaat sektöründeki bu belirsizliklere karşı farklı yaklaşımlarda ve çözüm önerilerinde bulunmak da kaçınılmaz bir hal almaktadır. Karmaşık projelerdeki anlık değişimleri ve riskleri öngörerek bu değişimlere zamanında müdahale edebilmenin en etkili yöntemlerinden birisi simülasyon modelleme tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de yeni binaların tasarımı veya eski binaların izolasyonu dışında, mevcut binalarda enerji verimliliği uygulaması yaygın değildir ve bu konuda yeni planlama çalışmaları yapılmalı ve uygulanabilir politikalar geliştirilmelidir. Bu nedenle araştırmada, bütüncül bakış açısıyla, var olan bir bina yapım projesini anlamaya ve simülasyon modelleme yöntemiyle proje dinamiklerini analiz etmeye olanak tanıyan “sistem dinamikleri” yaklaşımı ele alınmıştır. Sistem dinamikleri yaklaşımı, projelerde ayrıntılı bileşenlerden oluşan modelleri gerektiren geleneksel yöntemleri reddetmekte ve dinamiklerin davranış modları, geribildirim ilişkileri ve stok-akış diyagramları üzerine odaklanmaktadır. Tezde, sistem dinamikleri metodolojisini bir durum çalışmasıyla uygulayarak, bina yapısı ve yenileme eyleminin ve aynı zamanda kullanıcı davranışının temel alındığı bir konut binasının enerji verimliliğini artırmak amaçlanmaktadır. Sistemin davranış ve risklerini doğru bir şekilde kontrol edebilmek için de, bina enerji verimliliği sistemine etki eden parametreler arasındaki ilişkiler üzerinde durulmaktadır. Aynı zamanda simülasyon ile, önerilen enerji verimliliği politikalarının incelenmesi ve politikaların uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Araştırmada sonuç olarak, sistem dinamikleri simülasyon modelleme yönteminin işlevselliği, yapıda değişikliklere sebep olan parametrelerin stok-akış diyagramındaki durumunun analiz edilmesi ve buna bağlı olarak konut enerji verimliliği uygulamaları için önerilen senaryoların değerlendirilmesi öngörülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Isıl konsept, Konut enerji verimliliği, Senaryo analizi, Simülasyon modelleme, Sistem dinamikleri.

ABSTRACT

A DYNAMIC SIMULATION MODEL FOR ANALYZING THE RESIDENTIAL ENERGY EFFICIENCY PERFORMANCE

Dilara GOKCEN UNER

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aysegul KAYA

April 2018, 108 pages

The design of a building necessitate different disciplines -architecture, civil, electrical and mechanical engineering, landscape architecture, etc.- to participate to the whole process of the decision making. It is hard the integration of these disciplines without a planning mechanism. At this point of view, project management is integrated to the projects in the phase of building retrofitting and new building construction through the preference availability and decision making of policies. Building construction industry is damaged from risks a lot when a sudden change occurred, in comparison with other fields. Therefore unidentifications in construction industry addresses different approaches and solution techniques including simulation methods become mandatory against to increasing number of changes in projects and their complexity. Apart from the design of new buildings in Turkey or the isolation of old buildings, there is no energy efficiency application for existing buildings. In this matter, new planning studies and applicable policies should be developed. In the thesis, “System Dynamics” modeling technique supporting a holistic view of arrangement is applied for understanding and simulation of existing building construction project. System dynamics approach rejects traditional methods requiring detailed component models in projects, and it focuses on behavioral modes, feedback relations of dynamics and stock-flow diagrams. Furthermore, the objective of this study is to provide building energy efficiency of a residential building based on building structure and retrofitting action and also end-user behavior by applying system dynamics methodology. Therefore, a case house is studied for simulation model. Moreover, with system dynamics approach, interrelations of impact parameters based on building energy efficiency system are emphasized to provide right control of the systemic behavior and risks. Also the method provides to be foreseen the general situation of the project by examining energy efficiency policies and assessing the applicability of the policies in the simulation program. In conclusion, the study is supposed to prove the workability of the system dynamics simulation model, to evaluate the effects of the changes that can be made on the building, taking into account the variables in the stock-flow diagram and analyze the effects of possible scenarios on energy efficiency implementations.

Keywords: Residential energy efficiency, Scenario analysis, Simulation modeling, System dynamics, Thermal concept.



1. GİRİŞ

1.1. ARAŞTIRMA MOTİVASYONU

Yapım projelerinde, genel planlama organizasyonu ve projenin tasarımından uygulamanın bitimine kadar bir kontrol mekanizmasının bulunmasına gereksinim duyulmaktadır. Hem büyük ölçekli hem de küçük ölçekli yapı projelerinde talepler ve bu talepler doğrultusunda oluşan süreçlerin yönetilmesindeki karmaşıklık günden güne artmaktadır. Uzun vadede, bu hususlar bir projenin temel taşları olan zaman, kapsam ve amaç değişikliklerine neden olmakta, ayrıca proje performans ve maliyetinde de değişiklikler meydana getirmektedir. Örneğin; bir projenin tasarım sonrası uygulama aşamasında, müşterinin farklı talepleri, bütçeyi aşmanın yanı sıra gecikmeleri de beraberinde getirmektedir. Sadece müşteri taleplerindeki değişiklikler değil, yüklenici veya işçi hataları da proje kalitesinde veya kapsamında, maliyetli dalgalanma, aksamalar, çizelgenin kayması vb. gibi etkilere değişiklere sebep olmaktadır. Kimi kez sorunlar konusunda uzlaşılsa da, çoğu zaman anlaşmaya varılması zordur ve projelerin büyük eksikliklerle sonlandırılması gerekebilir.

Yıllar geçtikçe, ihtiyaç ve istekler, sürdürülebilir bağlamda ve inşaat sektöründeki yapısal değişikliklere karşı, yönetsel güçlüklerin sebep olduğu karmaşıklığın içinde kendilerine yer edinmişlerdir. İnşaat sektörü özellikle iki önemli noktada, sürdürülebilirlik kavramı çerçevesince enerji verimliliği konusu ile karşı karşıya gelmektedir. Birincisi, gayrimenkul sektörü diğer insan eylemlerine kıyasla çevre üzerinde daha etkilidir. Bina ve yapım sektörü OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) ülkelerinde toplam enerjinin % 25-40'ını kullanmaktadır ve ayrıca 'yapılı çevre'nin dünya sera emisyonlarında % 40 oranında payı bulunmaktadır [2]. İkinci nokta, gelişen teknoloji ve yeni malzemelerle inşaat sektörü sürekli gelişmekte ve insanlar yaşam çevrelerindeki konforu artırmak istemektedir. Aynı zamanda sağlıklı ve konfor düzeyi yüksek yaşam alanlarının ekonomik sürdürülebilirliği de önemli bir konu olmaktadır. Giderek artan enerji maliyetleri tüketimin kontrol edilmesini gerekli kılmaktadır. Bütün bu kavramlar yeni yapım veya dönüşüm projelerinin tasarım aşamasında veya dönüşüm planlamasında düşünülmesi gereken konular olmaktadır.

Bir yapının tasarım sürecinde mimarlık, inşaat, elektrik ve makine mühendisliği disiplinlerinin birlikteliği ve koordinasyonu gerekmektedir. Birçok yapıdan oluşan büyük projelerde kütleler arası açık mekân düzenleme gereksinmesi ortaya çıktığından peyzaj mimarlığı disiplini de bu birlikteliğe dâhil olmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir, enerji etkin, ekonomik, konforlu yaşam alanları elde etmek için birçok disiplinin profesyonelce birlikteliği ve koordinasyonu gerekmektedir. Bütünüyle kapsamlı bir etkin karar verme süreci olan tasarım olayı birçok soruna bütüncül bir şekilde yaklaşarak çözüm üretmek zorundadır. Bu bütüncül yaklaşım hem tasarım hem uygulama aşamasında farklı disiplinlerin süreç içindeki koordinasyonunu sağlayarak verimliliği artıracaktır.

Yapının tasarım aşamasında bulunmamış proje yönetiminin, bina tadilatı esnasında problemleri öngörme ve müdahale etme olasılığı, yeni yapım projelerine nazaran daha zor olmaktadır. Yapının enerji performansını artırmaya yönelik tadilatlar, gerek düşük emisyon amacına ulaşılması gerekse kullanıcının ihtiyacına cevap verilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Aynı zamanda, enerji kullanımını etkin bir şekilde desteklemekte ve sürdürülebilir yaşam biçimine katkıda bulunmaktadır [3]. Tüm yapım projelerinde olduğu gibi, tadilat çalışmalarında da, geribildirim, iş programının gecikmesi ve doğrusal olmayan ilişkiler projenin performansını olumsuz yönde etkilemekte, projenin yönetimini, gelecekteki enerji talebinin ve maliyet tasarruflarının tahminini zorlaştırmaktadır [4].

Bina yapım sektörü diğer alanlara kıyasla, tasarım ve yapım sürecinde ani bir değişim meydana geldiğinde oluşan risklerden çok fazla zarar görmektedir. Bu nedenle, süreçlerdeki belirsizlikler, projelerde meydana gelen değişikliklerin ve bunların yol açtığı karmaşıklığın artmasına karşı uygulanması kaçınılmaz hale gelen simülasyon yöntemlerini içeren farklı yaklaşımlar ve çözüm teknikleri arayışını gerektirmektedir.

Bu tezde, enerji verimliliği kavramı simülasyon modelleme yöntemine dayalı sistem dinamiği yaklaşımı ile incelenmiş ve bir konut yapısı üzerinde uygulanarak ele alınmıştır. Enerji verimliliğini artırmak amacıyla tadilatı planlanan konutun, tasarım ve yapım süreci için önerilen senaryolar, bina simülasyon mekanizması aracılığıyla analiz edilmiştir.

1.2. PROBLEMİN TANIMI: ÇALIŞMANIN AMACI

[5]'te, proje yönetiminin, yönetim olgusunun aynı anda hem en önemli ve hem de en az anlaşılmış alanlarından biri olduğu dile getirilmektedir. Süreç boyunca meydana gelen gecikmeler ve maliyet aşımının, inşaat, savunma, enerji üretimi, havacılık, ürün geliştirme, yazılım ve diğer alanlarda istisna olmaktan ziyade bir kural olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca piyasa koşullarında maliyet aşımının; müşteri tasarım değişiklikleri, çeşitli nedenlerden kaynaklanan gecikmeler, yapım aşamasındaki değişen koşullar, dinamik unsurlar, yeniden yapım vb. nedenlerle yaklaşık % 200 oranında arttığı belirtilmektedir.

Yapım projeleri, projenin temelinde (yapısında) var olan sebep-sonuç ilişkilerinden dolayı geri bildirim süreçlerini, sözleşme sürelerindeki gecikmeyi ve doğrusal olmayan çeşitli dinamikleri barındırmaktadır. Bu durum projelerin, anlaşılmaz, öngörülemeyen ve yönetilmesi güç olan karmaşık koşullarda gerçekleşmesine neden olmaktadır [6]. Bu nedenle, proje süreçleri boyunca, proje performansının geliştirilmesi için, zihinsel modeller ve buluşsal karar yöntemleri oluşturulması söz konusu olmaktadır.

Bu araştırma, bina enerji verimliliği bağlamında proje parametrelerinin ilişkileri hakkındaki bilgi kapasitesinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Ayrıca çalışmada, enerji performans değerlendirmesi yapılması hedeflenmekte ve önerilen farklı senaryoların performansa olan etkileri sistem dinamikleri (SD) simülasyon modellemesi ile analiz edilmektedir. Dolayısıyla araştırma; “Proje yönetiminin, hem tasarım hem de uygulama sürecinde etkili bir özelliği olan dinamik yapısı bina enerji performansını nasıl etkilemektedir?” sorusuyla yönelmekte ve sorunsal, matematiksel denklemleri içeren bilgisayar simülasyon programları ve ayrıntılı diyagramlarla incelenmektedir.

1.3. ARAŞTIRMA YAKLAŞIMI

Çalışmada mevcut bina yapım projelerinin sorunlarının anlaşılması ve simülasyonu için bütüncül bir bakış açısı sunan SD modelleme tekniği uygulanmıştır [7]. SD yaklaşımı, projelerde detaylı bileşen modelleri gerektiren geleneksel yöntemleri reddetmekte, davranış modları ve dinamiklerin geribildirim ilişkileri üzerine yoğunlaşmaktadır [8] ve ayrıca bu ilişkileri yönetim stratejileri ile ilişkilendirmektedir.

Geri bildirim olgusu SD'nin temel kavramlarından biridir. Karmaşık sistem davranışları,

geri besleme yaklaşımı ile kolayca anlaşılabilir, açıklanabilir ve düzenlenebilir bir hale gelmektedir. Riskler, bireysel etkenlerden oluşmadığından ötürü, zamanında müdahale edilebilmesi için olası proje risklerinin tanımlanması, riskleri ve etkilerini tanımlayabilmek içinse, tüm sistemin yönetilmesi ve incelenmesi gerekmektedir [9].

SD yaklaşımı ile, sistemik davranış ve risklerin doğru kontrolünü sağlamak için bina enerji yönetimi sistemine dayanan etki parametreleri arasındaki ilişkiler vurgulanmaktadır. Ayrıca başvuru yöntemle, projenin genel durumunun öngörülmesine de olanak tanınmaktadır.



2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

2.1. YAPIM PROJELERİNİN ÖZELLİKLERİ

Bütçe ve zaman, yapım projelerinin temel özelliklerini tanımlamaktadır. Bu birbirine bağlı bileşenler aslında proje süreci boyunca birbirlerini etkilemektedirler. Örneğin, bütçede meydana gelecek olan bir kısıtlılık projenin tamamlanma sürecinin yavaşlamasına neden olmaktadır [10].

[11]'deki literatür araştırmalarında, bina projelerinin karakteristikleri tanımlanmış ve projelerin en yaygın özelliklerinin sırasıyla; projenin karmaşıklığı, boyutu (zemin alanı, kat sayısı, vb.), türü (konut, ofis, kamu binası, bina tadilatı, vb.), siyasi, yasal ve ekonomik durumu, proje bitiş zamanı, sözleşme formu ve mükellefiyet temettüsü, proje yeri ve çevresel etmenler, teknolojik iyileştirme seviyesi, proje ömrü, proje değeri ve kalitesi vb. olduğu belirtilmiştir.

Proje belirleyicilerinden olan proje türü kapsamındaki konut projeleri; apartman daireleri, müstakil evler, kat mülkiyetli daireler gibi farklı tipte konut projelerinin inşaatı, bakım, onarım çalışmaları ve tadilatını içermektedir [12].

2.2. TADILAT PROJELERİNİN ÖZELLİKLERİ

Yeni yapım projelerinin ekonomik ve çevresel sınırlamalar barındırması nedeniyle, tadilat projeleri hayati önem taşımaktadır. Kalite artışı-maliyet düşüşü, çevresel gereksinimlerin karşılanması ve yeni teknolojinin eski yapı ile bütünleştirilmesi, tadilat projelerine başvurulmasının sebeplerinden bazılarını oluşturmaktadır.

[13]'e göre; bir tadilat projesi, bütün bir yenileme olmamak koşuluyla, var olan bir sürecin, tesisin veya yapının değiştirilmesi veya dönüştürülmesidir. Bu modifikasyon, tesisin bir veya daha fazla parçasında ilaveleri, eksilmeleri, yeniden düzenlenmeleri veya alternatif değişimleri içerebilir.

Tadilat projeleri, paydaşlar için yeni yapım projelerinden farklı olarak birçok kısıtlamaya sahiptir. Mal sahipleri, yükleniciler, uygulayıcılar ve tasarımcılar diledikleri

kadar özgür değildirler. Yine de, iyi yönetim stratejileriyle, olası cezai yaptırım, bütçe, zamanlama vb. problemlerin üstesinden gelinebilmektedir. Tadilat projelerinde karşılaşılabilecek kısıtlar, aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Bilgi: Tadilat projelerinde bilgi sınırlıdır. Ele alınan binalar eski olabilir ve kapsamı, kullanılan malzemeler ve çizimler net olmayabilir.

Zaman: Bir kuruluş kapanana kadar sınırlı olan bir diğer kısıttır. Zaman, tüm faktörlerden etkilendiğinden ötürü, dikkatle yönetilmesi gereken çok önemli bir parametredir.

Mekân: Tadilat projelerinde uygulamalar için gerekli çalışma alanı olduğundan en önemli kısıtlamalardan biridir. Mevcut bir yapıda, tadilat faaliyetleri gerçekleşirken depolama alanları, dar erişim alanları, malzeme ve teçhizat alanlarında sorunlar meydana gelebilir.

Çevre: Hava sıcaklığı, riskli malzemelerle çalışmak, yüksek ses ve titreşim, tadilat projesinin sürecini ve tamamlanmasını etkilediği için bir kısıt olarak ele alınmaktadır [13].

Bu çalışma, sınırlı zaman ve mekan ölçütlerinde proje parametreleri arasındaki bilgi akışını sağlayan dinamik bir simülasyon modeli önermektedir. Bu doğrultuda, mevcut bir bina, tadilat projesi kapsamında ele alınmaktadır.

2.3. BİNA ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAVRAMI

Bina enerji verimliliği, bina yüzey alanının metrekare başına düşen enerji kullanımının, spesifik iklim koşulları altında belirli bina tipi için var olan enerji tüketimi kriterlerini karşıladığı alanı kapsamaktadır. Bina enerji tüketimi kıstasları, binanın gerçek performansının analiz edilebilmesi karşılığında, ortak bina formları için sembolik değerler olarak görülmektedir.

Bina enerji tüketimi standartları, belirli bir ülkedeki farklı bina türlerinin analizlerinden elde edilmekte ve belirli kategorideki tüm binalardan alınan orta düzeydeki performans, tipik bir kriter olarak kabul edilmektedir. Ölçütler, ülke ve bina türüne göre farklılık göstermekte, ısıtma-havalandırma-iklimlendirme (HVAC) uygulamaları, aydınlatma ve elektrik uygulamalarında kullanılmaktadırlar. 'U-Değeri' olarak adlandırılan ısı kaybı ölçümü de bina enerji performansını tanımlamanın yollarından biri olarak

görülmektedir. U-Değeri, iki farklı ortam arasındaki sıcaklık farkı olan ısı transfer hızı (ısı iletimi) olarak tanımlanır ve U-Değerinin ölçü birimi W / m^2K 'dır. U-Değeri ne kadar düşük olursa, enerji verimliliği de o kadar etkili olur. Bir yapıdaki açıklıklardan ısı alındığında veya kaybedildiğinde, ısıtma ve soğutma için gerekli enerji miktarı artar. Bu nedenle, yapı yönetmeliklerinin çoğu, kapı, pencere, duvar ve çatı pencerelerinin enerji verimliliği için asgari standartlar düzenlemektedir.

Dünyada veya birçok gelişmiş ülkede, enerji hizmeti talepleri her geçen gün artmaktadır; bu sebeple hükümetler artan talebi karşılamak ve üretim kapasitesini genişletmek için son kullanıcılar ile işbirliği içindedir. Enerji verimliliği yatırımları özellikle ekonomik olarak binalarda birçok fayda sağlanmaktadır. Örneğin; ortamın ısıtma-soğutma ve su ısıtma faaliyetleri dengelenerek enerji kullanımı azaltılabilmektedir. Ev aletleri, büro makineleri ve aydınlatma aletleri etkili elektrik kullanımına adapte edilebilir, mülk değeri artar, gerekli sermaye masrafı ve yardımcı sistemlerin maliyetleri azalır ve ayrıca bu avantajların tümüne bağlı olarak, son kullanıcı konforu artar [14].

2.3.1. Dünyada Bina Enerji Verimliliği Uygulamaları

Birçok ülkede 1970'lerden bu yana bina kod ve standartları, enerji verimliliği alanında alınan önemli tedbirler olarak bilinmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar eski yapıların iyileştirilmesine odaklanmış durumdadır. Mevcut yapıların enerji tüketim paylarının oldukça yüksek oluşu, tedbirler alınmasını gündeme getirmektedir. Avrupa'da şuan bulunan yapıların 2050 yılında sarf edecekleri enerjinin 2/3 oranında olacağı ön görülmektedir [15].

Enerjideki performansı arttırabilmek amacıyla birçok ülkede standartlar yeni teknolojilere uyumlu hale getirilmektedir. Etiketleme faaliyetleri su ısıtma ve alan konuları üzerine yoğunlaşmaktadır ki bu sistemler enerji sarfiyatında önemli rol almaktadır. Avrupa ve Güney Avrupa ülkelerinde müstakil yapılarda ısıtma ve sıcak suya harcanan enerji oldukça dikkat çekicidir. Avrupa ülkelerinde alan ısıtma üzerine yapılmakta olan çalışmalar enerji verimliliğinde önemli artışa sebep olmaktadır. Bu durum bina kod sisteminin yeni yapılarda etkin bir biçimde uygulanmakta olduğunu ve bu tedbirlerin etkisinin zaman geçtikçe artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. İtalya, Fransa ve İsveç'te 1990, Hollanda ve Batı Almanya da ise 1995 sonrası bina enerji tüketimlerinde kayda değer azalmalar gözlemlenmektedir. Danimarka'da ise, enerji

tüketiminde önemli bir değişim gözlemlenmemiş olup, 1970 sonrası oranlarında düşüş olduğu bilinmektedir [16].

Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, alan ısıtma verimliliğinde ilerlemeler olduğu belirtilmektedir. 1982-95 yılları arasında ABD ve Hollanda'da ortalama %25'lik bir tasarruf, alan ısıtma yoğunluğunun düşürülmesi sayesinde sağlanmıştır. Çok daha uzun bir dönemde, 1972-94 yılları arasında aynı metot ile Danimarka'da %50'lik bir tasarruf sağlanabilmiştir [17].

Birçok ülkede mali teşvikler, enerji tasarrufu iyileştirmelerini teşvik etmek için uygulanmaya başlamıştır. Binalardaki ısı yalıtımını iyileştirmek adına Avusturya ve Belçika hükümetleri sübvansiyon uygulamalarını tatbik etmektedir. İrlanda, Danimarka ve İngiltere hükümetleriyse düşük gelirli vatandaşlarına konut enerji verimliliğine dair önlemleri alabilmeleri için mali destekte bulunmaktadır [16]. Çeşitli ülkeler kamu kuruluşlarına ait binalarda enerji verimliliğini artırma amacıyla bazı programlar hazırlamışlardır. Bunlardan birisi de Finlandiya'dır. Ülkede çeşitli kuruluşlar, ısınma ve elektrikli alet sarfiyatlarını azaltmayı planları arasına koymaktadır. Yine İngiltere 1999 yılında kamu binalarındaki enerji tüketimini azaltmaya yönelik 5 yıllık bir program tasarlamıştır. Kanada ve ABD'de bulunan enerji tasarrufu şirketleri, kamuya ait yapılarıdaki tüketimleri azaltmaya yönelik araştırmalar yapmaktadır. İsveç'te de enerji verimliliğinin odak noktasında bulunduğu yeni nesil bina enerji sistemlerine bazı teşvikler verilmektedir. [18]'de bu yeni yapıım binalarda, asansör ve merdivenlerin heliostat lambalar ile aydınlatılması, binadaki boş yüzeyler için enerji etkin aydınlatma gereçleri kullanılması, ortak alanların ses ve hareket detektörlerine bağlı aydınlatılması önerilmektedir. Her bir konutun içerisine yerleştirilen ekranlar aracılığıyla site-içi haberleşme sağlanmakta ve ziyaretçilerin daire içinden izlenmesine imkân veren kameralar bina girişlerinde bulunmaktadır. Evin iç ve dış sıcaklığı ve basınç (hava ve rüzgâr) değerlerini sunan göstergelerin yer alması, ıslak zeminleri donatan alarmlar ve alarmin çalışması durumunda binadaki tüm elektrik ve suyun otomatik olarak kesilmesini sağlayan kontrol sistemleri yer almaktadır. Enerji etkin büyük boyutlu pencere sistemleri alttan ısıtmalı sistemlerle bütünleştirilmektedir. Isının geri kazanılmasına yönelik havalandırma sistemlerinin kurulması, enerji verimli buzdolapları, biyogaz ocakları, mikrodalga fırınları, elektrikli su ısıtıcıları, geri dönüşümlü atık makineleri ve akıllı çöp ayrıştırma sistemleri gibi aletlerin bütün dairelere yerleştirilmesi gibi özelliklerin yer aldığına dikkat çekmektedir [18].

Enerjide verimlilik odaklı tekniklerin merkezde olduğu yeni yapı sistemleri ile bütünleştirilmesi sonucu ortaya çıkan yüksek kalite bina yaklaşımları çoğu ülkede yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapılarla ilgili enerji verimliliği çalışmaları sürdürülürken, diğer taraftan başta evsel yapılar olmak üzere çeşitli yapılarda da kullanılan elektrikli aletler üzerine verimlilik araştırmaları sürdürülmektedir [16].

2.3.2. Türkiye’de Bina Enerji Verimliliği Uygulamaları

Türkiye’deki yapılarda kullanılmakta olan enerji, toplam enerji ve elektrik tüketiminin sırasıyla %34 ve %43’üne tekabül etmektedir. Bu tablodan bina sektörünün toplam enerji tüketim oranları içerisinde en büyük tüketim grubunu oluşturduğu anlaşılmaktadır. Türkiye’de önemli sayıda eski yapının bulunması, inşa edildikleri yıllarda enerji tüketimi ile inşaat tasarımı arasında bir bağlantı olduğuna dair anlayışın gelişmemiş olması binalara yönelik enerji kayıplarının yüksek olması anlamına gelmektedir. Hızlı kentleşme anlayışı Türkiye’de birçok yeni yerleşim alanının doğmasına sebep olmuştur. Bunların çoğu ruhsatsız ve enerji verimliliği düşünülmeden inşa edilmiştir. Belediyelerin önemli bir kısmı, ruhsatsız bina yapımını engellemeye yönelik ciddi adımlar atmamaktadır ve bu durum yeni yapıların önemli bir kısmında enerji israf eden konutların sayısının artmasına yol açmaktadır [16].

Verilere göre Türkiye’deki yapıların sadece %14’ü merkezi ısıtmaya, %10’u çatı ısıtma yalıtımına ve %9’u çift cam yalıtım uygulamasına sahiptir [19].

Türkiye’deki yapılarda tüketilen enerjinin %80’i ısıtma amacıyla tüketilmektedir. Fakat ısıtmaya dair sistemlerin istenilen verimlilik düzeyine geldiğini söyleyebilmek oldukça güçtür [16]. Ülkemiz şartlarında ısıtma işleminde yaygın şekilde soba kullanılmakta olup büyük şehirlerde kalorifer sistemli yapıların sayısı her geçen gün artış göstermektedir. Kullanılan ısınma sistemi ne olursa olsun, yakıtın ısıya dönüşme oranı (verimliliği) oldukça önem arz etmektedir. Araştırmalar sonucu sobaların oldukça düşük verimliliğe sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca kalorifer kazanlarında da tasarıma bağlı verim düşüklükleri oldukça fazladır. Düşük işletme verimliliği ile birlikte kalorifer kazanları düşünüldüğünde kayıplar önemli oranda artmaktadır [20].

Yalıtım sistemlerinde de ısıtma sistemlerindeki benzer bir sorun görülmektedir. Bir binada çatı, cam, duvar ve döşemeden meydana gelebilecek ısı kayıplarının, bina toplam ısı kaybının %60-70’ini oluşturduğu belirtilmektedir. Basit ve teknik uygulamada zorluğu olmayan yöntemler aracılığı ile bu kayıpları azaltmak olasıdır. Ancak halen

Ülkemizde bu alanda yeterli gelişmeler başlatılamamıştır [16].

Ülkemizde bulunan 11,5 milyon konuttan yalnızca % 10’unda ısı yalıtımı ve % 9’unda çift cam uygulaması bulunmaktadır. Çatı yalıtımsız yapılar ile yalıtımlı yapılar arasında yaklaşık 40 kWh/m² tasarruf olduğu belirtilmektedir. Yalnızca çatı yalıtımı uygulaması dahi ciddi enerji tasarrufu sağlayabilecek etki göstermektedir. Konutlarda en büyük ısı kaybı olan pencerelerin çift cama çevrilmesi da %50 oranında ısı kayıplarını önleyebilmektedir [21].

Ülkemizdeki yapılarda alan ısıtmak için sarf edilen enerjinin AB lkelerinin 2-3 katı olması sebebiyle 1985 yılında ısı yalıtım kriterlerini belirleyen Türk Standartları -TS 825- yeniden düzenlenmiştir. Yeni düzenleme 14 Haziran 2000 tarihi sonrası zorunlu uygulama olarak yürürlüğe sokulmuştur. TS 825 revizyon işlemlerinin tamamlanmasının ardından 1985 tarihli Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı yönetmeliğinin de yeni standart ile uyum gösterecek şekilde düzenlenmesine dair çalışmalar yapılmaktadır. Bu standardın tatbika koyulması ile inşa edilen yeni yapılarda ya da %15’ten fazla yenileme yapılan yapılarda, binadan kaynaklanan ısı kayıplarının yarı yarıya azaltılması amaçlanmaktadır. Yönetmelik doğrultusunda Türkiye, 4 temel ısı bölgesine bölünmüş ve belirtilen bölgelerdeki yapıların dış cephe, çatı, döşeme, merdiven boşluğu, pencere gibi alanlarının projelendirilmesinde gerekli olan ısı geçirgenlik katsayıları sunulmuştur. Buradaki temel hedef, enerji verimliliğini artırmak ve ihtiyaç duyulan enerji kullanımını, gereken yalıtım kalınlığıyla, en uygun yapı ve yalıtım malzemesini seçerek en düşük seviyeye indirmektir. Bu durumda, yeni binalardaki enerji tüketiminin 200-250 kWh/m²’den 100-120 kWh/m²’ye düşürölmesi amaçlanmaktadır [16].

Ağustos 1999 depreminden sonra geliştirilen Yapı Denetim Sistemi’ne entegre edilen, Haziran 2000’den itibaren de yeni ruhsatlı ve inşa edilen binalarda uygulanmaya başlayan yönetmelik maddeleri, öncelikli olarak deprem konutlarında ve yeni inşa edilen kamu ve özel sektör yapılarında esas alınmaktadır [16].

Isıtma mevsimi süresince yapıdaki toplam ısı kaybını tanımlamak için “derece-gün” sayısı adı verilen ölçülerden faydalanılmaktadır. [16]’da derece-gün sayılarının, mevsimi boyunca değışken olan hava sıcaklığı günlük ortalaması ile bina içi ortalama sıcaklığı arasındaki farkın ısıtma yapılan gün sayısı ile çarpımı sonucu bulunduğu belirtilmektedir. Devlet Planlama Teşkilatı konuyla ilgili olarak;

“Derece-günler kullanılarak ısı bölgelerinin tespiti, ısı bölgeleri ve binanın ısı kaybeden yüzeyine bağlı olarak m² başına ısı kayıp miktarı sınırlamaları dünyanın bütün gelişmiş ülkelerinde uygulanmaktadır ve ihtiyaçlara göre sık sık revize edilmektedir. Benzer uygulamanın ülkemiz için de adaptasyonu TS 825’in revizyon çalışmasında esas alınmıştır [22].”

ifadesinde bulunmaktadır.

Türkiye’deki bina enerji verimliliği çalışmalarında yabancı kuruluşlardan teknik ve mali yönden destek alındığı bilinmektedir. 1994 yılında Ankara’da uygulanmaya başlayan, binalarda rasyonel enerji kullanımını içeren “Kentsel Enerji Planlaması” programına AB tarafından destek verilmesi, bu işbirliğine örnek olarak verilmektedir. Aynı zamanda, 2002 yılında Alman-Türk Teknik İşbirliği programı kapsamında, Erzurum Belediyesi’nde bir enerji yönetimi sistemi kurulmuştur. Yapı piyasasında verimlilik ile ilgili ikincil mevzuatın oluşturulması, Türkiye genelinde iki adet enerji yöneticisi eğitim merkezinin kurulması ve geliştirilmesi gibi konuları barındıran “Erzurum’da Binalardaki Enerji Verimliliğinin Artırılmasının Desteklenmesi” adlı proje uygulanmaya başlamıştır [16].

Bina enerji kullanımını etkileyen önemli etmenlerden biri de elektrikli ev aletleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Konutlardaki elektrik enerjisinin yaklaşık %30-40’ı aydınlatmada, %60-70’i de ev aletlerinin çalıştırılmasında harcanmaktadır. Maalesef ülkemizde bu alana dair çalışmalar yeterli bir seviyeye ulaşamamıştır. Ayrıca, evlerde kullanılan buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi gibi beyaz eşyaların ve klima cihazlarının daha az enerji tüketmesi amacıyla, klima ve beyaz eşya üreticileri, bu üreticilerin birlikleri ve ithalatçıları, ilgili kamu kuruluşları ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) birlikte çalışmalar yapmaktadır. Bunlara ek olarak, beyaz eşya ve lambalarla ilgili etiket yönetmelikler, AB yönergelerinin uyumlaştırılması dâhilinde, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nca 2002 yılı içinde farklı zamanlarda yayımlanmıştır [16].

2.4. YAPIM PROJELERİNDEKİ MEVCUT ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Bina tasarımı; planlama, tasarım, malzeme özellikleri, enerji verimli teknolojiler ve uygulamalar, peyzaj ve diğer uygulama stratejileri bağlamında incelenmesi gereken bir süreçtir. Binaya bütün olarak bakıldığında, binanın mimari ve enerji tasarımının birlikte düşünülmesi gerekir. Dolayısıyla, mekanik ve elektrik sistemlerinin kapasitesini en aza

indirgeyerek ve mimari tasarım çözümleriyle aydınlatma yükleri ve iç mekân iyileştirme gereksinimleri karşılanabilir [23].

Bütüncül yapı yaklaşımı, özellikle planlama aşamalarında simülasyon yazılımları aracılığıyla etkin bir şekilde uygulanabilir. Böylece tasarım hedefleri kontrol edilebilir ve tasarım değişiklikleri uygulama öncesinde yeniden değerlendirilebilir.

İnşaatin başlangıcından bitişine kadar enerji verimliliği uygulamaları için birçok tasarım yaklaşımı ele alınmaktadır. Genel yaklaşımların bazıları aşağıda kısaca açıklanmaktadır [23]:

Pasif Solar Tasarım Teknikleri:

Pasif güneşli teknikleri, özellikle planlama ve tasarım aşamasında pencereler, dış duvarlar ve malzemeler gibi yapı bileşenleri ile bu bileşenlerin yönlendirilmesinden oluşmaktadır. Cephelerin yönelimi, güneşli uyarlamaları, cephelerde şeffaf ve opak malzeme kullanımı, pasif solar tasarım teknikleri olarak uygulanan yaygın stratejilerden bazılarıdır. Bileşenlerin entegrasyonu, güneş enerjisinin birikimi, kaydedilmesi ve dağıtımı için pasif solar tasarım ile sağlanmaktadır.

Isı Depolama:

Termal depolama yöntemi analizi, bireysel yapıların enerji verimliliği kapasitesini artıran yöntemlerden biridir. Isı depolama kapasiteleri açısından yapı elemanları detaylı olarak incelenir ve özellikle, pencerelerde, cam gölgelendirmelerde, kapasitesi yüksek olan malzemeler tercih edilir. Ayrıca, uygun peyzaj, bitki örtüsü ve ekilecek ağaçların seçimi de binaların termal depolama kapasitesini artıran alanları etkileyen önemli faktörlerdendir.

Soğutma Stratejileri

İklimlendirme sistemlerinin gerekliliğine bağlı olarak, özellikle yaz aylarında elektrik tüketimi artar. Termal depolama ve pasif soğutma yöntemlerinin kombinasyonu ısı emilimini önlemeye yardımcı olsa da, daha etkili soğutma stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan bazıları, mekânların, atriyumların, merdiven kulelerinin, tavan üfleçlerinin, hava buharlaştırma ve nem alma sistemlerinin, ısı pompaları ve jeotermal soğutma sistemlerinin doğal havalandırma tasarımlarının yapılmasıdır.

Günüşığı

Doğal aydınlatma teknikleri, binalar için önemli enerji verimliliğı sağlayıcıları olarak bilinmektedir. Pencerele rin tasarımı, dış çevrenin algılanışını sağladığı gibi gün ışığına göre yönlenmeleri de binanın doğal havalandırmasına katkı sağlamaktadır. [24]. Doğru günüşığı tasarımının sağlanmasıyla, iç aydınlatma, elektrik enerjisi ve ısı verimlilik de sağlanır. Ayrıca, bazı araştırmalara göre, güneş ışığı ile aydınlatılan alanlar insanların daha sağlıklı olmasını sağlamaktadır.

Yüksek Performanslı Yalıtım

Duvar, zemin ve çatılarda özel yapım yalıtım malzemelerinin (paneller) kullanılması, enerji tasarrufu sağlanmasında oldukça etkilidir. Panellerin yalıtım bütçesi ahşap çerçeve strüktürü ile aynı olsa da, işçilik maliyetleri ve yapısal şantiye atıkları gibi diğer harcamalar azalmaktadır.

Yapı İşletim Sistemleriyle Enerji Kullanımını Azaltma Yöntemleri

Gelişmiş teknoloji, insanları akıllı binalarda yaşamaya teşvik etmektedir. Akıllı bina, diğer bir deyişle bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri ile desteklenen binalarda, uzaktan programlanabilen ısıtma soğutma, aydınlatma, iklimlendirme ve güvenlik sistemleri gibi insanların hayatını kolaylaştıran geniş bir yelpazede enerji verimliliğı ve teknolojik avantajlar bulunmaktadır.

Piyasada Mevcut Opsiyonlar

Ticari olarak uygulanabilir çözümler, enerji verimliliğı yaklaşımında işletim sistemleri kurmanın bir tür destekçisidir. Teknolojik gelişmeler, bütçeye bağılı olarak farklı seçenekler sunmaktadır. Örneğin; günüşığı geçirgenliğine göre ayarlanabilir elektrokromik pencereler elektrik ve ısıtma-soğutma verimliliğini sağlar. Ayrıca, analitik enerji simülasyonları için bilgisayar simülasyon programları, düşük enerjili kullanımlı tasarım öğelerinin değerlendirilmesine ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonunun optimizasyonuna katkıda bulunmaktadır [23].

Bu çalışmada, SD bilgisayar simülasyon modeli, bir binanın enerji verimliliğı durumunu, etki parametrelerini belirleyerek ve değişkenlerin ilişkilerini bütüncül bir yaklaşımla analiz ederek değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu noktadan hareketle, enerji verimliliğı senaryoları incelenmekte ve politikaların uygulanabilirliği simülasyon programında değerlendirilmektedir.

2.5. SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI

SD, geleneksel alanların ötesine geçen, geniş kapsamlı karmaşık mühendislik problemlerini analiz edebilecek nitelikte bir yaklaşımdır. SD, bir sistemin zamanlamasındaki farklı faktörlerin iç ilişkileri ile ilgilenmekte, stoklar, akışlar, geribildirim ve gecikmeler gibi kavramları bütünleştirerek dinamik bir yapıyı barındırmakta ve böylece sistemin zaman içindeki dinamik davranışı üzerine ışık tutmaktadır. SD, bir bilgi alanıdır ve bu yüzden sistem mühendisliği (SM) ve sistem analizi (SA)'nin mantıksal bir uzantısı olarak düşünülmektedir. SD, sistemdeki gecikmeler ve geri bildirimler nedeniyle gelişen dinamik davranışı açık bir şekilde kontrol etmektedir [25].

MIT (Massachusetts Institute of Technology) / Sloan School'da yönetim profesörü olan Jay W. Forrester, iş dünyasında ve sosyal bilim alanlarındaki sorunları kavramak ve çözmek için bu yeni yöntemin kurucusu olarak bilinmektedir. SD'nin dünya çapında önemli bir entelektüel etkisi bulunmaktadır. SD'nin kayda değer ve tartışmalı bir şekilde uygulanması, kronolojik olarak çıkan 'Dünya Dinamikleri' (1971) ve 'Büyümenin Sınırları' (1972) kitaplarında, dünya modelleri World₂ ve World₃'ün gelişmesiyle gerçekleşmiştir. SD kullandıkları için World modelleri çok çeşitli disiplinlerden, devlet ve akademik çevrelerden gelen eleştiri oklarına maruz kalsa da, bugün insanlığın akademik ve siyasi düşünce sürecinin ön saflarında karşılaştığı çok önemli bazı zorlukların ve sıkıntıların üstesinden gelmeyi başarmışlardır. Bir yöntem olarak SD, problemleri anlamak ve farklı politika önerileri üretmek için geniş bir kapsamdaki iş alanlarında ve sosyo-ekonomik alanda başarıyla kullanılmıştır. Bugün SD'nin çok çeşitli sorunlar için başarılı bir şekilde kullanılabilecek önemli bir araç olduğuna, ancak gelişimi için olduğu yerden bir adım ötesine geçmesinde bir sıçrayışa ihtiyaç duyduğuna inanılmaktadır [25].

2.5.1. Sistem Dinamiklerinin Tarihi

SD alanı 1950'lerin sonlarında Jay W. Forrester önderliğinde, "Endüstriyel Dinamikler" adlı yeni bir disiplin olarak ortaya çıkmış ve ilk önce endüstriyel problemlerin strateji yönetimi alanında uygulanmıştır [26]. Endüstriyel sorunlar farklı bir perspektife bürünerek, "Urban Dynamics" kitabını takiben "System Dynamics" adını aldı. İkinci alan olarak, 1970'lerin sonlarında nüfus ve finansal kalkınma politikalarının yükselişinde olan "World Dynamics ve Limits to Growth" kitapları ortaya çıktı. SD,

proje yönetimi, ekonomi, eğitim, enerji, politika, psikoloji, sağlık vb. çeşitli alanlarda hızla yayıldı [26].

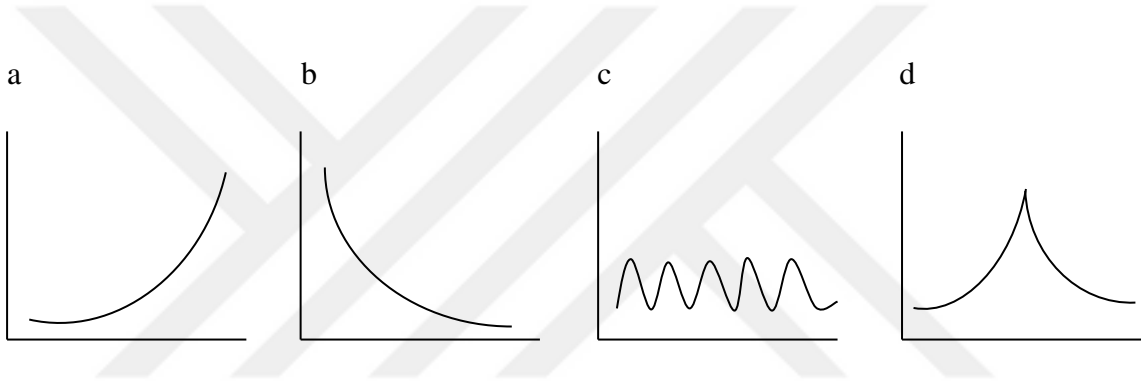
SD'nin kurucusu olan Jay W. Forrester, elektrik mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrencisi olarak MIT'de yer aldı ve Gordon S. Brown, onu 1940 yılında yeni servo-mekanizmalar laboratuvarında araştırma görevlisi olarak görevlendirdi. Forrester, II. Dünya Savaşı boyunca, radar antenleri, tabanca mesnetleri ve diğer askeri malzemeleri kontrol etmek için servomekanizmalar üretti ve geliştirdi. Bu arada, gerçek hayattaki mühendislik uygulamalarında oldukça kapsamlı bir şekilde, matematiksel kontrol teorilerinden, geri bildirim kavramlarından ve stabiliteden faydalandı. Daha sonra MIT Dijital Bilgisayar Laboratuvarında tasarlanan ilk dijital bilgisayar olan Whirlwind I'in projesini ve gelişimini idare etti. Daha sonra Kuzey Amerika'daki Yarı Otomatik Zemin Ortamı (SAGE) hava savunma sistemi için bilgisayar tasarlayan Lincoln Laboratuvarının 6. Bölümü'nü yönetti. SAGE, büyük ölçekli karmaşık mühendislik sisteminin önde gelen sürümlerinden biriydi ve kompleks mühendislik sistemleri ile ilgili geniş çaplı araştırma projeleri yürütmek için yapılan deney, Forrester'in "sistem düşüncesi" yaklaşımını geliştirmesinde önemli bir etkiye sahipti [25].

1956'da Forrester, MIT Sloan Yönetim Okulu'na katıldı ve orada çeşitli işlerle ilgili konuların ve problemlerin dinamik yönlerini kavramanın bir yolu olan sistem dinamiklerinin temelini oluşturdu. Kentucky'deki General Electric şirketinin elektrikli ev aletleri fabrikasında oluşan bir sorunla karşılaştı. Tesis yönetimi, talepte oluşan dalgalanmaları gideremiyordu. Forrester, tesisin envanterini çoğaltmak için geri bildirim döngüleri açısından düşünmeye başladı ve kalem ve kağıt simülasyonu ile ilk envanter kontrol sisteminin, SD'nin başlangıcı olduğunu ifade etti [27]. Daha çok işletme yönetimi alanında SD'den yararlandı ve 1961'de basılan Industrial Dynamics adlı kitabında SD metodolojisini resmen ele aldı. Boston'ın eski belediye başkanıyla tanışıp görüşmesi ve daha sonra MIT'deki profesörünü ziyaret etmesi, Boston metropol alanındaki kentsel konut sorununu ortaya çıkarmak için SD yönteminin yaygınlaştırılmasına yol açtı ve bunun sonucunda yayınlanan Urban Dynamics kitabı, sosyal bilimlerdeki SD metodolojisini kullanan bir sonraki kitabı oldu. Kentsel davranış modellemesinden aldığı karar, "en zararlı politikanın, düşük fiyatlı evler inşa etmek" olduğuydu ve bu da açıkça çok güçlü ahlaki, etik ve politik boyutlara sahip olan ve oldukça kuvvetli bir duygusal tepki uyandıran çarpıcı bir sonuçtu. Forrester, arazinin düşük fiyatlı evlerin yapımında kullanılmasının, işletmeler gibi daha verimli ve iş

alanları yaratan yapılar için erişilebilirliğini kısıtladığını ileri sürdü. Bu durum, daha fazla kişiye hitap ettiği kadar kısır bir işsizlik döngüsüne ve düşük fiyatlı ev ihtiyacının büyümesine neden oluyordu. Eleştirilere rağmen, SD bir yöntem olarak, Forrester'in rehberliği ve liderliği sayesinde gelişme kaydetti [25].

2.5.2. Sistemik Geribildirim Yaklaşımı

Dinamik kelimesi zaman faktörünün etkisi ile 'değişim' anlamını taşır. Dinamik davranışta değişkenler devingendir ve sistemik geribildirim algısına sahiptir. Nüfus artışı, enflasyon oranları, tedarik zincirleri vb. dinamik olgulardan bazılarıdır ve bu gibi durumların dinamik davranışları, yönetilebilir, değiştirilebilir veya bazen iptal edilebilir olmalıdır. Şekil 2.1.'de, bazı dinamik model grafikleri örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Karakteristik dinamik davranış diyagramları (a: Üstel büyüme, b: Üstel azalma, c: Dalgalanma (Osilasyon), d: Ani yükseliş ve düşüş).

Dinamik bir sistemde, değişkenler kendi içinde tanımlanmalıdır. Bu yaklaşım, bir sistem için endojen bir bakış açısı oluşturmaktadır. Bu durum, sistemi etkileyen dış kuvvetlerin olmadığı anlamına gelmez fakat dış etkiler sisteme dâhil edildiğinde, sorun artık geribildirim problemi olmaktan çıkar. Buradaki temel düşünce, geribildirim problemlerinin, devamlı surette yönetilmesi ve kontrol altında tutulması gerekirken, dış etkilerin kontrol edilememesi ve yönetilememesidir. Geri bildirim problemleri ayrıca, gözlem, etki değerlendirmesi ve farklı çözümler üretilmesine de ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada, SD yöntemi ile, sistem üzerinde olumsuz etkileri olan dinamiklerin sebeplerinin tanımlanması, yeni ve güçlü politikalar geliştirerek bunların ortadan kaldırılması veya minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

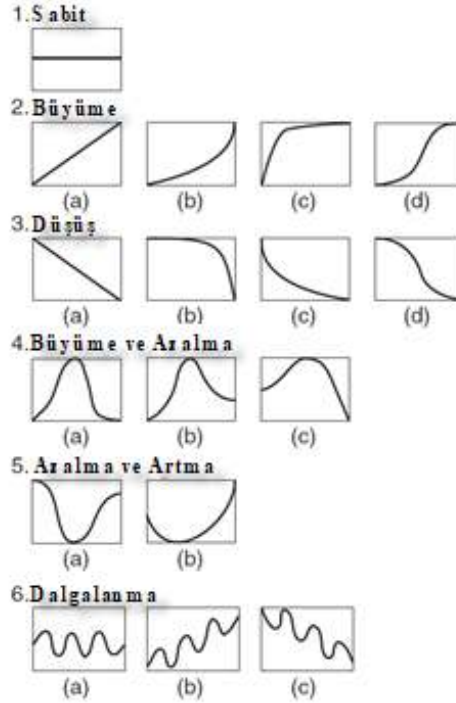
2.5.3. Sistem Dinamiklerini Oluşturan Temel Kavramlar

SD söz konusu olduğunda ilk akla gelen bir "sistem" in varlığıdır. Basit olarak "bir sistem", birbirleriyle belirli bir anlayışta bir araya gelen unsurlardan oluşur. Vücut sistemi, ticaret sistemi, hukuk sistemi, sağlık sistemi vb. yapıların, temel bir sistemi anlamaya yönelik örnekler olduğu düşünülebilir.

Sistemden kaynaklı problemlerde, karmaşıklık artar ve sorunları araştırmak, olası çözümler bulmak için "modelleme" kavramı ortaya çıkar. Problemler spesifik olarak analiz edilir, bu yüzden modeller, belirli konular üzerine kurulur. Diğer bir deyişle, tüm sistem modellenmez. Problemin yapısına göre model uygulamalı veya kuramsal olabilir, ancak bu durum yalnızca bir sorun ve amaç olduğu sürece geçerlidir [26].

Modeller farklı boyutlarda sınıflandırılabilir; "fiziksel" modeller (mimari modeller, uçaklar gibi ölçülü modelleri kapsayan) ve "sembolik" modeller (grafikler, diyagramlar gibi soyut görüntüleri içeren) [26]; "statik" modeller (dengeli değişkenlerden oluşan ve zamanla stabil olduğu varsayılan) ve "dinamik" modeller (zamanın etkisi ile değişen elemanlar içeren); "tanımlayıcı" modeller (değişkenlerin ilişkisini tanımlayan ve "olduğu gibi, bu haliyle" bağlamında problemler üreten) ve "normatif" modeller (varsayılan "amaç fonksiyonları" için ideal tespitler arayan modeller, genellikle optimizasyon modelleri); "kesintisiz zaman" modelleri (değişim her hangi bir anda olabilir ve diferansiyel denklemler yaygındır) ve "kesintili zaman" modelleri (değişim önceden belirtilen süre içerisinde ayrı noktalarda oluşabilir ve fark denklemleri aralıklı modellere eşittir). Bu tanımlamalara dayanarak Barlas [26], SD modellerini sembolik, tanımlayıcı, dinamik, sürekli veya aralıklı olarak ifade etmekte ve bu modellerin, geri bildirim yapıları gerektiren politika sorunlarına dayandığını dile getirmektedir.

Sistemin yapısı, sistem değişkenlerinin bütüncül ilişkilerinden meydana gelmektedir [26] ve bu yapıya bağlı olarak dinamik davranışlar oluşmaktadır. Sabit, artış, düşüş, artıştan sonra düşüş, düşüşten sonra artış ve salınımlı/titreşimli olarak tanımlanan dinamik davranış türleri, Şekil 2.2.'de detaylı olarak gösterilmektedir [26].



Şekil 2.2. Dinamik davranış türlerinin grafiklerle detaylı gösterimi [26].

SD modelinin yapısında, değişkenlerin dinamik davranışlarını algılamak için analitik-matematiksel çözümler bulunmalıdır. Fakat çözüm, doğrusal ve doğrusal olmayan durumlarda değişebilir, bu durumda "simülasyon" kavramı gün yüzüne çıkar; modelin tanımlı bir süre içerisinde benzetimi kurulur.

SD'nin temeline dayanarak, sistemik geribildirim için bazı kurallar tanımlamak mümkündür;

- 1- Basit korelasyonlar yerine nedensel ilişkiler kurulmalıdır.

Basit bağıntılar bize dinamiklerin nedenleri hakkında bir fikir vermez. Nedensel ilişkilerde, girdi çıktıyı etkiler ve 'neden' yanıtları oldukça açıktır.

- 2- Nedensel ilişki zaman içerisinde döngüsel olarak belirlenmelidir (geribildirim).

Geri besleme mantığı ve dinamik davranıştan ötürü, girdi çıktıyı etkilediğinde, çıktı da girdiyi etkileyebilir. Bu durumda, nedensel ilişkilerin doğrudan olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

- 3- "Olay yönelimi" yerine "dinamik davranış kalıpları" belirlenmelidir.

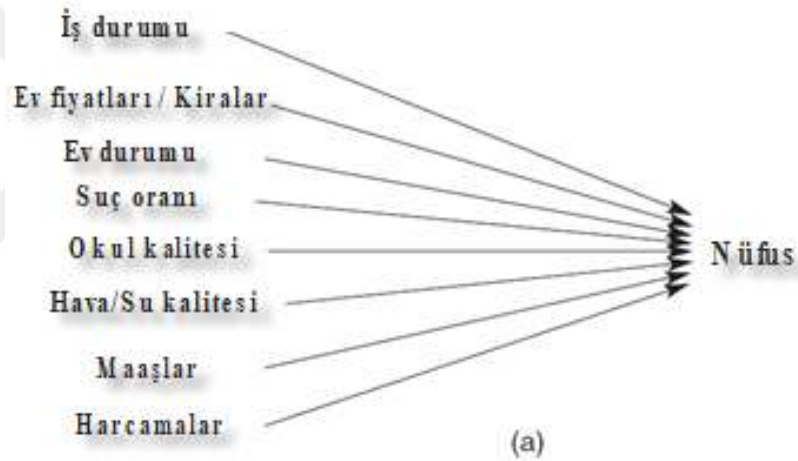
Dinamik model, olayları ayrı bir şekilde düşünerek geliştirilemez. Doğru bir model oluşturmak için, olayların altında yatan tarihsel ve yapısal nedenleri

araştırmak gerekir. Dinamik davranış diyagramları ile sorunun nedenleri daha belirgin olabilir ve buna bağlı olarak daha uygun politika analizleri üretilebilir.

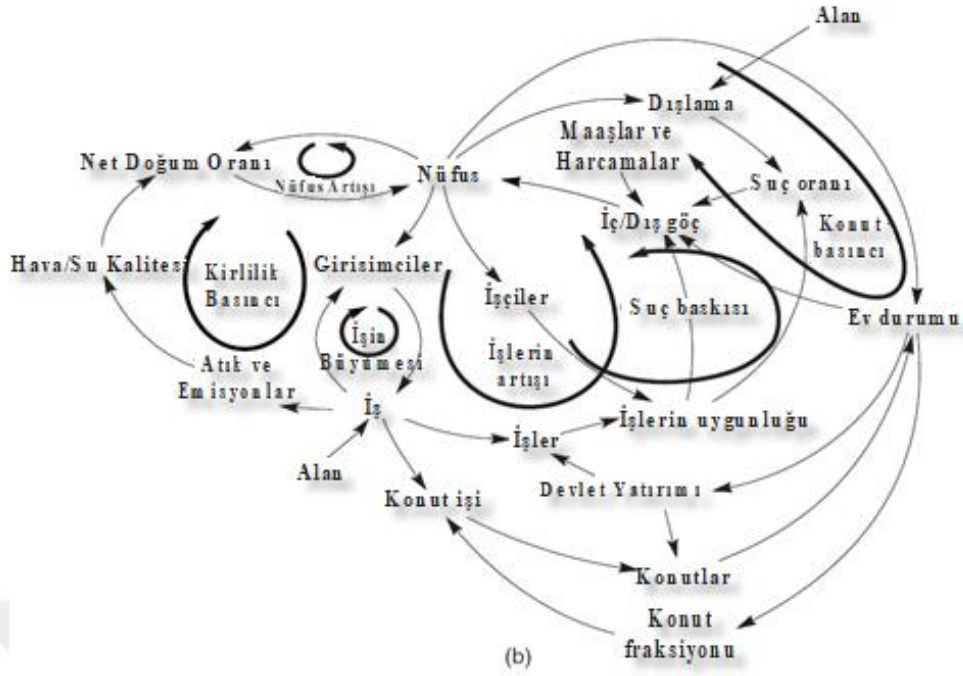
- 4- Dinamik bir davranış elde etmek için bir içyapı (endojen perspektif) oluşturulmalıdır.

Sözü edilen dinamik davranış oluşumu, yapıya bağlıdır. Yapının gösterimi için, elemanlar arasında nedensel bağlantılar ve döngüler oluşturulur. Değişkenler harici olarak dinamik bir davranışı etkilediğinde, sadece Şekil 2.3.'de gösterilen davranışın altında yatan nedenler hakkında fikir edinilebilir.

Bununla birlikte, ana nedenleri anlamak ve dinamik davranış hakkında olası politikalar üretmek için yapının değişkenleri dâhili olarak ilişkilendirilmelidir. Geri besleme yaklaşımı, Şekil 2.4.'de gösterilen içyapı ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.3 Nüfusu etkileyen dış etmenlerin gösterimi [26].



Şekil 2.4. Nüfusu etkileyen iç etmenlerin gösterimi [26].

5- Sistem yaklaşımları doğru tanımlanmalıdır.

Sistemik perspektifte, içsel ve dışsal yapı arasındaki ayrımı iyi yapmak önemlidir. Sistemi etkileyen dış faktörler ele alınamaz ve bu durumda bir sınır tanımlamak zordur. Öte yandan, iç dinamikler model sınırını tanımlar ve sınırın büyük oranda kurulması gerekir. Sınır belirlenirken, iç değişkenlerin birbirleriyle ve ayrıca dış öğelerle olan ilişkilerini ve etkileşimlerini tanımak gerekir. Sistem perspektifi için dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da, modelleyicinin modelin sınırını belirlemedeki yeteneğidir.

2.5.3.1. Sistem Dinamiği Araçları ve Modelleme Yaklaşımı

SD model basamakları sırasıyla aşağıdaki gibi şekillenmektedir;

- 1- Problem ve amacın tanımlanması
- 2- Dinamik hipotezin geliştirilmesi ve modelin kavramsallaştırılması
- 3- Biçimsel bir model oluşturulması
- 4- Modelin geçerliliğinin test edilmesi
- 5- Modelin analiz edilmesi
- 6- Yeni politikalar üretilmesi
- 7- Sisteme uygulanması

A. Stok ve Akış Değişkenleri

Stoklar birikimler olarak tanımlanır [1]. Çizelge 2.1.'de görüldüğü üzere, stoklar "t" zamanında sistemin durumunu gösterdiğinden "durum" terimi yerine "stok" da kullanılabilir ve modelde dikdörtgen şekliyle ifade edilir.

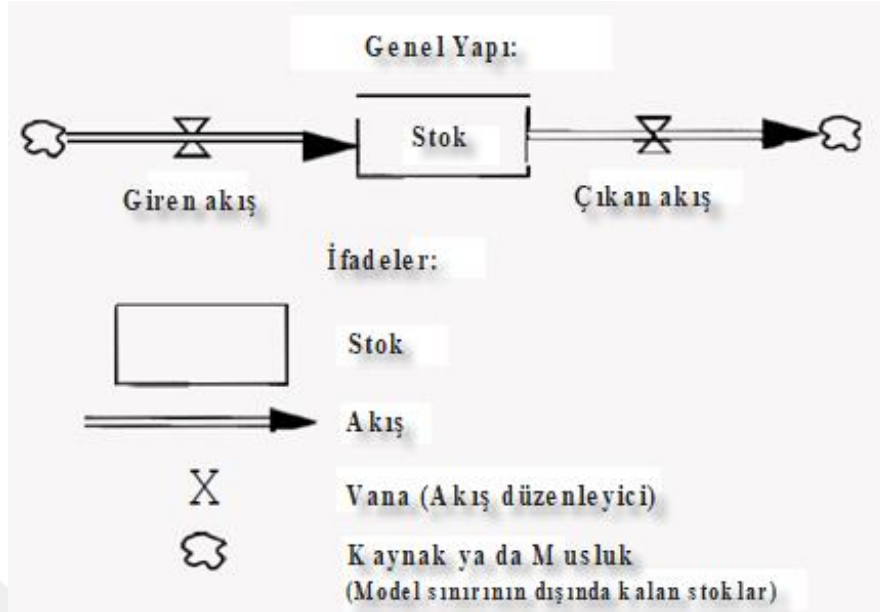
Stoklar, bir mide gibi, cüzdandaki para, akıldaki bilgi gibi her şeyi bir modelde toplamaktadır [28]. Stoklar somut veya soyut yapılardan oluşabilir ve sistemde "isim (ler)" kalıpları olarak yer alırlar.

Akışlar, eylem veya ilerleme anlamına gelir, stoklara bir şeyler götürür veya stoklardan bir şeyler taşırlar (Girdi veya Çıktı). Bunlar sistemin "fiil (ler)" yapılarıdır. Giriş-çıkışlara örnek olarak, göç-göçmenlik, okula gelen-okuldan ayrılan öğrenciler, faiz-çekilme vb. verilebilir.

Çizelge 2.1. Farklı alanlarda kullanılan stok ve akış terminolojileri [1].

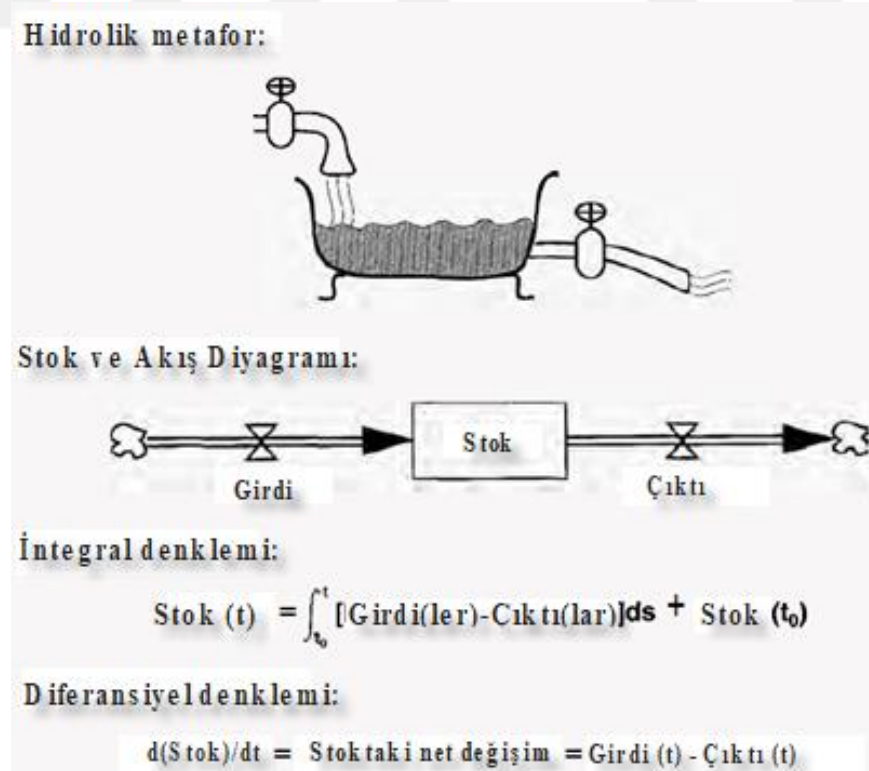
ALAN	STOKLAR	AKIŞLAR
Matematik, Fizik ve Mühendislik	İntegraller, durumlar, durum değişkenleri, stoklar	Türevler, değişim oranları, akışlar
Kimya	Tepkiyenler ve tepkime ürünleri	Tepkime oranları
İmalat	Tamponlar, envanterler	Üretilen iş hacmi
Ekonomi	Kademeler	Oranlar
Muhasebe	Hisse senetleri, bilanço tabloları	Akışlar, nakit akışı veya gelir tablosu kalemleri
Biyoloji, Fizyoloji	Hücreler	Difüzyon oranları, geçişler
Tıp, epidemiyoloji	Prevalans, rezervuarlar	İnsidans, enfeksiyon, morbidite ve mortalite oranları

- Stok ve akışın diyagramatik temsili Şekil 2.5.'te gösterilmektedir;



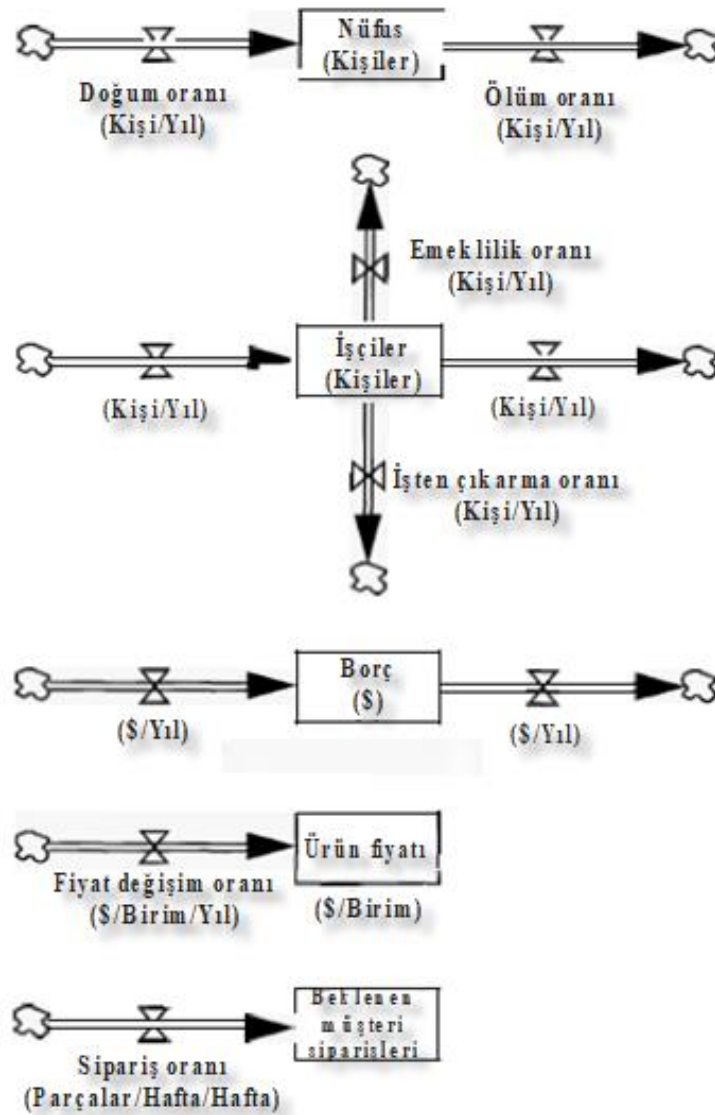
Şekil 2.5. Stok ve akış diyagramları gösterimi [1].

- Hidrolik metaforu ve stok ve akışın matematiksel gösterimi Şekil 2.6.'da verilmektedir;



Şekil 2.6. Hidrolik metafor ve stok-akış yapılarının matematiksel eşitlik durumları [1].

Bazen stok ve akış değişkenleri birbirine karıştırılabilir. Stoklar ve akışlar arasındaki farkı anlamak için zaman ve hareket "dondurulmuş" olabilir, böylece zaman ve hareket olmadan stoklar tanımlanır [26]. Akışlar zamana bağlıdır ve zaman olmadan tanımlanamazlar. Dahası, stoklar (fiziksel, bilgilendirici, psikolojik) ölçülebilir ve gözlemlenebilir yapıdadır, ancak akışlar değildir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da, stokları yardımcı değişkenlerden ayırmaktır. Bu ayrımı yapmak için stokların birikimi ve akışları bilinmelidir. Stoklar ve akışlar arasındaki farkı vurgulamak için ölçü birimleri de önemli bir yere sahiptir. Şekil 2.7.'de, stoklar, akışlar ve ölçü birimleri hakkında bazı örnekler gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Stok ve akış birimleri örnekleri [1].

SD’de stoklar oldukça önemli bir yere sahiptir, çünkü;

- Sistemin durumu, stoklar ile tanımlanır ve sadece akışlar stokları etkiler ve değiştirir,
- Stoklar sürekli (devamlılık = eylemsizlik ve hafıza), diğer bir deyişle, bir girdi kesilirse stok aniden azalmaz. Geçmiş olayları vardır ve değişim için zaman gereklidir,
- Stoklar gecikmelere neden olur,
- Stoklar, akışları kesintiye uğratar ve sonrasında eşitsizlik dinamikleri üretir.

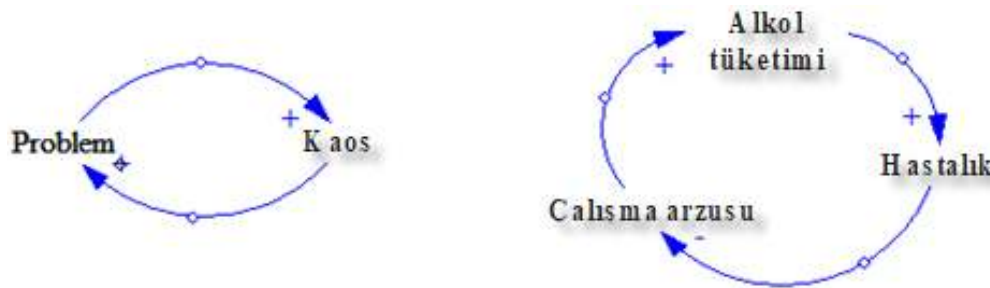
B. Yardımcı Değişkenler

Yardımcı değişkenler, stokların fonksiyonlarını ve statik faktörler ya da dış değişkenleri içerir [1]. Yardımcılar, karmaşıklığı bir döngüde taşırlar.

C. Olumlu ve Olumsuz Geri Bildirim Döngüleri ve Nedensel Döngü Diyagramı Oluşumu

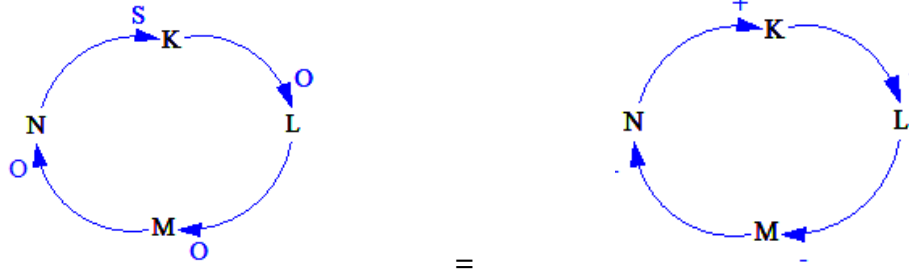
X-Y nedensellik ilişkisine dayanarak x, bir girdi ve y, bir çıktı iken, X artarken, Y de artar ve bu etki pozitif bir anlam ifade eder. X arttığında Y düşerse, bu negatif etkiye dönüşür; Şekil 2.8., pozitif ve negatif döngü örneklerini göstermektedir.

Nedensel döngü diyagramları (NDD) pozitif ve negatif geri besleme süreçleriyle şekillenir. Neden ve sonuç ilişkileri NDD'lerle tanımlanır. NDD'ler stokları ve akışları içermez, stok ve akış yapısını açık olarak ifade ederler.



Şekil 2.8. Pozitif ve negatif döngüler

Nedensel diyagramların sistemin durumunu gösteren bazı genel sembolleri (harfler) Şekil 2.9. a ve b’de gösterilmektedir.



(a) S: Aynı yönde (artı (+) işareti)

O: Zıt yönde (eksi (-) işareti)



(b) P (Pekiştirici): Çığ düşme ikonu

D (Dengeleyici)=C (Karşı koyan): Tahterevalli ikonu

Şekil 2.9 (a), (b). Nedensel döngü işaretleri

2.5.4. Sistem Dinamikleri Uygulama Alanları

[1]'de, SD'nin ne kadar uygulanabilir olduğunu şöyle açıklamaktadır: SD, kurumsal stratejiden diyabet dinamiklerine, ABD ve SSCB arasındaki soğuk savaş kolları yarışından, HIV ve insanın bağışıklık sistemi arasındaki mücadeleye kadar birçok konuda uygulanmaktadır. SD herhangi bir dinamik sisteme, herhangi bir zaman ve uzamsal ölçekle uygulanabilir. İş dünyası ve kamu politikasında da, hava taşıtlarından çinkoya ve AIDS'ten refah reformuna kadar çoğu sektöre SD uygulanmaktadır.

SD modelleme tekniği özellikle tıp, hukuk, kent çalışmaları, küresel ve çevresel çalışmalar, bilgi bilimi, edebiyat, tarih, ekonomi, finans, kimya, fizik vb. alanlarında kullanılmaktadır [1].

2.6. YAPIM PROJESİ YÖNETİMİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ UYGULAMALARI

İnşaat sektöründe, yönetsel sorunlar ve iyileştirme problemlerinin analiz edilmesinde SD kullanımı gittikçe artmaktadır [29].

[30]'da yazarlar, yapım projelerinde zamana dayalı kaynak planlaması ve kapasitesi kavramlarını temel alarak SD simülasyon yöntemiyle proje yönetiminin etkisini ve önemini araştırmıştır. Simülasyonun geçerliliği için, Alpha isimli bir kamyon üretim firmasından gerekli veriler sağlanmış ve serbest kaynağı bulunmayan eş zamanlı 4 proje incelenmiştir. İlk proje 70 ve 110 gün olacak şekilde farklı zamanlara ertelenmiş, bu gecikmelerin diğer projelere, üretime ve proje gruplarına etkisi grafiklerle gösterilmiştir. Simülasyon sonunda, gecikmelerden en az 1 numaralı, en fazla 2 numaralı projelerin etkilendiği gözlemlenmiştir. Proje 1'deki gecikmeden dolayı, eş zamanlı projelerin iş planında süre baskısı oluşmuş ve projeler arasındaki kaynak temini yarışı, proje öncelik sıralamasında dalgalanmaya sebep olmuştur. Aynı zamanda, bu hareketlilik verimliliğin düşmesine yol açsa da, proje gruplarının boyutlarında artış meydana gelmiştir. Çalışmanın sonunda, SD modelleme yaklaşımının, zamana dayalı proje uygulamalarının değerlendirilmesinde ve çoklu projelerin yeterliliği için kaynak ediniminin etkilerinin analiz edilmesinde etkili olduğu görülmüştür.

[31]'de araştırmacılar, SD ile işgücü verimliliği ve bunun proje performansına etkilerini bir konut projesini ele alarak incelemişler, gerekli veriyi de tarihsel bilgi içeren belirli proje kayıtlarından ve arazi analizlerinden elde etmişlerdir. İşgücü verimliliğini etkileyen faktörlerden, hava sıcaklığı, çalışma alanı yetersizliği, ustalık, ortalama iş haftası, proje yönetimi verimliliği, motivasyon, materyal eksikliği, yeni yöntemlere yabancıklık ve üretkenliği, modelde farklı değerlerle simüle etmişler, ayrıca işgücü verimliliğinin etkisini proje bütçesi ve süreyi de temel alarak analiz etmişlerdir. Simülasyonlar sonucunda, etki parametrelerinin artan değerlerine karşılık işgücü verimliliğinin düştüğü gözlenmiştir. Çalışmada genel olarak, işgücü verimliliğine etki eden faktörler incelenmiş ve nedensel döngülerle üretkenliğin değerlendirilmesine katkı sağlanmıştır.

[32]'de, otoyol projelerinin tercih edilen tedarik yöntemlerinden biri olan "Kamu-Özel-Ortaklık" (KÖÖ) projeleri için imtiyaz fiyat kavramının geliştirilmesinde SD'ye başvurulmuş ve bunun için imtiyaz fiyat parametreleri ve değişkenlerin birbiriyle olan ilişkileri simülasyon ile analiz edilmiştir. Araştırmada, belirsiz risk belirleyicilerinin

etkilerinin yönetimi için, SD tekniği, "olgu temelli akıl yürütme" yaklaşımı ile birleştirilmiştir. SD model verileri bir KÖO tünel projesinin fizibilite raporlarından elde edilmiş ve vaka çalışması modelin geçerliliği için de kullanılmıştır. Mevcut durumdaki net değere göre yapılan simülasyonun bir sonucu olarak, SD modelinden edinilen fiyat ile uygulama sürecindeki tünel projesinin gerçek maliyeti neredeyse benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca, imtiyaz fiyatının girdi parametrelerine (inşaatin yatırım ve uygulama maliyeti, asgari cazip getiri oranı ve yıllık trafik hacmi) duyarlılığı sağlanmış, böylece SD'nin hem özel yatırımcılar hem de hükümet için doğru imtiyaz fiyatına karar verme sürecini kolaylaştırdığı kanısına varılmıştır.

[33]'de projelerdeki değişken sayılarını ve lineer olmama durumu ele alınarak, SD modelinin minimizasyonu değerlendirilmiştir. Araştırmada, proje gelişim aşamasında, anlaşılır kontrol modelleri geliştirmek ve stabilite kurallarını sağlamak amaçlanmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda, Tarek-Abdel-Hamid (TAH) tarafından oluşturulan SD modeli ve terminolojisi kullanılmıştır. TAH modeli verifikasyon için, bir NASA projesinden alınan verilerle ilişkilendirilmiş, bu verilerle gerçekleştirilen simülasyon sonucunda uyumluluk sağlanmış ve indirgenmiş modelin; maliyet avantajlı kümülatif personel günleri, tam zamanlı işçi sayıları, planlanmış bitiş zamanı ve öngörülemeyen yeniden yapım gibi temel parametreler hakkında genel tahminlerde bulunduğu görülmüştür. Çalışma, proje yöneticilerinin minimum veri ile proje performansı konusunda fikirde bulunmalarını, aynı zamanda kontrol projelerinin stabil ve gözlemlenebilir olduğu kanısını desteklemektedir.

[34], benzer yetenekte kişilerin gruplar halinde çalıştığı çoklu bir proje düzenine ve buna bağlı olarak matris yapıya dayalı organizasyonel çatışma sorununu irdelemiştir. Araştırmacılar çalışmalarında, çatışmanın gerçekliğini sorgulamak ve sınırlı kaynak tahsisi göz önünde bulundurularak oluşturulan proje teslim tarihine karar verme konusundaki belirsizlikleri incelemek üzere SD simülasyon tekniğine başvurmuşlardır. Araştırmada, ayrı organizasyonel iş profilleri olarak uygulama yöneticileri ve farklı türdeki proje yöneticileri (sponsorlu ve iç girişim yöneticileri), beklenen net fayda kavramı aracılığıyla analiz edilmiştir. Analizlerin sonucunda, matris yapıda çatışmaların kaçınılmaz olduğu, fakat çatışma biçiminin değişebileceği gözlenmiştir. Örneğin; realistik bir çatışma, halen gerçekçi ama gereksiz bir çatışmaya dönüştürülebilmektedir. Aynı zamanda yöneticilerin, ortak çıkarları için daha verimli kaynak tahsisi planlaması konusunda anlaşmaya varmaları sağlanabilir. Böylece, kompleks ve yüksek teknoloji

ortamında, katılımcılar arası çatışma seviyesinin azalacağı düşünülmektedir.

[35] numaralı araştırma, ölçü mili ve SD yaklaşımlarını projelerdeki maliyet aşım davalarının analizini yaparak karşılaştırmıştır. Yazarlar esasen, bir projedeki gecikmeler ve kesintilerin maliyet aşımına neden olan etkilerini analiz etmeyi, anlamayı ve ölçmenin etkili yolunu bulmayı amaçlamaktadır. Karşılaştırmada, ölçü mili yaklaşımı için tahminler içeren bir ölçüt modeli ve SD referansı için SD modelin farklı ülkeler için ele alındığı bazı projelerdeki dokuz davanın önemli bölümleri temel alınmıştır. Çalışmada, davalar için ölçü mili ve SD yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Karşılaştırma sonucunda, analiz sırasında aksama yoksa davalarda ölçü mili yaklaşımının faydalı olduğu ve özgün tahmin doğrulamasında verimli olduğu görülmüştür. Öte yandan SD'nin, davaları nedensel döngülerle derinlemesine analiz ettiği ve uzun vadeli tahminlerde daha ikna edici olduğu gözlenmiştir.

[36]'da yazarlar, yüklenici ve işveren arasında önemli bir problem olan inşaat risk dağılımı konusunu ele almışlardır. Risklerin doğru olmayan bir şekilde tahsis edilmesi durumunda, maliyet aşımaları ve proje süresinde gecikmeler meydana gelebilir. Bunun sonucunda da yüklenici, tek taraflı risk tahsisine karşı bazı savunma stratejileri geliştirebilir. Bu sebeplerden ötürü çalışmada, risk dağılımına etki eden faktörler tanımlanmış, niteliksel geri bildirim modelini takip eden ve matematiksel ilişkilerin yer aldığı bir niceliksel model oluşturulmuş ve birkaç risk dağılımı stratejisi simülasyonla analiz edilmiştir. Risk tahsisi aşamasına etki eden faktörlere, uzmanlar tarafından tanımlanan bulanık sayılar atanmış ve model sayısallaştırılmıştır. Simülasyon sonucunda, proje maliyetinin en düşük seviyeye indirilmesiyle, ideal risk tahsisi yüzdesinin elde edildiği gözlenmiştir. Araştırmanın devamında, önerilen bulanık-SD modeli kombinasyonu, bir su kanalı projesiyle değerlendirilmek istenmiş ve su kanalının yapılacağı güzergâhta çıkabilecek gevşek zemin riski temel değişken olarak ele alınmıştır. Model sürecinin önceki aşamaları tekrar edilmiş, proje maliyeti ve risk dağılımının optimum yüzdeleri için bulanık sayılar oluşturulmuştur. Değerlendirmenin sonucunda, defüzfikasyon sağlanmış ve en iyi risk tahsisi yüzdeliği için yeni bir değer tespit edilmiştir. Ayrıca, bulanık-SD entegrasyonlu modelin, niceliksel risk tahsisi için uygulanabilir ve sağlam bir yöntem olduğu kanısına varılmıştır.

[37]'de araştırmacılar, inşaat faaliyetlerinde yaşanan dalgalanmalara ve yavaş büyümeye bağlı olarak Kenya'daki inşaat sektörünün sorunlarını araştırmıştır.

Araştırmacılar, inşaat kapasitesini ele almış ve benzer sistemlere dayalı sistem prototiplerini açığa çıkarmayı amaçlamışlardır. Yazarlar, inşaat sektörünün büyümesindeki istikrarsızlık sorunu ve yavaş artışın SD ile ortaya konulabilir ve böylece sorunlara yenilikçi çözümler üretilebilir olduğunu varsaymışlardır. Araştırma için nitel veriler, yarı yapılandırılmış görüşmelerden toplanmış, niceliksel veriler ise Kenya Merkez İstatistik Bürosundan alınmıştır. Çalışmada jenerik sistem kalıpları, bir gecikme ile dengeleme süreci, yük kayması, hedeflerin aşınması, tırmanma, başarılının başarısı, ortakların trajedisi, başarısız olan düzeltmeler, büyümenin sınırları, büyüme ve düşük yatırım, muhalefet ve çekicilik ilkesi gibi parametrelerle ifade edilmiştir. Kenya'daki inşaat verimini ölçmek için, tüm binaların parasal değeri ve inşaat mühendisliği çalışmaları bir referans yılın göstergesi olarak alınmıştır. Analizde, "gecikmeli dengeleme" ve "büyümenin sınırları" değişkenlerinin Kenya'daki inşaat faaliyetlerinin sorunlu davranışını tetiklediği görülmüştür. Araştırmanın sonunda, talep tarafındaki değişikliklere karşı sistemin arz tarafının tepkisinin düzenlenmesi ve pazar sisteminin genişletilmesi, belirtilen arketipler için jenerik sistem çözümü olarak bulunmuştur.

[38]'de, SD'nin inşaat projelerinde nakit akışı yönetimi stratejilerine etkisi araştırılmıştır. Projelerdeki finansal konular dikkatli bir şekilde yönetilmediği takdirde, kredili mevduat şartları, paydaşlar arasındaki müzakerede ve projenin uygulanmasında yıkıcı etkilere neden olabilmektedir. Bu bağlamda, sistemin yapısını ve davranışını tanımlamak için, nakit dengesi, malzeme harcamaları ve proje işletme modülleri içeren bir SD modeli oluşturulmuştur. Ayrıca, SD modelde proje açığı ve nakit akış optimizasyonu üzerindeki etkilerin görülmesi için, ön-uç, arka-uç yükleme stratejileri ve optimal nakit dengesi gibi nakit akış yönetimi stratejileri açıklanmıştır. Çalışmanın son aşamasında, SD modeli bir antrepo örneğinde kullanılmış ve senaryo analizleri grafiklerle gösterilmiştir. Araştırmadaki temel hedef modelin faydalarını göstermek ve analizlerle projenin nakit dengesini güçlendirmek olduğundan, her bir senaryonun etkisi (fazla tahsilat, ticaret kredisi, taşeronluk ve entegre strateji) analiz edilmiş ve kredili mevduat şartları farklı oranlarda azaltılmıştır. Böylece, SD modelleme tekniğinin etkin planlama ve nakit akışı yönetiminde geçerli ve başvurulabilir bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir.

[39]'de yazarlar, geleneksel risk yönetim yöntemlerinin yeterli olmadığı, kullanılan tekniklerin risklerin kendilerine has özelliklerini analiz etmediği, bir analiz ve yanıt

yaklaşımı içermediği düşüncesiyle yapım projelerinde risk yönetimi kavramını tartışmışlar ve bir yöntem olarak bulanık mantık entegreli SD modelini oluşturmuşlardır. Modelle, risklerin tanımı, analizi, planlanması ve kontrol geribildirim ele alınmıştır. Modelin yapısal geçerliliği önceki çalışmalardan referans alınan kavramsal modeller ve uzmanlarla yapılan görüşmelerle sağlanmıştır. Ayrıca, önerilen tekniğin uygulanabilirliği ve performansı açısından risk yönetimi süreçlerini değerlendirmek için bir köprü projesi örnek olarak incelenmiştir. Projedeki 'makine arıza' riski ele alınmış, projenin süresi ve maliyeti üzerindeki bu riskin sonuçları, yaklaşımın detaylı bir şekilde anlaşılması için analiz edilmiştir. Aynı zamanda, makine arıza riski, fazla mesai, programda değişiklik, taşeron kullanımı ve işçilik/donanım değiştirme politikası gibi önerilen senaryolara dayanarak incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, fazla mesai ve işçi/ekipman değiştirme senaryoları karşılaştırıldığında, işçi/ekipman değiştirme senaryosunun daha etkili olduğu görülmüş ve ayrıca bulanık-SD yaklaşımının, projelerdeki risk yönetimi uygulamaları için tatmin edici sonuçlar ortaya koyduğu gözlenmiştir.

[40]'da, Asya finansal krizinden etkilenen Malezya'daki yerel inşaat organizasyonlarının dinamik performansı üzerinde çalışılmıştır. İnşaat faaliyetlerine etki eden faktörleri tanımlamak için gerekli veriler, makaleler, yarı yapılandırılmış görüşmeler, onaylanmış dergiler, ticari ve yıllık raporlardan elde edilmiştir. Verilerin toplanmasından sonra, 'organizasyonel kapasite' ve 'finansal bilanço' olmak üzere birbiriyle ilişkili iki nedensel döngü diyagramı ile ortalama performans organizasyonunun dinamik hipotezi oluşturulmuştur. Geri bildirim döngülerine bağlı olarak dokuz sektör (proje, insan kaynağı, organizasyon bilgisi, proje kapsamı ve teknik yeterlilik, yönetim yeterliliği, varlık, borç, öz sermaye ve finansal oranlar) içeren simülasyon modeli oluşturulmuş ve model, tarihsel verilerle doğrulanmıştır. Son aşamada, duyarlılık analizi ile modelin sağlamlığı kontrol edilmiş ve analiz sonucunda modelin, parametrelerin değerindeki % 25'lik değişime kadar duyarsız görülmüştür. Parametrelerin değerinin iki katına çıkmasının model üzerinde bazı etkileri olmasına rağmen, modelin genel davranışı değişmemiş, bu nedenle model sağlam olarak nitelendirilmiştir. Çalışma aynı zamanda, SD simülasyon modelinin kullanılmasının, yöneticiler ve farklı organizasyonlar için faydalı olabileceğini de ortaya koymaktadır.

[41], Asya inşaat sektörünün küreselleşmenin etkisi ile değişen faaliyetlerine değinmiştir. Sektördeki farklı eğilimler her ne kadar avantaj sağlasa da, yerel inşaat

organizasyonları, yönetim, teknik ve mali yetkinlikler yeterli olmadığı için bu değişimden olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu nedenle Malezya Hükümeti, yerel inşaat sektöründeki performans iyileştirme politikalarını desteklemek için İnşaat Endüstrisi Geliştirme Komisyonu'nu (İEGK) kurmuştur. İnşaat endüstrisinin dinamik doğasından ötürü, yöneticiler performans geliştirme sorununu, yalnızca önceki çalışmaları veya literatürü referans alarak çözememektedirler. Bu yüzden, araştırmacılar, bilgi teknolojisi kullanımı (BTK), kalite performansının geliştirilmesi (KPG) ve inşaat işlerinin genişletilmesini içeren 3 İEGK politikasına dayalı bir SD modeli oluşturmuş ve bu politikaların kapasitesini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Simülasyon sonunda, bireysel ve birleştirilmiş politikalar, kısa dönem, orta dönem ve uzun dönemdeki davranışları açısından birbirleriyle karşılaştırılmıştır ve karşılaştırma sonucunda, KPG sistemi ve BTK'nın kombinasyonu ve kısa vadeli politikaların uygulanmasının inşaat projelerinin organizasyonel performansını artırmada etkili bir yol olduğu görülmüştür. Aynı zamanda çalışma, SD'nin inşaat organizasyonlarının ortalama performans uygulamaları ve iyileştirme politikalarının saptanmasında etkili bir yöntem olduğunu da göstermektedir.

[42] ve [43] numaralı çalışmalar, yeniden yapım uygulamalarının etkileri üzerinde durmuşlardır. İlk makalede araştırmacılar, yeniden yapımın teorik yapısını tümdengelim ve tümevarım yaklaşımlarıyla incelemiş ve yeniden yapımın nedensel etkilerini tanımlamak için iki adet 6 katlı apartman bloğu ve 2 katlı endüstriyel bir depoyu içeren iki örnek çalışma ele almışlardır. Röportajlardan, doğrudan gözlemlerden ve belgesel kaynaklardan derlenerek elde edilen veriler, kavramsal nedensel döngü diyagramları oluşturmak için kullanılmıştır. İlk makale teorik bazlı olduğu, örnekse gözlemleri ve yeniden yapım etkilerini niteliksel olarak incelediği için, bir sonraki çalışmanın ön çalışması niteliğindedir. Bu yüzden ikinci makalede yazarlar yeniden yapımı etkileyen faktörleri modelleyerek analiz etmiş ve ilk çalışmanın olgularına bağlı olarak üretilen alternatif senaryoları test etmişlerdir. Senaryo analiziyle araştırmacılar, tasarım zamanının azaltılması, deneyimsiz tasarım personeli senaryosu ve bu iki tasarımın kombinasyonundan oluşan senaryonun uzun vadedeki tasarım sorunlarını yönetmek için uygun olmadığını tespit etmişlerdir. Öte yandan projenin mevcut durumunun korunması ve tasarım süresini azaltarak deneyimli personel edinimi senaryolarının uzun dönemde daha mantıklı olduğuna karar vermişlerdir. Araştırmalar aynı zamanda, SD yaklaşımının tasarım hatalarının tanımlanıp analiz edilmesinde ve yeniden yapım uygulamalarının

risk yönetiminde etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir.

[44]'de araştırmacılar, mimarlık, mühendislik ve inşaat organizasyonu sektöründeki karmaşık öğrenme sistemini ele almışlardır. Çalışmada, öğrenme sisteminin daha iyi anlaşılması için bazı olumlu faktörler ve öğrenme aksaklıkları tanımlanmıştır. Rol kısıtlı, durumsal ve parçalı öğrenme kavramlarının deneyim aktarımını olumsuz etkilediği, bununla birlikte, zaman, kültür ve farkındalık olgularının, tasarımcı, uygulama ve bakım personeli gibi proje katılımcıları arasındaki yetenek transferi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu varsayılmıştır. Araştırmacılar, zaman içerisinde kavranamayan öğrenme parametrelerinin etkileşimlerini ve sonuçlarını bulmak ve bilgi ve materyal gecikmelerini göz önüne alarak deneyim aktarımı süreçlerini geliştirmek için bir SD simülasyon modeli oluşturmuştur. Parametre verileri, Norveç'teki Statsbygg-Kamu İnşaat ve Emlak Yönetimi Şirketi'nden ve [45] numaralı çalışmadan alınmıştır. [45]'e göre, deneyim aktarımı oranı, tasarımcı ve bakım ve uygulama personeli arasındaki fiziksel ve zihinsel mesafeden etkilenmiştir. Bundan dolayı makalede zihinsel mesafede yer alan açıklık, öncelik, zaman ve bireysel yeterlik parametreleri modellenmiştir. Simülasyon sonucunda, parçalanmış ve durumsal öğrenmenin zaman, açıklık, öncelik ve bireysel yeterlik değişkenlerinden etkilendiği, ayrıca takip eden projelerde bu parametrelerin artırılmasının, projede tasarım ve inşaat deneyimini de artıracığı vurgulanmıştır. Araştırmanın sonucunda SD'nin, tecrübe transferi ve işbirlikçi öğrenme sisteminde etkili olduğu da gözlenmiştir.

[46]'da yazarlar, değişen pazar ortamının ihtiyaçlarını karşılamak, sorunları yönetmek ve kontrol etmek ve aynı zamanda zaman faktörüne dayalı performans çıktılarını tahmin etmek için, inşaat firmalarındaki bilgi yönetimi kapasitesi (BYK) evrimini ve bilgi süreçlerini analiz etmişlerdir. BYK, bir şirketin öğrenme mekanizmalarından oluşur ve BYK'nın gelişimi, öğrenme sistemi ve performans sonuçlarıyla oluşan geri besleme mekanizmalarına dayanmaktadır. Bu bağlamda yazarlar, Hong Kong'daki proje tabanlı 3 şirketle yapılan çoklu örnek incelemesi yaklaşımını ele almışlardır. Model için gerekli veriler dokümantasyon, makaleler, kitaplar ve röportajlar yoluyla toplanmıştır. Takip eden süreçte, öğrenmenin çift döngü öğrenme sisteminin gelişim senaryoları ve BYK'nın evrimi üzerindeki etkilerini bulmak için dinamik hipotezler oluşturulmuş, doğrudan zorluklara karşı firmaların bilgi tabanlı stratejileri hazırlanmış, nedensel döngü diyagramı ve paralelinde simülasyon modeli geliştirilmiştir. Araştırmanın sonucunda, zamanla geribildirim döngü öğrenme sisteminde temel bileşenlerin

ölçülebileceği, BYK'nın daha iyi kontrol edilebileceği ve ayrıca pazardaki ani yükseliş ve düşüş döngüleri aracılığıyla yeterli bilginin, organizasyonel yapının değişim kapsamını azaltılabileceği gözlenmiştir.

[47]'de, finansçıların veya paydaşların başarılı yatırım yapmaları ve inşaat süreçleri hakkında doğru bilgi akışı elde etmeleri için uygun yönetim koşullarını sağlayan inşaat sektöründeki girişim kaynağı planlama sistemleri (GKPS) üzerinde çalışılmıştır. İnşaat girişimi kaynak planlama sistemi (İ-GKPS), inşaat başlangıcından itibaren proje teklifi ve pazarlamasından, inşaat sürecinin tamamlanmasına kadar olan inşaatın yaşam döngüsüyle ilişkilidir. Ayrıca İ-GKPS, dijital bilgi paylaşımı sağlamakta ve proje katılımcıları arasındaki iletişimi kolaylaştırmaktadır. İ-GKPS'nin dinamiklerini belirlemek için araştırmacılar, Güney Amerika ve Doğu Asya'da mühendislik, tedarik ve inşaat hizmeti veren iki şirketin kritik başarı faktörlerinin performans düzeylerini incelemişlerdir. Alan araştırmaları, literatür taramaları ve SD nedensel döngü diyagramları ile İ-GKPS uygulamasını etkileyen dinamikler belirlenmiştir. İ-GKPS performansı, projedeki yöneticilerin bilgi akışında ve karar verme süreçlerinde etkili olduğu için, projenin performansına, dolayısıyla da proje maliyeti ve zamana dayanarak ölçülebilmektedir. İ-GKPS kullanımının öncesi ve sonrasına göre, bilgi kalitesi ve entegrasyonu için net performans artışı değerlendirilmiştir ve sonuçlar, inşaat sektörü yöneticileri, uygulama, proje ve bilgi teknolojileri yöneticilerinin dâhil olduğu bir anketle doğrulanmıştır. Validasyonla, değişkenler arasındaki bütünlük ölçülmüş ve inşaat şirketlerinde İ-GKPS hissedarlarının etkinliğinin farkına varılmıştır. Araştırma, yapım faaliyetlerindeki İ-GKPS dinamiklerinin bütüncül olarak kavranmasına, araştırmacıların ve yöneticilerin uygulamada İ-GKPS yatırımlarını daha iyi algılamalarına katkı sağlamaktadır.

[48]'de yazarlar, Kore konut piyasasındaki arz ve talep arasındaki dengesizlik sorununa değinmişlerdir. Küresel bağlamda ekonomik yavaşlama ve gelirlerdeki azalma, satın alma gücünde ve taleplerde düşüşe neden olmuş, bu yüzden satılmamış yeni konut sayısında artış meydana gelmiştir. Kore hükümeti, yeni küçük boyutlu konut ve kiralık konut inşasını içeren konut arzı programları sağlayarak konut ortamını geliştirme yönünde çaba göstermiş, ancak bu politikalarla başarılı olamamıştır. Bu nedenler çalışmada, politikaların ve konut arz mekanizmasının etkisini analiz etmek için dinamik bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Model, konut fiyat değişkenlerinin ve konut arzı faktörlerinin sebep sonuç ilişkisi diyagramlarını içermektedir ve model ile, politika

oluşturucular için, geri bildirim süreçleri ve zaman içinde sistem parametrelerindeki değişiklikler hakkında net bir anlayış sağlanması amaçlanmaktadır. Konut boşlukları, konut fiyatları ve satışları gibi parametreler simüle edilerek modelin geçerliliği sağlanmıştır. Konut piyasası için mevcut ve önerilen senaryoların analizi sonrasında model, politika belirleyicilerin SD yöntemini uygulayarak karmaşık konut arz ve talep problemlerini çözebileceğini de göstermiştir.

2.7. YAPILI ÇEVREDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAZLI SİSTEM DİNAMİĞİ UYGULAMALARI

[49]'da araştırmacılar, sera gazı emisyonlarını azaltma veya dengede tutma yönündeki olası politikaları analiz etmek için ABD'deki konut binalarını ele almışlardır. Yeşil binaların orta ve uzun vadeli politika etkileri stok akış diyagramı modellenmiş ve politika oluşturmak için, yüksek performanslı yeşil bina inşaatı, bina yenileme ve sıfırdan bina inşaatı gibi üç temel uygulama alanı incelenmiştir. Modelin geçerliliği, grafiksel ve istatistiksel olarak sağlanmıştır. Model simülasyonu 2050 yılına kadar ayarlanmış ve simülasyonun sonucunda, sera gazı emisyonlarını azaltmanın en etkili yolunun üç politikanın birleşimi olduğu kanısına varılmıştır. Ayrıca, bina yenileme temelli senaryoların sera gazı emisyonunu dengede tutması açısından diğer iki politikaya göre daha etkili olduğu görülmüştür. Çalışmanın bir diğer sonucunda, tek başına yeni bina ve yüksek performanslı bina inşasının, uzun vadede sera gazı emisyonlarının dengelenmesi veya azaltılmasında etkili olmadığı gözlenmiştir.

[2]'de yazarlar, son yıllarda önemli bir konu olan enerji tasarrufuyla ilgili çalışmışlar ve konut binaları inşa edildiğinden beri kirlilik, enerji tüketimi ve kullanılan kaynakların arttığını vurgulamışlardır. Çalışmada, enerji verimliliği ve teknolojik gelişimin sağlanması için sosyo-ekonomik faktörler analiz edilmiş ve araştırmacılar binanın teknik performansı ile kullanıcıların enerji verimliliğine dair düşünceleri arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Bireysel davranış temelli teorinin referans alınmasıyla, 'ihtiyaç-fırsat-yetenekler' modeli [50] parametreleri tanımlanmış ve modelin devamında problem ve sınırlarına ulaşılabileceği varsayılmıştır. Sistemdeki ihtiyaçlar ilkesine dayanarak, "ekoloji, ekonomi ve enerji" (3e) alanları analiz edilmeye başlanmış, bu 3e kavramına bağlı olarak analizler, birbirlerinin alanlarına sıkı sıkıya bağlı olan 'Enerji Performansı Oluşturma, Kullanıcı Rahatlığı ve Motivasyon Gelişimi' başlıklarına ayrılmış ve termal konfor, aydınlatma konforu ve hava kalitesi değişkenleri ile nedensel

döngü diyagramları oluşturulmuştur. Analizler doğrultusunda iki davranış incelenmiş, birincisinde konforun sabit tutulmasıyla harcamaların azaltılması amaçlanmıştır. Bu durumda, konfor yüzdesi ve yatırım motivasyonunun azaldığı görülmüştür. İkinci durumda, belirli bir başlangıç yatırımının zorunlu tutulmasıyla tasarruftan ötürü tüketim sabit tutularak konfor seviyesi yükseltilmiştir. Konfor temelli durum çalışmalarının sonucu olarak, motivasyonun tasarruf oranına bağlı olduğu anlaşılmıştır. Senaryo analizi aşamasında, simülasyon parametreleri Avrupa Normları ve Standartlarından elde edilmiştir. Simülasyon ile, konfor seviyeleri iç sıcaklık ve algılanan sıcaklıklara göre analiz edilmiş, ilk politika olarak, daha iyi performans ve konforu istikrarlı tutmak için yapısal bir değişim yerine kazan değişiminin uygun olabileceği kararına varılmıştır. Bunun yanı sıra, ikinci politika, bina dış çeperinde farklı türde değişiklikler içermektedir. Son politikada ise, diğer iki politikayı içeren bir yaklaşım geliştirilmiştir. Tüm politikalar mali giderler ve faturalar ele alınarak incelenmiş ve analizler sonucunda, kombinasyonla oluşan üçüncü politikanın yüksek konfor seviyesi ve düşük CO₂ emisyonu konusunda bilgiler vererek daha etkili olduğu görülmüştür.

[51]'de yazarlar, Letonya'nın, her ne kadar planlama süreçleri zayıf olsa da, yenilenmiş apartmanlarla enerji tasarrufu yapma konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğundan, Birinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nın (UEVEP) kendi bağlamında yeterli olup olmadığını incelemişlerdir. Çalışmada, Letonya'daki enerji tüketiminin UEVEP ile 2016'ya kadar 3484 GWh'ye ulaşması için SD modeline başvurulmuştur. Bina yenileme sürecinin nasıl etkilendiğini analiz etmek ve değerlendirmek için farklı enerji verimliliği senaryoları üretilmiştir. Analizler, çoklu apartmanlarda ısı yalıtımı temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Referans modu, teorik olarak 'karamsar, ılımlı ve iyimser senaryo' olmak üzere farklı senaryolarla tanımlanmış, bu nedenle gecikmeler ve uygulanan politika etkisi 70 yıllık (2010-2080) bir periyotta değerlendirilmiştir. Kötümser senaryoda, 2080 yılına kadar yaklaşık 5 milyon m²'ye ulaşan bina yalıtımı sürecinde yavaş bir artış olduğu; ılımlı senaryoda, 2050'de 60 milyon m²'ye yükseldikten sonra istikrarlı bir davranış (S-şekilli davranış) sergilendiği; son olarak iyimser senaryoda ise, ikinci senaryonun aksine 2030'da izolasyonun 60 milyon m²'ye ulaştığı ve S-şekilli salınım hareketinin baskın olduğu görülmüştür. Ana stoklar ve akışlar tanımlandıktan sonra, bina izolasyonu için SD modeli oluşturulmuş ve net kâr ve belirsizlik maliyetleri gibi bazı stoklar, algılanması, geliştirilmesi ve uygulanması açısından zamana ihtiyaç duyduğu için modele eklenmiştir. Net kârı

artırmak, belirsiz maliyetleri azaltmak, enerji verimliliği farkındalığını ve yatırımı artırmak için çeşitli politikalar oluşturulmuştur. Simülasyon sonuçlarına göre, Letonya'nın Eylem Planı'nın politika araçları ile 2016 yılında ısıtma enerjisi tasarrufunun sadece % 2'ye ulaştığı, fakat yine de hedeflenen tasarrufa 2080 yılına kadar ulaşılabilceği gözlenmiştir. Ayrıca eylem planının önemli politika araçlarından biri olan AB eş finansmanının, kısa vadede etkili olduğu ve tek başına uygulandığında, etki miktarının uzun süre devam etmediği fark edilmiştir. Bununla birlikte ekstra enerji verimliliği politikaları uygulanırsa, 2016 yılına kadar % 21,6 tasarruf sağlanacağı ve önerilen enerji politikalarının katkısıyla hedeflenen enerji verimliliğine 2020 yılına kadar yaklaşık olarak ulaşılabilceği görülmüştür.

[52], SD modelini kent bağlamında ele almıştır. Ana tema, büyüyen Malezya'da, özellikle İskandar Kalkınma Bölgesi'nde (İKB) ve gelecekteki birleşik kent olacak Johor Bahru şehrinde CO₂ emisyonlarının durumunu analiz etmek olarak belirlenmiştir. Çalışma öncelikle, CO₂ emisyonlarının hesaplanmasını ve buna etki eden politikaların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Diğer bir hedef de, İKB'nin kentsel planlama safhasında SD modelinin kullanılabilirliğini ve etkinliğini araştırmaktır. Bu amaçlar doğrultusunda, konut, sanayi, ticaret ve ulaşım olarak kentsel sektörün alt alanlarını içeren SD modeli geliştirilmiştir. Malezya'daki CO₂ emisyonları konusundaki bilgi eksikliği nedeniyle, modelin doğrulaması 'İlk Ulusal İletişim' verileri ve literatür araştırmalarıyla sağlanmıştır. Sektörel CO₂ emisyonları ve İKB'nin kişi başına CO₂ emisyonu oranı, enerji kullanımındaki İlk ve İkinci Ulusal İletişim verileri ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon parametreleri, Güney Johor Ekonomik Bölgesi Kapsamlı Kalkınma Planı'ndan alınmış ve simülasyonlar iki aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada, İKB'nin CO₂ emisyonlarının minimuma indirilmesi için kentsel politikaların etkinliklerinin araştırılması; ikinci aşamada ise, farklı ekonomik kalkınma politikaları altında makul değerlerde emisyonu ulaştırmak için entegre politikaların bir sonucu olarak CO₂ miktarında azalma sağlanması için daha fazla simülasyon yapılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, CO₂ emisyon kontrolü SD modeliyle elde edilmiş ve SD yaklaşımının karar verme sürecinde güçlü bir araç olduğu kanısına varılmıştır. Aynı zamanda, SD modeli, 'Teknik Rapor' ve 'Taslak Yapı Planı' aşamalarında düşük karbon iyileştirmelerini amaçlayan yapı planıyla da birleştirilmiştir. Böylece, planlama sürecinde FML modelinin uygulanması, karar vericilerin daha iyi çözümler üretmelerine ve gelecekte CO₂ emisyonunun azaltılması konusunda daha etkili kararlar almalarına

olanak sağlamıştır.

[53]'de SD modelleme tekniği, kavram kanıtlama yaklaşımı olarak uygulanmıştır. Çalışmada bir hava sistemi modeli ve enfeksiyon alt modeli oluşturulmuş ve biyolojik terör saldırısının etkisi incelenmiştir. Modelin test edilmesi, Kowalski'nin yayımlanmış elektronik tablosu [54] ile sağlanmıştır. Biyo-terör saldırısının etkilerinin en aza indirgenmesinde bina değişkenlerinden hava işleme sistemi performansı, bina güvenliği ve kullanıcı davranışı fiziksel olarak değiştirilmesi gibi parametreleri değerlendirmek için iki senaryo analiz edilmiştir. Simülasyonlar 10 saatlik bir zaman aralığında yürütülmüştür; ilk referans durumda, biyo-ajan parçacıklarının, hava dolaşımına uğramadan filtrelerden geçtiği, ikinci durumda ise % 80 etkili filtre kullanıldığında yok olan partiküllerin arttığı görülmüştür. SD modeli, karar verme konusunda daha fazla bilgi edinebilmek için BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) aracılığıyla Autodesk Revit Building programıyla ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, SD yaklaşımının, özellikle karar verme süreci ve bina tasarımı aşamasında uygulanabilecek doğru bir yöntem olduğu kanısına varılmıştır.

[55]'de, SD modelleme tekniğiyle, konutlarda ev aletlerine dayalı enerji verimliliği senaryolarına değinilmiştir. Makalenin ana teması olarak, geleneksel elektrikli ev aletlerinin daha verimli cihazlarla değiştirilmesi incelenmiş ve dinamikler tanımlandıktan sonra, önerilen politikalar 2,5 milyon nüfusa sahip Kolombiya'daki Medellin Büyükşehir Bölgesi için uygulanmıştır. Bu uygulamada hem sadece gaz yakıtlı cihazlar hem de elektrik etkin ve gaz yakıtlı cihazlar birlikte ele alınmıştır. Sonuçlar, maliyet ve ekonomik koşullar nedeniyle farklı alternatiflerin gaz kullanımı talebini artırdığını göstermektedir. Çalışmada, SD modelin, enerji verimliliği planlamasında ve uygulama esnasında hangi politikanın başarılı olup olmadığına karar verme sürecinde etkili olduğu gözlenmiştir.

[3] numaralı çalışmada, SD modelleme tekniği ve bina fiziği modeli olan SAP aracı ile bina yenileme olgusu değerlendirilmiş ve bu model 'SdSAP' olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar, bir binaya fiziksel olarak etki eden parametrelerin nedensel ilişkilerini Vensim yazılımıyla modellemişlerdir. Çalışmanın amacı, öğrenme sürecinin geliştirilmesi ve uygulama öncesinde doğru karar verilmesini sağlamaktır. Bu nedenle, kullanıcıların gelecekteki enerji giderlerini öngörebilmeleri için hava koşulları, yakıt maliyetleri, sıcaklık ve yaşam tarzı değişikliklerinin etkileri incelenmiştir. Araştırmanın

geçerliliğinin sağlanması için de İngiltere'nin 1980'li yıllarındaki tipik bir teras evi kalıntısı alan çalışması olarak ele alınmış ve evin performansı analiz edilmiştir.

[56]'da araştırmacılar, konut enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu (KETCE) azaltma sistemi üzerinde çalışmıştır. İngiltere'deki toplam enerji tüketiminin % 42,3 olduğu bilinmektedir ve bu miktarın % 27,5'i konut binalarına aittir. Söz konusu tüketime dayalı olarak, yalnızca konut binalarına ilişkin CO₂ emisyonları, Birleşik Krallık'taki toplam karbon emisyonlarının yaklaşık % 26'sını oluşturmaktadır [57]. Bu nedenle, Birleşik Krallık hükümeti CO₂ emisyonlarını 2050 yılına kadar % 80 oranında azaltmayı hedeflemiş ve enerji tarifeleri, farklı enerji kaynakları, kumaş yalıtımı geliştirme vb. gibi bir dizi politika uygulamıştır. Bu konuyu temel alan araştırmacılar, KETCE'yi etkileyen parametreler arasındaki ilişkileri, SD metodolojisi ve önerilen stratejileri uygulayarak incelemişler ve ev içi enerji tüketiminin ve CO₂ emisyonlarının azaltılmasında ilişkili değişkenlerin anlaşılmasına katkıda bulunan politikaların nedensel döngü şemasını oluşturmuşlardır. Böylelikle araştırmayla, geri bildirim ve SD yöntemiyle sistem davranışının algılanması nosyonunun önemi vurgulanmıştır.



3. METODOLOJİ

SD yaklaşımını benimseyen pek çok model [7], dinamik unsurları proje geliştirme modellerine dâhil etmektedir. Modelleyicinin proje dinamik davranış hipotezleri, geribildirim yapısı ile temsil edilmekte ve proje davranışı modelleyicinin araştırmaları üzerine oluşturulmaktadır. Bu çalışmada, bina enerji parametrelerinin dinamikler olarak tanımlandığı ve tadilat sürecinde projenin performansını etkileyebileceği düşüncesiyle, tadilat proje yönetimi ele alınmaktadır. SD modeli, bir binanın enerji verimliliği durumunu, etki parametrelerini belirleyerek ve değişkenlerin ilişkilerini bütünsel bir yaklaşımla analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, enerji verimliliği politikaları incelenmekte ve senaryoların uygulanabilirliği simülasyon programında değerlendirilmektedir.

3.1. BİNA ENERJİ VERİMLİLİĞİ DİNAMİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bina tadilat projeleri göz önüne alındığında, bina enerji verimliliği parametreleri, iklim verileri, gölgelendirme bariyeri, CO₂ emisyonu, bina bölgesi, yapı malzemesi, kullanılan teçhizat, aydınlatma, havalandırma, ısıtma-soğutma, su ısıtma, yapının lokasyonu ve formu gibi proje dinamikleri olarak kabul edilebilir [58]. Söz konusu parametreler, zaman faktörü ile birleştiğinde binanın enerji ihtiyaçlarını ve performansını etkiler, bu nedenle dinamik parametreleri tahmin etmek ve kontrol etmek zordur. Bu güçlükte, SD, uygulanabilir bir simülasyon modelleme yöntemi olarak düşünülebilir. Var olan bir binayı enerji verimli bir yapı olması yolunda destekleyen zaman, mekân ve maliyet gibi dinamik parametrelerin varlığı söz konusu olduğundan, proje daha karmaşık hale gelir. Simülasyon modelleme tekniği ile değişkenler arasındaki ilişkiler, geribildirim döngüleri temel alınarak tanımlanır, model oluşturulur ve çalıştırılır; buna bağlı olarak farklı senaryolar üretilir ve üretilen senaryoların geçerliliği değerlendirilir. Projeleri karmaşıklaştıran ve proje performansını etkileyen parametreler kısaca aşağıda açıklanmaktadır.

İklim Verileri: Binanın enerji performansını belirleyen önemli faktörlerden biridir. Aynı zamanda çevresel performansı da etkiler ve enerji verimliliği simülasyonlarının sonuçları için belirleyici bir faktör olarak tanımlanır.

Gölgeleme Bariyeri: Ana binanın güneş ışığını bloke eden 'çevre binalar' olarak tanımlanır. Gölgeleme bariyerini oluşturan önemli parametreler, yapıya uzaklık, etki şiddeti ve etki yüzey alanıdır.

CO₂ Emisyonu: Bina enerji performansı simülasyonundan çıkan sonuç parametresidir. CO₂ emisyonuna binaların sebep olduğu düşünüldüğünde, enerji verimliliğinde bir etki parametresi haline gelir.

Yapı Bölgesi: Binanın iklimlendirme, ısıtma ve soğutma sistemleri nedeniyle bağımsız olan iç mekânları anlamına gelir. Benzeri iç kazanca sahip olan birimler, simülasyon programında ayrı veya ortak bölgelerde alınabilirler. Zonlama, enerji performansının hesaplanmasını kolaylaştırır.

Yapı Malzemesi: Binayı oluşturan herhangi bir malzemeyi tanımlar. Verileri simülasyon programına girerken kolonlar, kirişler, duvarlar, tavanlar, döşemeler, kapılar, pencereler, bina zarfı, vb. elemanlar, binanın performansı ile ilgili doğrudan unsurlar olarak kabul edilir. Özellikle bina zarfı, binaların ısı yalıtımı için çok önemli bir faktördür.

Binada Kullanılan Teçhizatlar: Binanın tefrişatı için kullanılan her türlü elektronik cihaz (bilgisayar, ısıtıcı, mutfak ekipmanları vb.), enerji performansını ve verimliliğini etkiler.

Aydınlatma Sistemi: İç ve dış aydınlatma elemanları ve doğal aydınlatma faktörleri minimum enerji tüketimini destekler ve enerji verimliliği sağlar.

Havalandırma Sistemi: Havalandırma sisteminin modeli ve kapasitesi, tipi, gücü ve yaşı, enerji performans değerlendirme ve simülasyon modellemesi için gerekli değişkenlerdir.

Isıtma ve Soğutma Sistemleri: Bu sistemler birbirine entegredir. Isı kazançları ve kayıpları, katsayıları, sıcaklık farkları, malzeme özellikleri ve etki değerleri sistemlerin temel belirleyicileri olarak kabul edilir ve simülasyon programına her bir faktör için ayrı ayrı girilir. Isıtma ve soğutma parametreleri, binayı enerji verimliliği bağlamında etkileyen en önemli faktörlerdendir.

Sıcak Su Sistemi: Havalandırma sistemine benzer olarak, sistemin kapasitesi, gücü, türü ve yaşı, sıcak su sistemi parametrelerini tanımlar. Simülasyonda bu faktörle enerji tüketimi verisi olarak karşılaştırılır.

Binanın Konumu: Binanın topoğrafyası, bitişik binalar arasındaki mesafe, güneşten yararlanma süresi, cephe yönü binanın lokasyonunu belirleyen başlıca faktörlerdir.

Yapı Formu: Geometrik yapı, kapı-pencere sayısı ve boyutları, çatı detayları, kat sayısı, bina ve kat yüksekliği, bina yüzey alanı, opak ve saydam bileşenlerin konumu ve boyutu, bina enerji verimliliğinin hesaplanmasında önemli belirleyicilerdir.

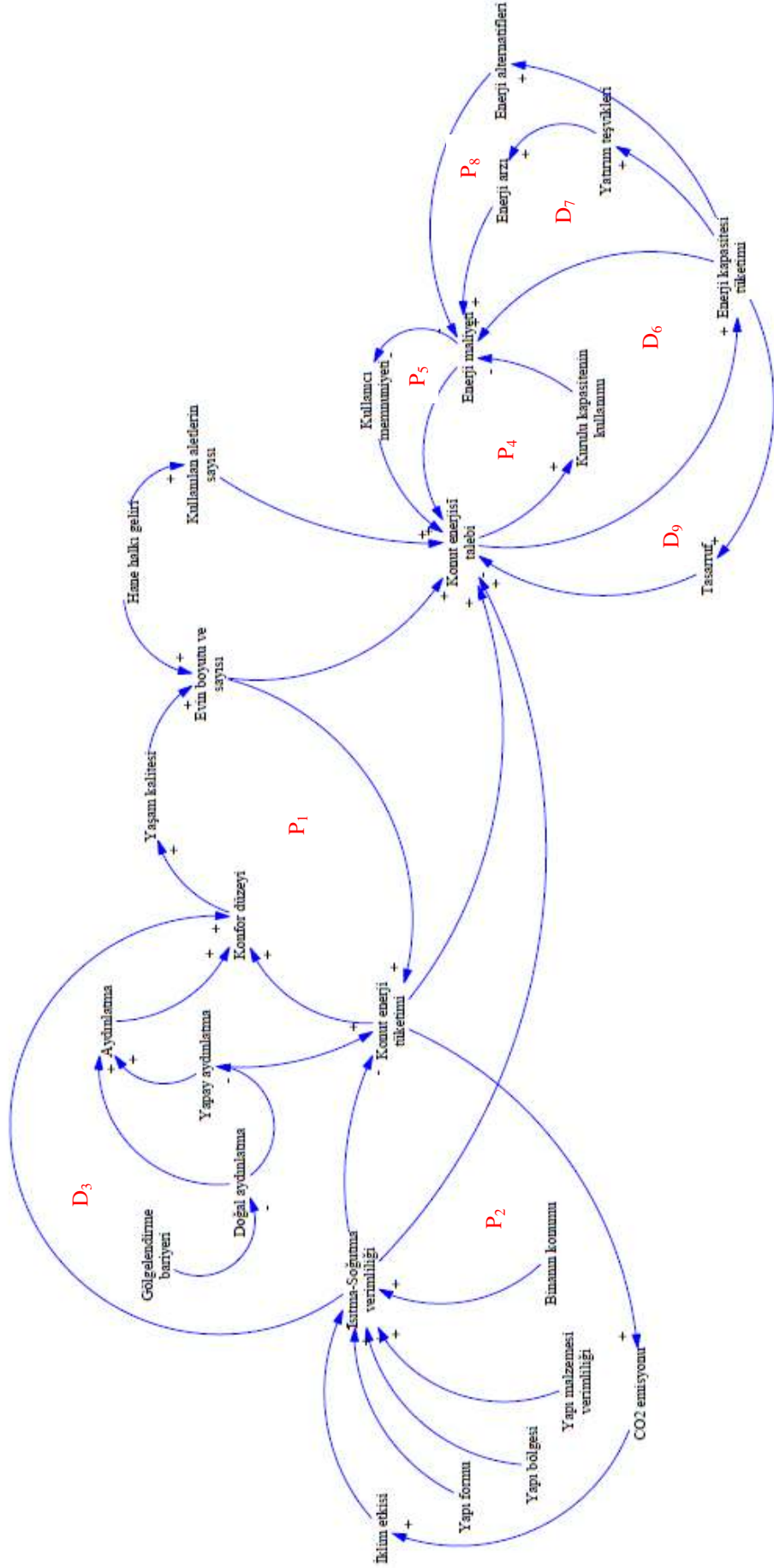
3.1.1. Sistem Dinamikleri Modelinin Çerçevesi (Kalitatif Model)

Araştırma, sınırlı zaman ve kapsamda proje parametreleri arasında bilgi sağlayan nitel bir geribildirim modeli önermektedir. Model strüktürü, literatür araştırmalarından edinilen konut enerjisi talebi (KET), konut enerji tüketimi (KETÜ) ve ısıtma ve soğutma enerji verimliliği (ISEV) parametrelerine dayanmakta ve bu değişkenler birbirine entegre edilmektedir (Şekil 3.1.).

Nedensel harita, Vensim yazılımıyla oluşturulmuş ve döngü anlatımları sırasıyla şu şekilde ifade edilmektedir; 1. döngü konut enerji tüketimi döngüsüdür ve bu döngü $KETÜ \rightarrow Konfor\ seviyesi \rightarrow Yaşam\ kalitesi \rightarrow Evin\ Boyutu\ ve\ Sayısı \rightarrow KETÜ$ olarak gösterilir. Burada, parametreler birbirlerini pozitif yönde etkiler, bu nedenle bu döngüye pekiştirici veya pozitif döngü (P_1) denir. Döngü 2, ısıtma ve soğutma verimliliğini, $ISEV \rightarrow KETÜ \rightarrow CO_2\ Emisyonu \rightarrow İklim\ Etkisi \rightarrow ISEV$ olarak tanımlar ve yine bir pekiştirici döngü oluşturur. 1 ve 2 numaralı döngüler, konfor seviyesi faktörü aracılığıyla birbirine bağlandığında, yeni bir dengeleyici döngü oluşur (D_3) ve ilişki, $ISEV \rightarrow Konfor\ Seviyesi \rightarrow Yaşam\ Kalitesi \rightarrow Evin\ Boyutu\ ve\ Sayısı \rightarrow KETÜ \rightarrow CO_2\ Emisyonu \rightarrow İklim\ Etkisi \rightarrow ISEV$ şeklinde olur. Bu, ISEV'deki bir artışın konfor seviyesiyle KETÜ'yü dengede tutacağı anlamına gelir. 4 numaralı döngü, $KET \rightarrow Kurulu\ Kapasitenin\ Kullanımı \rightarrow Enerji\ Maliyeti \rightarrow KET$ biçimindedir ve bu yapı, pekiştirici bir döngüdür (P_4). 5. daire, enerji maliyetine dayalı olarak kişi memnuniyeti döngüsünü oluşturur; $KET \rightarrow Kurulu\ Kapasitenin\ Kullanımı \rightarrow Enerji\ Maliyeti \rightarrow İnsanların\ Memnuniyeti \rightarrow KET$ olarak ilişkilendirilir ve pozitif döngü (P_5) olarak tanımlanır. Ayrıca, KET, enerji maliyetini içeren birkaç farklı döngüye sahiptir ve bunlardan bir tanesi de $KET \rightarrow Enerji\ Kapasitesi\ Tüketimi\ (ECD) \rightarrow Enerji\ Maliyeti \rightarrow KET$ olarak tanımlanan 6. döngüdür. Bu döngünün amacı, talebi dengelemek

olduğundan, döngü dengeleyicidir (D_6). 7 numaralı döngü, enerji arzı ve talebi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. $KET \rightarrow ECD \rightarrow \text{Yatırım Teşvikleri} \rightarrow \text{Enerji Arzı} \rightarrow \text{Enerji Maliyeti} \rightarrow KET$ olarak oluşturulur ve bu döngü de dengeleyicidir (D_7). Döngü 8, enerji alternatifleri parametresine dayanır. Bu ilişki $KET \rightarrow ECD \rightarrow \text{Enerji Alternatifleri} \rightarrow \text{Enerji Maliyeti} \rightarrow KET$ olarak gösterilir ve pekiştirici olarak ifade edilir (P_8). 9. döngüde, enerji tasarrufu arttıkça, enerji talebi azalır. Bu durumda döngü; $KET \rightarrow ECD \rightarrow \text{Tasarruf} \rightarrow KET$ şeklinde olur ve dengeleyici döngü (D_9) olarak tanımlanır.





Şekil 3.1. Konut enerji verimliliğinin genel yapısının niteliksel olarak gösterimi.

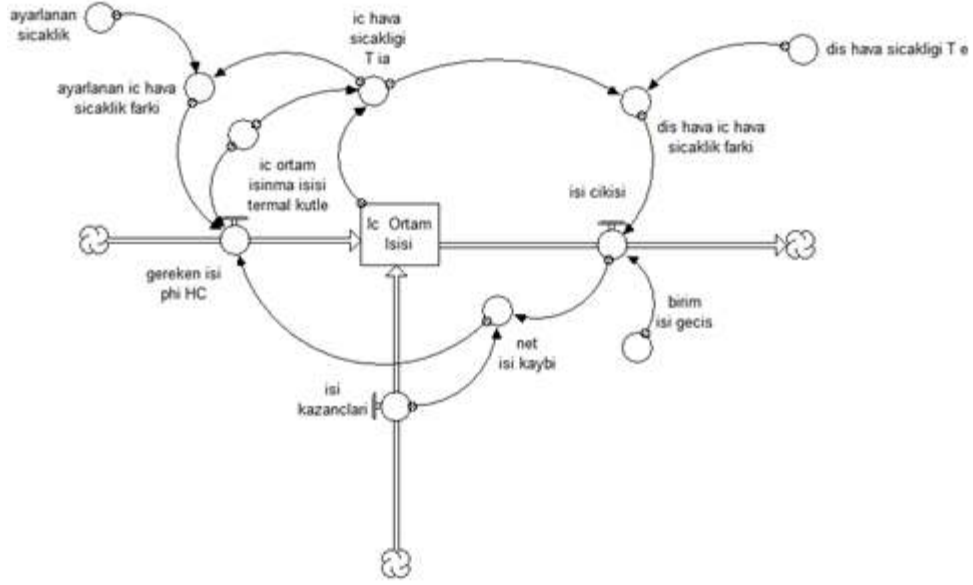
3.2. PROBLEM HİPOTEZİNİN TANIMLANMASI

Türkiye'de yeni binaların tasarımı veya eski binaların izolasyonu dışında, mevcut binalarda enerji verimliliği uygulaması bulunmamaktadır. Bu konuda yeni planlama çalışmaları ve uygulanabilir politikalar geliştirilmelidir [59]. SD modelleme yaklaşımı, sistemin bütün olarak nasıl davrandığı konusunda fikir sahibi olmak açısından iyi bir yöntemdir.

Binalarda en fazla tüketilen enerji, ısıtma için harcanan enerjidir. Tipik bir evin toplam faturasının % 45'i ısıtma ve soğutma enerjisi için ödenmektedir. Örneğin; binalarda, çatılardan % 7, dış duvarlardan % 40, döşemelerden % 6 ve kapılardan % 17 oranında ısı kaybı gerçekleşebilir. Dolayısıyla, enerji kullanımını dengelemek veya azaltmak için, evlerdeki veya ofislerdeki iç mekân ısının korunması gerekmektedir. Binanın ısı yalıtımı ile yaklaşık % 50 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir [60]. Ancak hem izolasyon hem de diğer enerji tasarrufu önerileri için bağlam, planlama aşamaları, uygulamalar ve sonuçları ile olası farklı senaryolar öngörülmesi ve yönetilmelidir. Çalışmada, ısınmanın, enerji verimliliği uygulamalarında en yönetilebilir ve etkili parametre olmasından ötürü, SD simülasyon tekniği ile ısı konseptine odaklanılmaktadır. Ayrıca, dış etkenler ve insanların ihtiyaçlarına göre enerji verimliliği durumu incelenmektedir.

3.3. SAYISAL MODEL OLUŞUMU

Temel niceliksel model bir konut yapısının ısı transferini kapsamaktadır. Enerji verimliliğinin ana etkeni, ısıtma faktöründen kaynaklandığı için nitel modeldeki tüm parametreler matematiksel modelde alınmaz, bu nedenle modelin stok-akış şeması, kazanılan ısıyla termal etki değişkenlerini içermektedir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Temel niceliksel stok-akış modeli.

Isıl kavramı etkileyen faktörler, TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları ve Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nden elde edilmiştir [61]. İlk simülasyon modeli oluşturulduktan sonra gerekli denklemler modele tanımlanmıştır (Ek 2). Modeldeki stok değişkeni, iç mekân sıcaklığıdır ve bu stok, ihtiyaç duyulan, kazanılan ve çıkan ısı akışlarıyla dengelenmelidir. İç mekân ısıtma kapasitesi, iç mekân için ayarlanmış sıcaklık farkı ve net ısı kaybı parametreleri, ihtiyaç duyulan ısı akışını etkilerken, iç ve dış hava sıcaklık farkı ve birim ısı transferi değişkenleri ısı çıkışı akışını etkilemektedir.

3.4. ÖRNEK DURUM ÇALIŞMASI

Araştırmanın amacı, SD metodolojisini uygulayarak, bina yapısına, tadilat eylemine ve aynı zamanda son kullanıcı davranışına dayanan, bir konut yapısının enerji verimliliğini sağlamaktır. Bu bağlamda, Düzce'de bulunan, 1980 yılında yapılmış tek katlı bir konut binası (Şekil 3.4.) örnek çalışma olarak incelenmektedir (Şekil 3.3.). Yapı, etki parametrelerinin sebep-sonuç ilişkileri, geribildirim mekanizması ve stok-akış diyagramlarından yola çıkılarak değerlendirilmektedir. Sorulması gereken temel soru, bina enerji verimliliği değişkenlerinin tüm sistemi nasıl etkilediği yönündedir. Bu nedenle, parametrelerin ilişkisi geribildirim diyagramlarıyla analiz edildikten sonra, sayısallaştırılarak oluşan model simüle edilmektedir.



Şekil 3.3. Örnek konutun arazi yerleşiminin imar planında gösterimi.



Şekil 3.4. Örnek konutun dışarıdan görünüşleri.

Bina, araziye kuzeybatı yönünde konumlandırılmıştır ve yapının net kapalı alanı 116 m²'dir. Oturma odası (Şekil 3.5.), salon (Şekil 3.6.) ve mutfak (Şekil 3.7.) birimleri güney batı yönünde açıklıklara sahipken, yatak odasındaki açıklık güneydoğu cephesinde yer almaktadır. Evin diğer birimleri ise kuzeydoğu yönünde yerleştirilmiştir. Güney cepheden gelen güneş ışınları, gün boyunca evi aydınlatmaktadır. Bununla birlikte, yapının pencerelerinin yapı boyutuna oranla aşırı büyüklüğü, özellikle kışın ısıtma enerjisi tasarrufu üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Örneğin; evin salonunda, genişlikleri 200 cm ile 500 cm arasında değişen üç farklı açıklık (pencere)

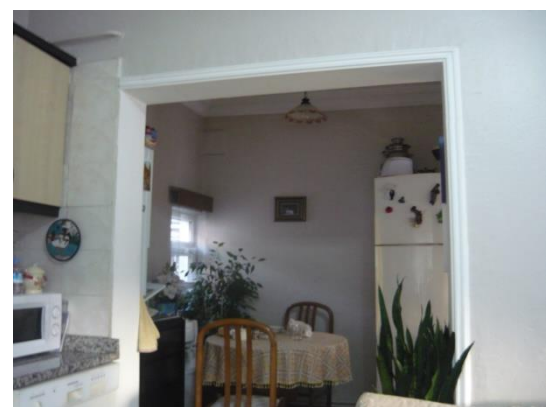
(Şekil 3.8.) yer almaktadır, ancak birimin toplam alanı yaklaşık olarak 35 m²'dir. Odada pencere boyutlarına göre ayarlanan üç kalorifer peteği bulunmasına rağmen, bunlar, evin ısıtması için yeterli değildir ve aynı zamanda kullanıcılar için de tatmin edici olmamaktadır.



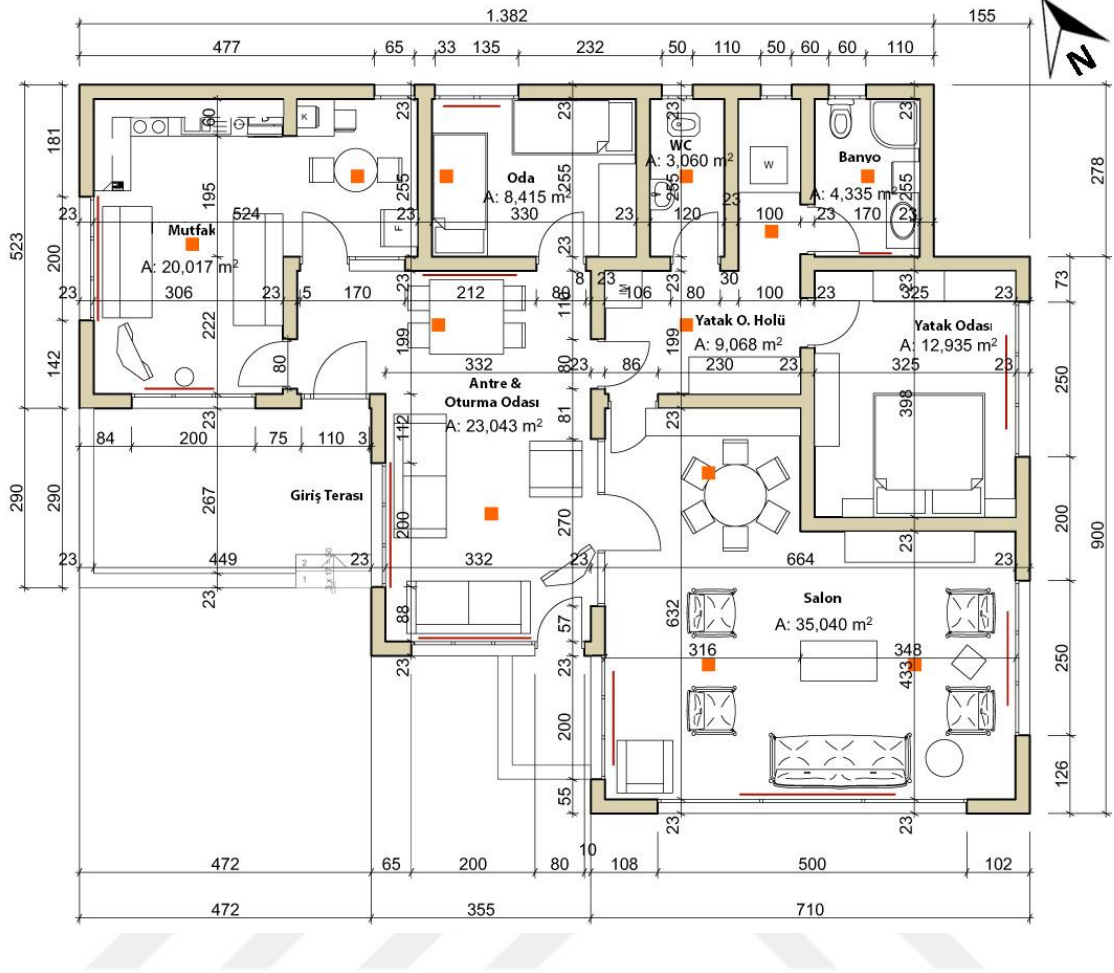
Şekil 3.5. Örnek konutun oturma odasından birkaç kesit.



Şekil 3.6. Örnek konutun salonuna ait fotoğraflar.



Şekil 3.7. Örnek konutun mutfağından çekilmiş kareler.



Şekil 3.8. Örnek konutun plan gösterimi. Planda kırmızı çizgi kalorifer peteklerini ifade ederken, turuncu kareler aydınlatma noktalarını belirtmektedir.

Örnek konutu, ısıtma kavramını temel alarak analiz etmek ve verileri simüle etmek için, aşağıdaki 3 basamak uygulanmaktadır:

1. Adım: Düzce için 'dış hava sıcaklığı' parametresi değeri Accuweather'dan alınmıştır ve 'ayarlanmış birim sıcaklığı' parametresi değeri, konut sakinleriyle yapılan görüşmelerden edinilmiştir.

2. Adım: Stok-akış şemasındaki değişkenler, 2002/91 / EC sayılı Avrupa Bina Enerji Performansı Yönetmeliği [62] ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları ve Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nden elde edilmiştir [61]. Birim ısı transferi değerleri ve ısı kaybına neden olan değişkenler TS-825 kılavuzuna göre hesaplanmış ve modeli oluşturan her bir birim için ayrı ayrı gösterilmiştir (Ayrıntılı hesaplamalar Ek 6.1'de bulunabilir).

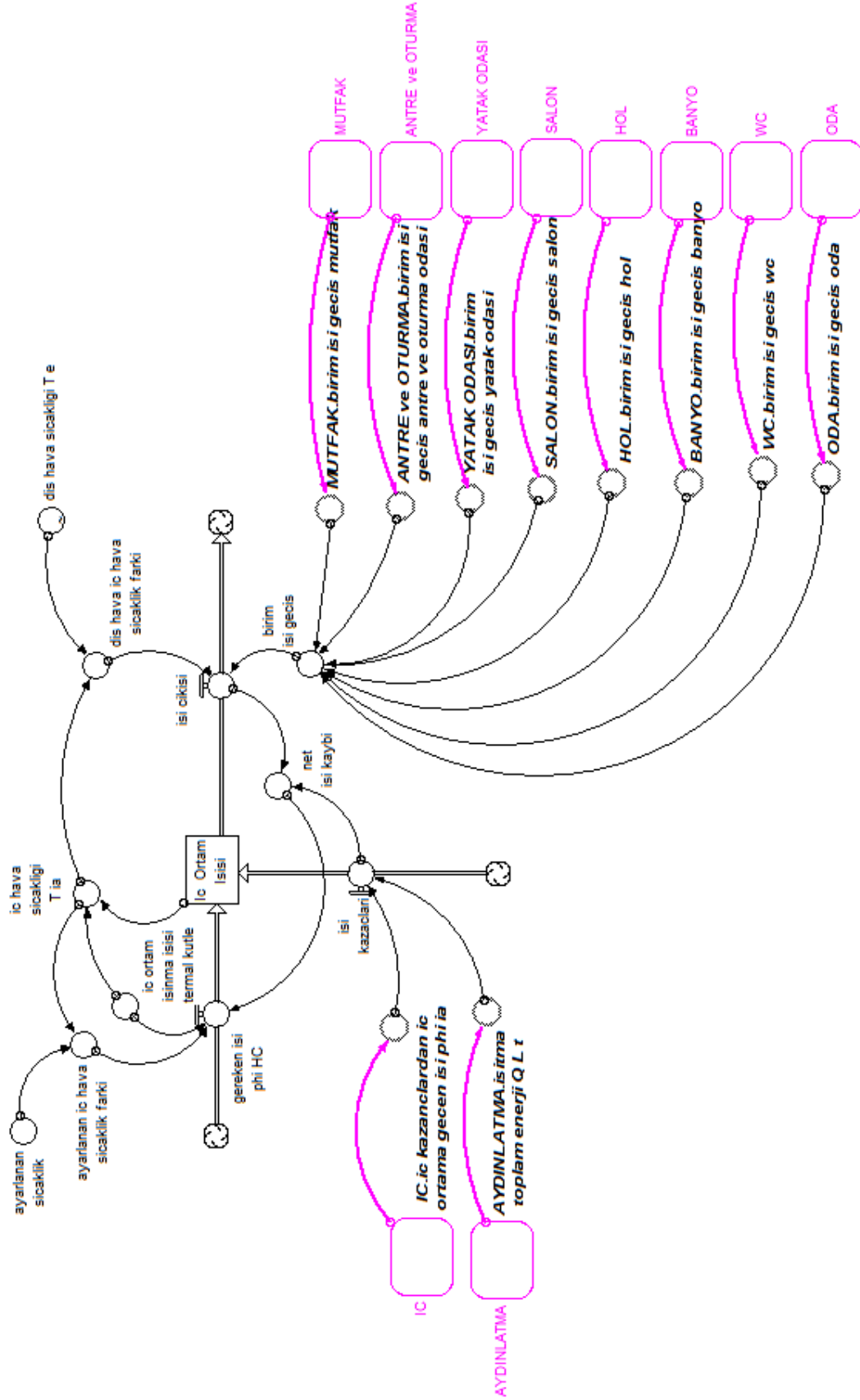
3. Adım: İç ortam sıcaklığının ayarlanmasında gerekli ısı miktarını belirlemek için,

konutun 'm³' cinsinden tüketilen doğal gaz miktarı, doğal gaz faturalarından alınmıştır ve 'm³' birimleri simülasyon süresince 'kalori' birimine dönüştürülmüştür (Gaz dağıtım şirketinden edinilen doğalgaz faturaları tablosu Ek 6.3'te bulunabilir).

3.4.1. Parametrelerin Tahmini

Araştırmanın bu bölümü iki aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak sayısal model, sözlü görüşmelerden, literatür incelemelerinden, yönetmeliklerden ve doğalgaz faturalarından toplanan verilerle genişletilmiştir (Şekil 3.9.). 'Birim ısı transferi' ve 'ısı kazançları' akışlarını etkileyen değişkenler ana modele eklenmiştir.

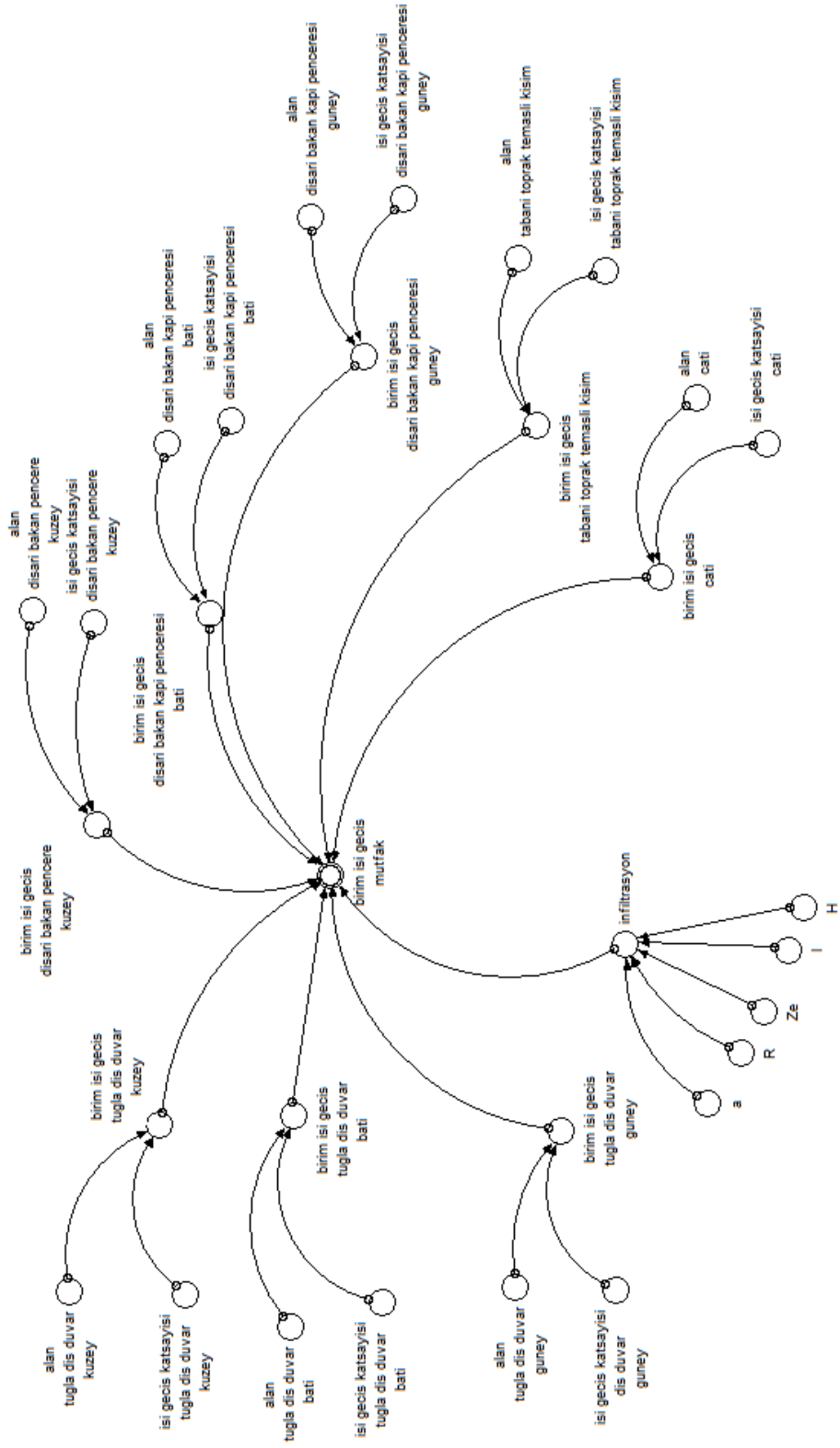




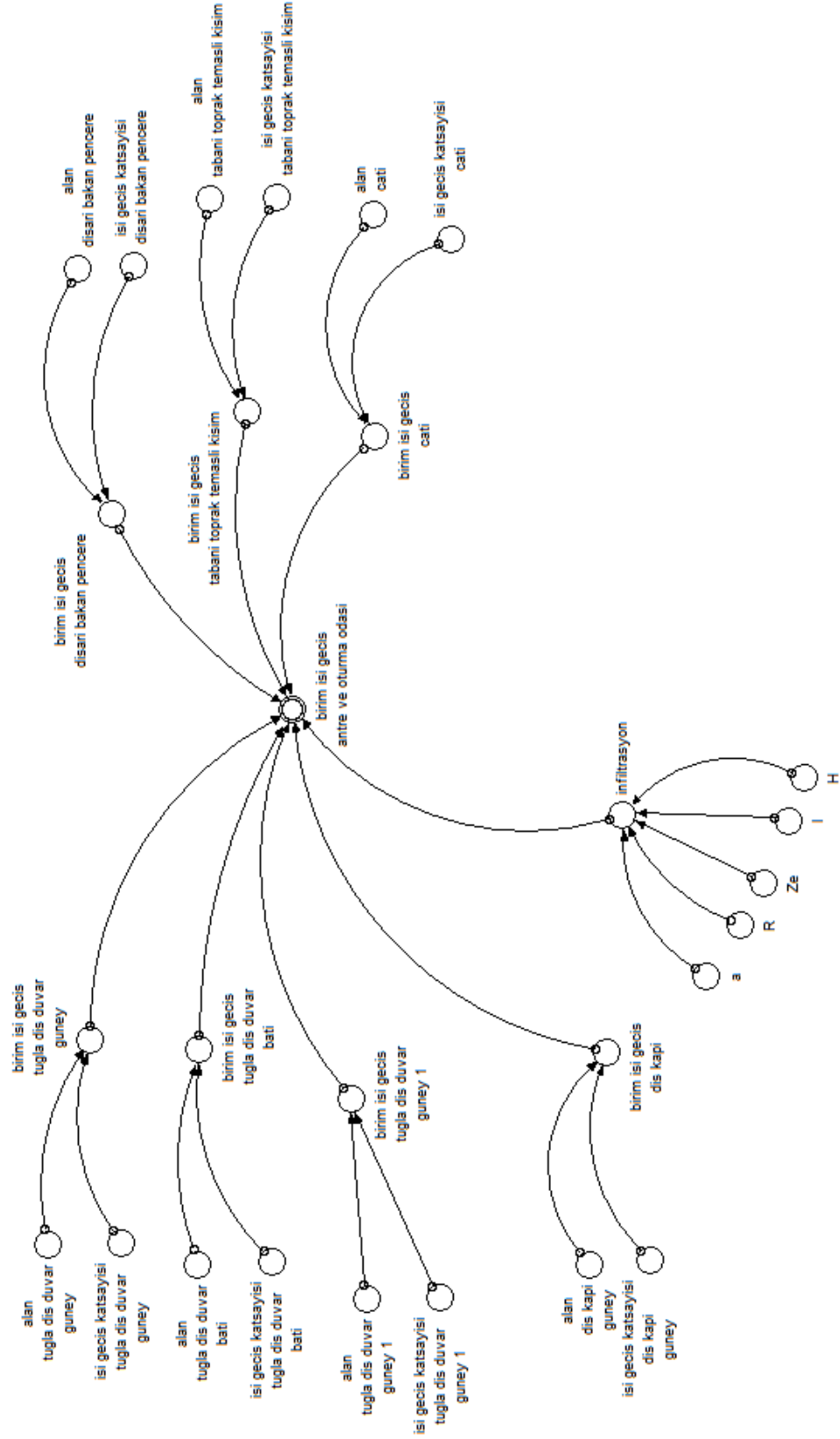
Şekil 3.9. Niceliksel model stok-akış diyagramı ve parametrelerin genel şematizasyonu.

Sayısal model, Stella bilgisayar simölasyon programında oluşturulmuştur. Birim ısı geöişi parametresini etkileyen her eleman genel modelde kapalı kutular halinde gösterilmiştir (Modeli oluşturan sayısal denklem ve fonksiyonlar Ek 6.2’de ayrıntılı olarak yer almaktadır). Fakat her kutunun içinde, o birimi etkileyen değişkenler bulunmaktadır ve bu değişkenler Şekil 3.10., 3.11., 3.12., 3.13., 3.14., 3.15., 3.16. ve 3.17.’de detaylı olarak ifade edilmektedir.

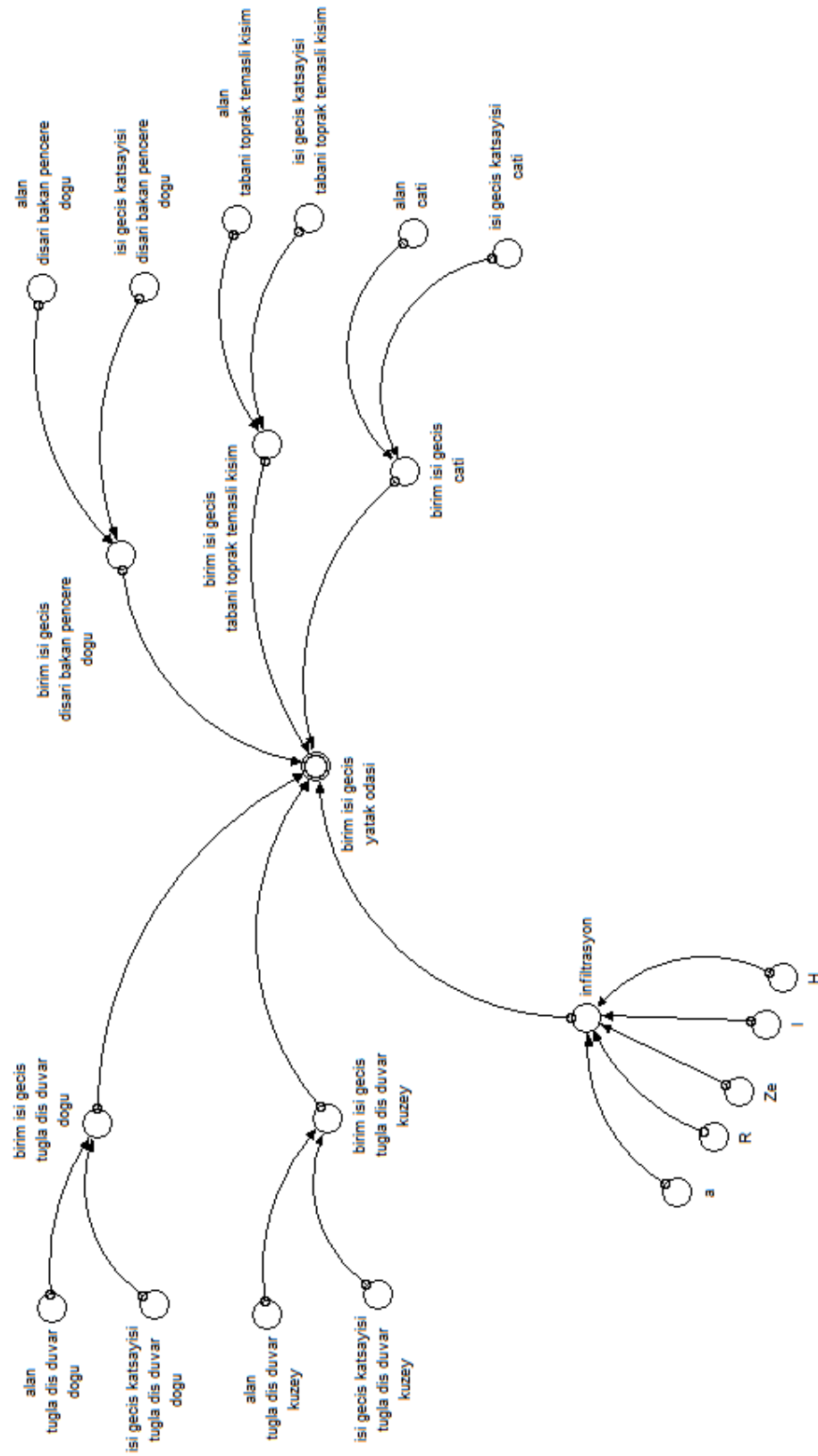




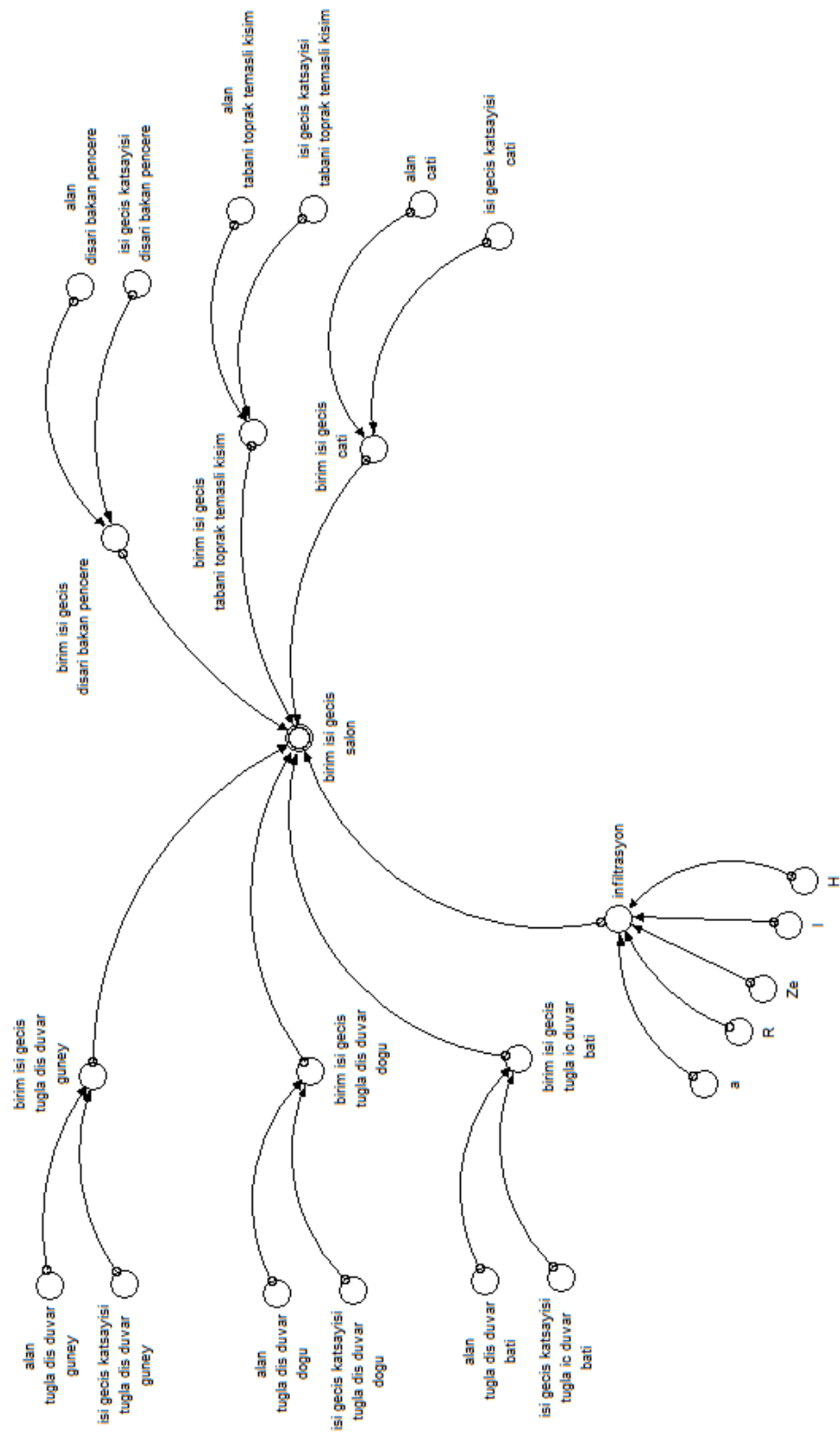
Şekil 3.10. Mutfak birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



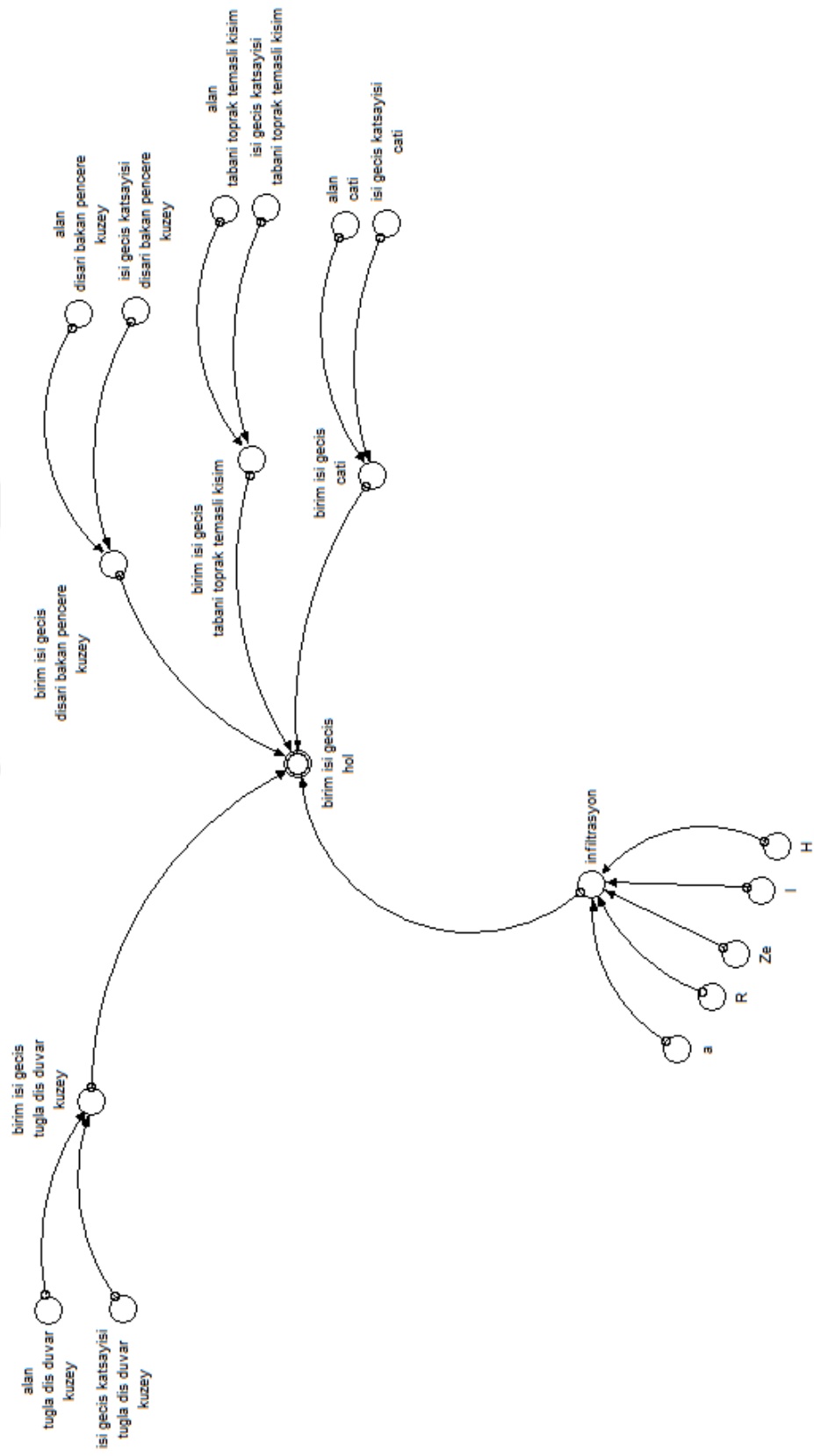
Şekil 3.11. Oturma odası birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



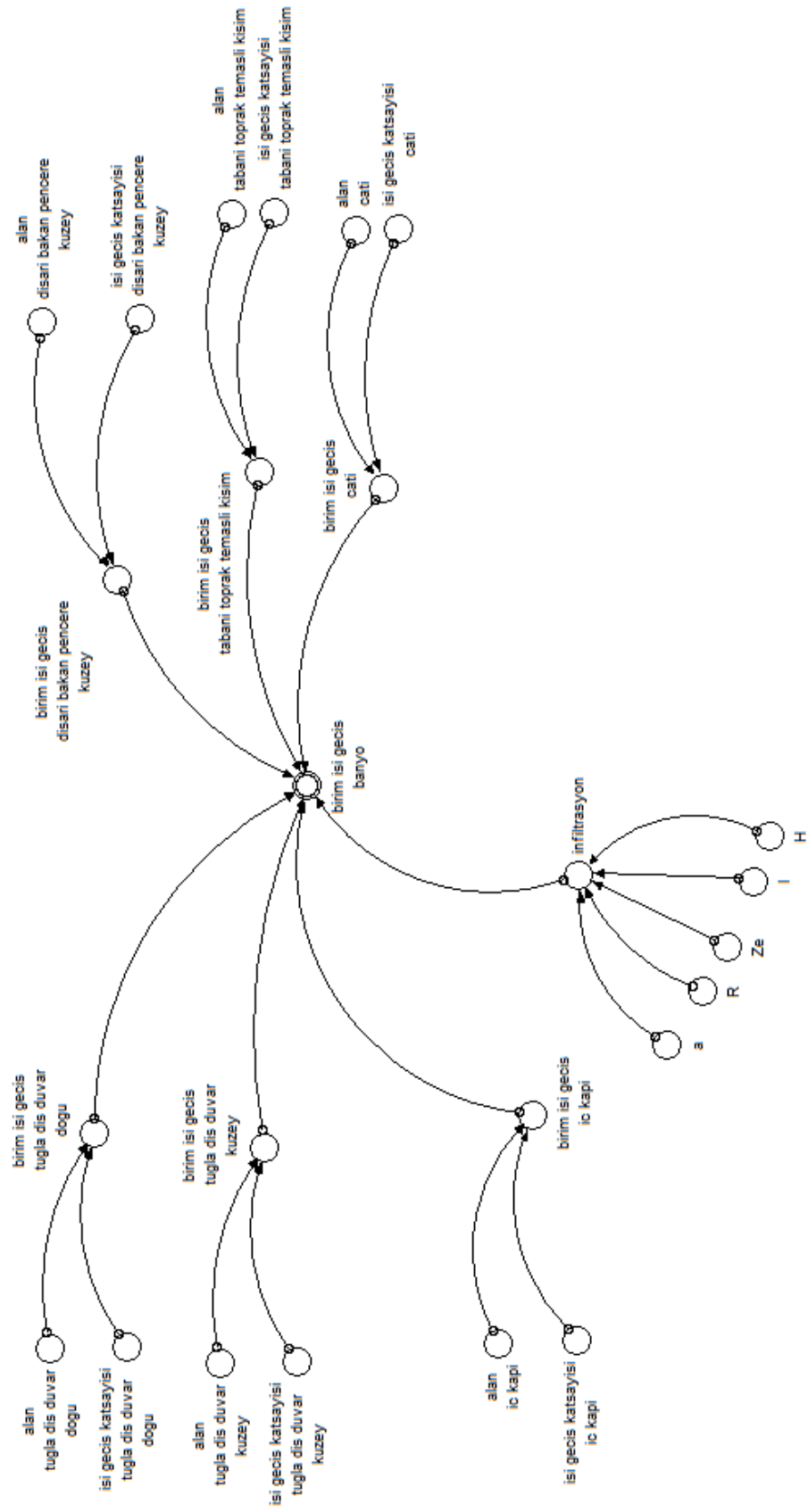
Şekil 3.12. Yatak odası birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



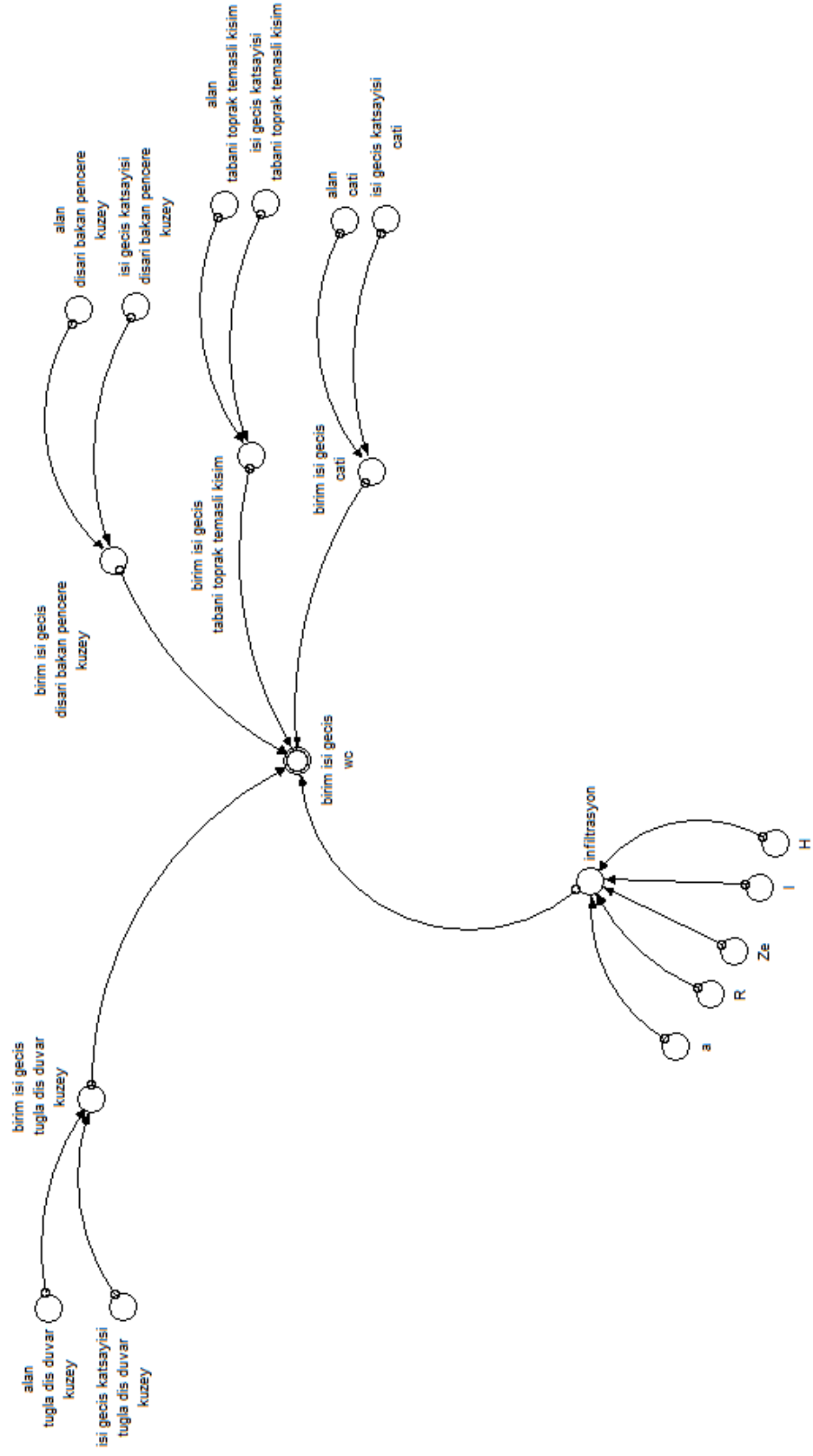
Şekil 3.13. Salon birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



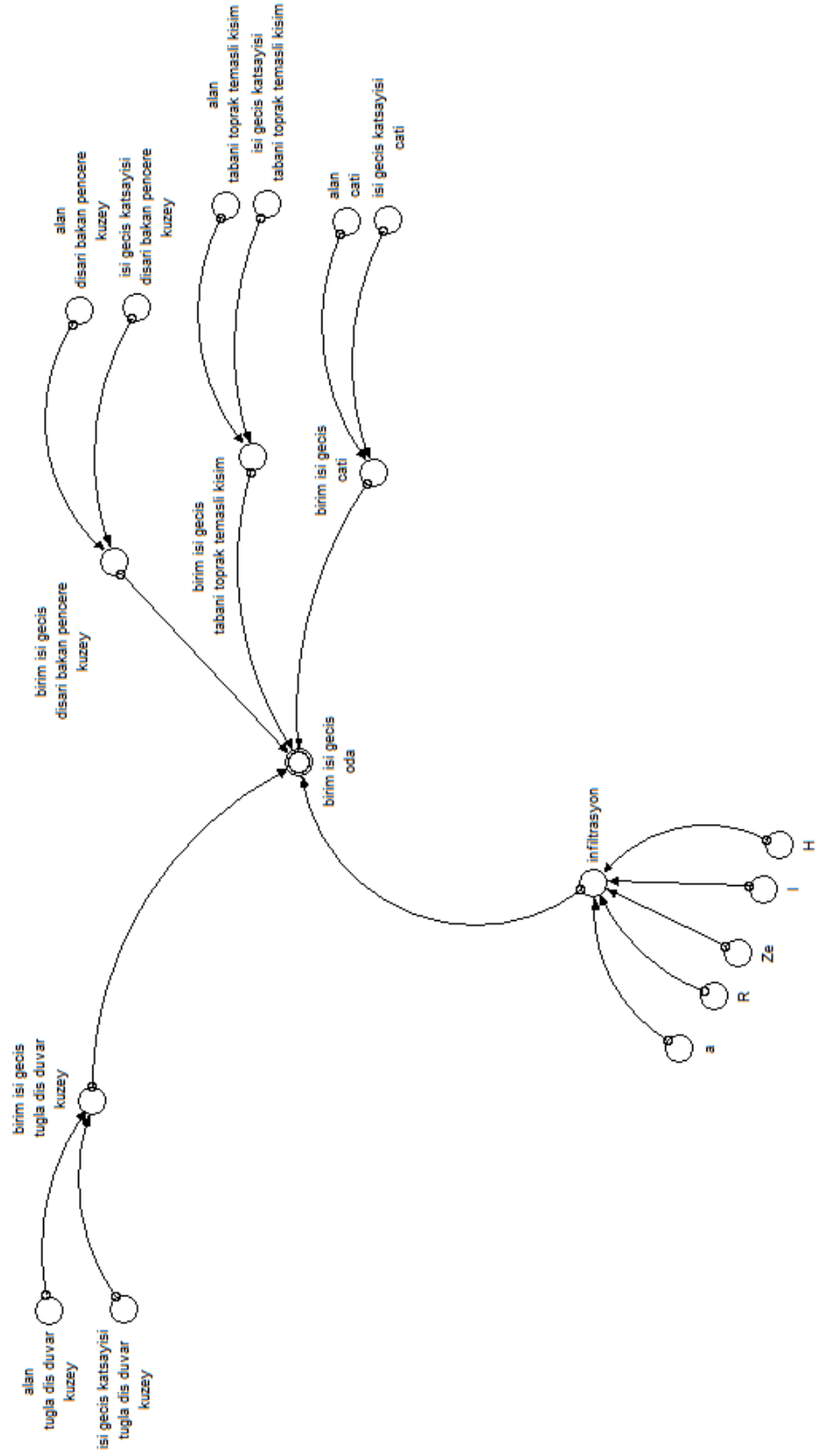
Şekil 3.14. Hol birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



Şekil 3.15. Banyo birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.

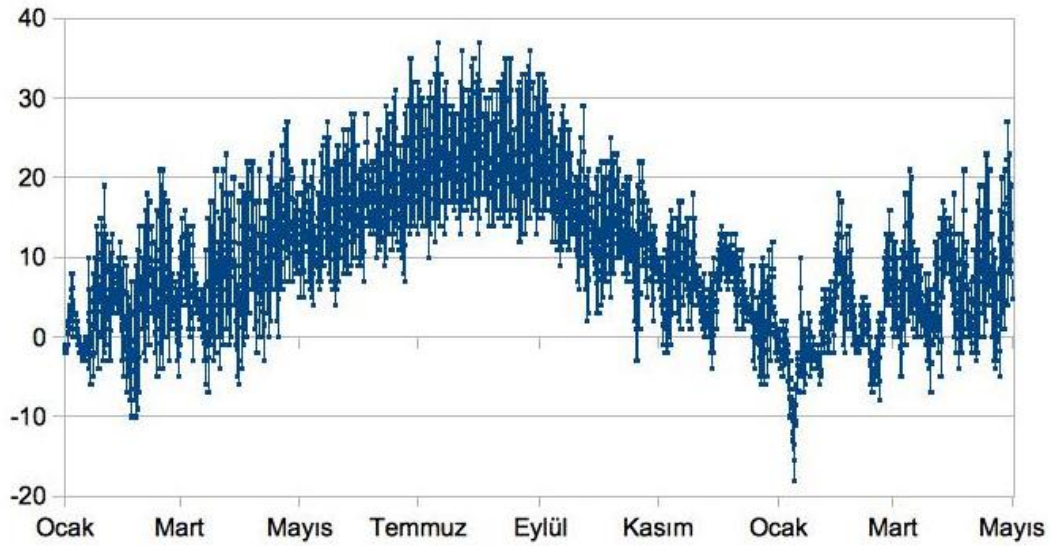


Şekil 3.16. WC birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.



Şekil 3.17. Oda birimini etkileyen değişkenlerin ilişkisini anlatan şema.

Parametre tahmininin ikinci aşamasında, 518 günlük doğalgaz verileri alınarak, modeldeki ısı değerinin faturada belirtilen tüketilen ısı miktarıyla benzer olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca, ısı değişimi çizelgesini oluşturmak için Accuweather sıcaklık istatistikleri, gün boyunca 6 saatlik periyotlar halinde izlenmiştir. Şekil 3.18.'deki grafikte, Accuweather'ın günlük maksimum ve minimum sıcaklık değerleri kullanılmış ve en yüksek sıcaklığın öğlen saat 12.00'de, en düşük sıcaklığın sabaha karşı saat 04.00'de olduğu varsayılarak, 6 saatlik sıcaklık dilimleri öngörülmüştür.

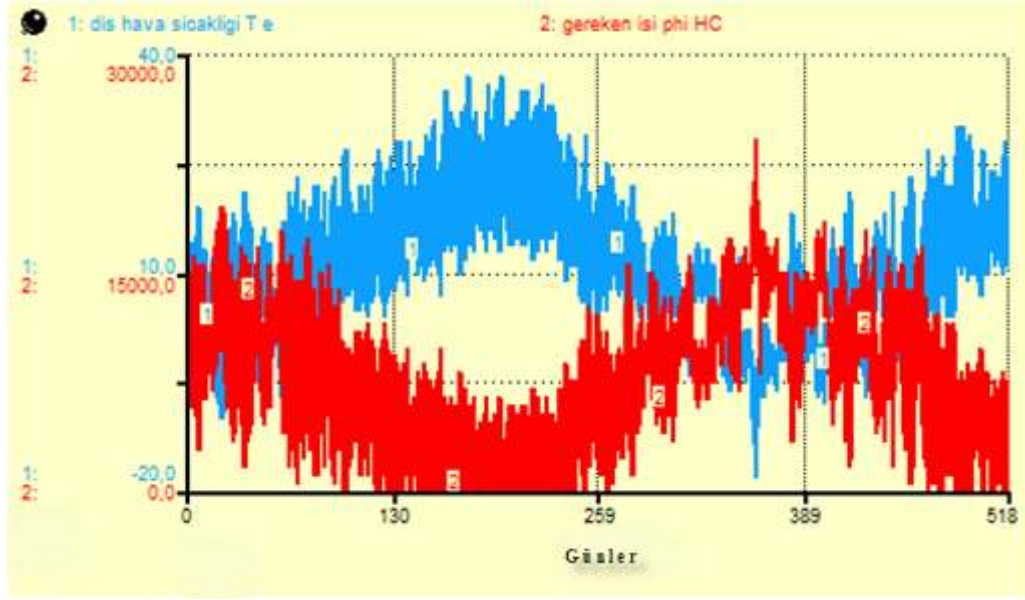


Şekil 3.18. Isı değişimi grafiği.

3.4.2. Modelin Geçerliliğinin Sağlanması

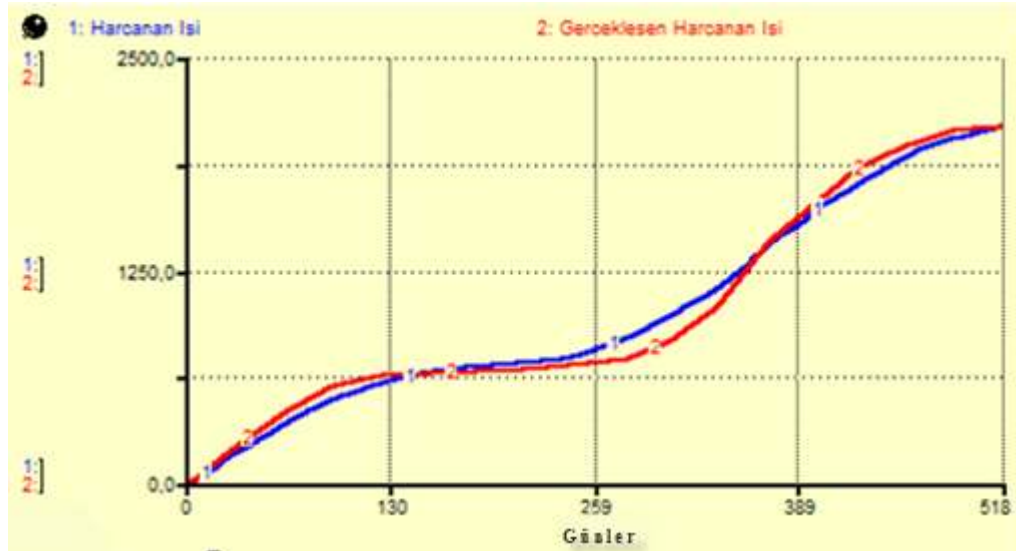
Model validasyonunda, 'parametrelerin tahmini' bölümündeki tüm adımlar tekrarlanmaktadır. Örnek konutun 01.01.2014 - 01.04.2015 tarihleri arasındaki doğalgaz faturalarında tüketilen gaz miktarı değerleri simülasyon programına girilerek önceden varsayılan değerlerin benzerliğine bakılmıştır.

Sıcaklığı ayarlanan değerde tutmak için, giren ve çıkan ısı miktarları eşit olmalıdır (Şekil 3.19.). Bu eşitliğin sağlanması için ise termal kütlenin hesaplanması gerekir. Termal kütlenin hesaplanması için, toplam harcanan ısı ve model tarafından öngörülen gerçek ısı grafiği oluşturulmuştur. Başka bir deyişle, validasyon sırasında termal kütle tahmini yapılmaktadır (Şekil 3.20.).



Şekil 3.19. Dış hava sıcaklığı – Gereken ısı miktarı çizelgesi. Mavi çizgiler günlük dış ortam sıcaklığını gösterirken, kırmızı çizgiler tahmini günlük ısı girişlerini ifade etmektedir.

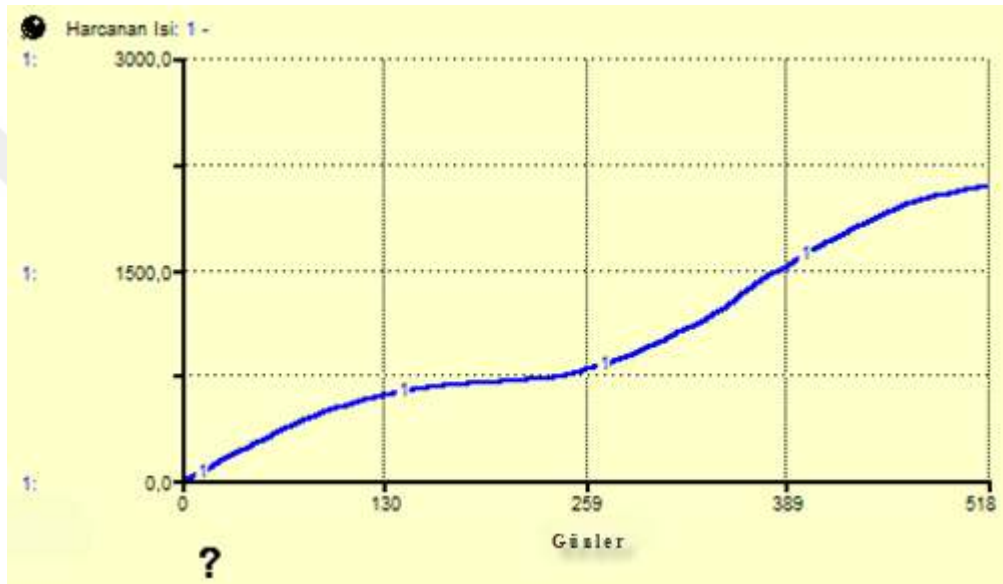
Şekil 3.20.'deki grafikte belirtildiği üzere, mavi renkle gösterilen 'harcanan ısı' miktarının, kırmızı renkteki 'gerçekleşen harcanan ısı' miktarına benzer olduğu görülmektedir. Böylelikle, modelin geçerliliğinin sağlandığı yargısına varılmaktadır.



Şekil 3.20. Model validasyonu grafiği (Termal Kütlenin Belirlenmesi).

3.4.3. Senaryo Analizi

Bu bölümde farklı senaryolar önerilmektedir. Senaryolar sırasıyla modele uygulanmış ve model çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına dayanarak, en etkili senaryonun bulunması ve önerilen senaryonun enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin analizi amaçlanmaktadır. İlk olarak doğrulanmış modelin grafiği gösterilmiştir (Şekil 3.21.) Daha sonra, tüm senaryolar açıkça anlatılmış ve beklenen değişiklikler çizelgelerde gösterilmiştir. Referans modunda, 518 günlük süreç sonunda örnek konuttaki harcanan ısı değerinin 2100,1 cal olduğu görülmektedir.



Şekil 3.21. Referans modu grafiği. Senaryo analizi uygulamalarından önceki ilk simülasyon grafiğini ifade etmektedir.

Senaryo 1: Başlangıçta belirlenen sıcaklık 24°C'dir. İlk senaryoda bu değer 20 °C olarak ayarlanmıştır. Diğer parametreler sabit tutularak simülasyon çalıştırılmış ve aşağıdaki grafik oluşmuştur (Şekil 3.22.). Burada, harcanan ısı değeri 2100,1 cal'den 1540,9 cal'ye düşmüştür. Diğer bir deyişle, sıcaklığın düşürülmesiyle enerji tasarrufunun yaklaşık % 36,29 oranında arttığı görülmektedir.



Şekil 3.22. Senaryo 1; ayarlanan sıcaklığın düşürülmesiyle oluşan simülasyon grafiği (Kırmızı renkli eğri 1. Senaryonun gösterimidir).

Senaryo 2: Bu senaryoda, farklı izolasyon malzemelerini kapsayan izolasyon değişkeninin etkisi değerlendirilmiştir. Bu malzemeler, özelliklerine göre belirlenmektedir ve Türkiye’de genel olarak EPS (karbonlu ve karbonsuz), XPS ve mineral yünler kullanılmaktadır [63]. Düzce’deki yalıtım malzemesi üretici ve uygulayıcılarıyla yapılan görüşmelerden, ısı yalıtım malzemesi olarak ekonomik açıdan en yaygın şekilde kullanılan malzemelerin, dış duvar yalıtım uygulamalarında EPS paneli (Expanded Polistren), zemin döşemelerinde XPS paneli (Extruded Polistren) ve çatı döşemelerinde cam yünü olduğu öğrenilmiştir. Bu doğrultuda, TSE [61]’nin belirlediği ısı yalıtımı kuralları dikkate alınarak ve standartta yer alan örnek bir binanın değerleri önerilen değer olarak kabul edilerek, modele girilen ısı geçirgenlik katsayısı değerleri değiştirilmiştir. Böylece izolasyon etkisiyle mevcut bir binadaki enerji verimliliğinin durumu izlenebilmektedir.

TSE [61]’de: “Mevcut binalarda yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerde, bu standartta tavsiye edilen değer olarak verilen ısıl geçirgenlik katsayıları (U), mevcut binada uygulama yapılacak olan bölümler için sınır değer olarak kabul edilmelidir.” şeklinde belirtilen ibareye göre simülasyon değerleri U değerleri temel alınarak değiştirilmiştir.

Simülasyonda, Şekil 3.1.’deki çizelgedeki λ (ısıl iletkenlik değeri) değerlerine ve kullanım yaygınlığına göre; cephede $\lambda=0.035$ W/mK olan karbonlu EPS, zeminde

$\lambda=0.030$ W/mK olan XPS ve çatıda $\lambda=0.040$ W/mK olan cam yünü yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılmıştır. Ayrıca uygun yalıtım malzemesinin kullanılmasının yanında, yapı çeperine uygulanan yalıtımın kalınlığı da verimlilik parametrelerini önemli ölçüde değiştirmektedir. TS 825 ısı yalıtımı yönetmeliği kriterlerince, Türkiye’de farklı derece gün bölgelerinde uygulanması gereken duvar yalıtım kalınlıklarının; 1. derece gün bölgeleri için 3 cm, 2. derece gün bölgeleri için 5 cm, 3. derece gün bölgeleri için 6 cm, 4. derece gün bölgeleri için ise 12 cm kalınlığında olması gerektiği belirtilmektedir [64]. Modelde ele alınan Düzce İli 2. derece gün bölgesi içerisinde ve duvar yalıtım kalınlığı 5 cm olarak uygulanmaktadır.

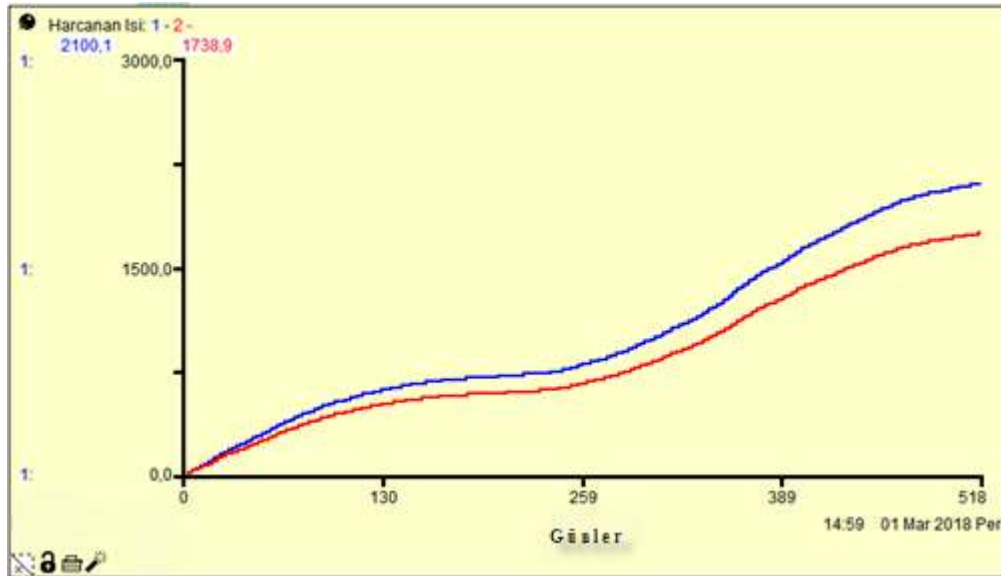


Çizelge 3.1.TSE’de yer alan örnek yapıya ait değerler çizelgesi [61].

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R_i (m ² K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A (m ²)	Isı kaybı $A*U$ W/K
Duvar yüzeyleri	R_i			0,130			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	DD taşıyıcı tuğla	0,24	0,5	0,48			
	Isı yalıtım malzemesi	0,05	0,035	1,429			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	R_e			0,040			
Toplam				2,122	0,471	173,3	81,62
Duvar yüzeyleri (betonarme)	R_i			0,130			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,24	2,5	0,096			
	Isı yalıtım malzemesi	0,05	0,035	1,429			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	R_e			0,040			
Toplam				1,738	0,575	13,7	7,88
Tavan	R_i			0,130			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,48			
	Isı yalıtım malzemesi	0,12	0,04	3,000			
	R_e			0,080			
Toplam				3,278	0,305*0,8	90	21,96
Taban/ Döşeme	R_i			0,170			
	PVC yer döşemesi	0,005	0,23	0,022			
	Şap	0,030	1,40	0,021			
	Isı yalıtım malzemesi	0,060	0,03	2			
	Tesviye şapı	0,020	1,40	0,014			
	Hafif beton	0,100	1,10	0,091			
	R_e			0			
Toplam				2,318	0,432*0,5	90	19,44
Dış kapı					4	2	8
Pencere					2,4	20	48

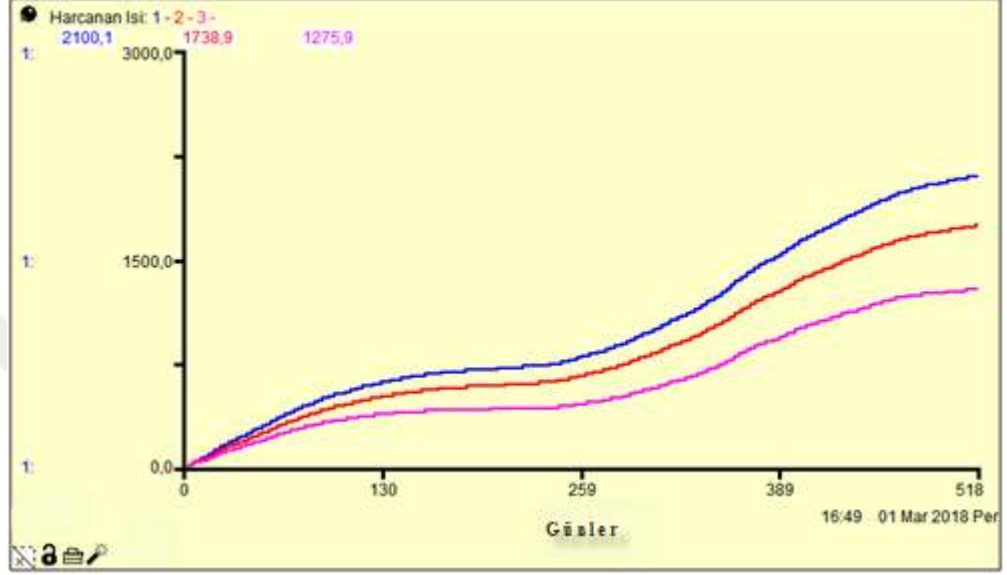
Örnek çizelgede duvar yüzeyleri tuğla kalınlığı 24 cm olarak alınmıştır. Simülasyonda modellenen binada uygulanan tuğlanın kalınlığı 19 cm'dir, bu nedenle buradaki ısı iletkenlik direnci değeri $1 / U = R = d / \lambda$ genel formülüne göre $0.48 \text{ m}^2\text{K/W}$ yerine $0.38 \text{ m}^2\text{K/W}$ olmaktadır. Bu da şekilde gösterilen toplam R değerini $2.022 \text{ m}^2\text{K/W}$ yaparken, toplam U değerini de $0.494 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ya getirmektedir. Yani, modelde ele alınan bina cephesindeki U değerinin $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye düşürmek amaçlanmıştır. Enerji performansının değerlendirilmesi söz konusu olduğunda, yalnızca cephede yapılacak izolasyon yeterli olmayacağı için zemin ve çatı döşemesi izolasyonu için de simülasyon, önerilen U değerlerine göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre, mevcut modeldeki taban döşemesi U değeri $0.61 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken $0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye; tavan döşemesi U değeri (evde varolan eski cam yünü yalıtımı dâhil) $0.58 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken $0.305 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye düşürülmüştür. Aynı zamanda, pencerelerdeki $2.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan U değeri $2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye indirilmiş, dış kapıdaki U değeri, örnek çizelgede yer alan değerden daha düşük olduğu için değiştirilmemiştir.

Diğer parametreler sabit tutularak, yalnızca değişen U değerlerine göre simülasyonun çalıştırılmasıyla, başlangıçta 2100,1 cal olan harcanan ısı değerinin 1738,9 cal değerine düştüğü görülmüştür (Şekil 3.23.). Diğer bir deyişle, enerji verimliliğinin, belirtilen malzemelerle ve U değerleriyle yapılan izolasyonun etkisiyle yaklaşık olarak % 20,77 oranında arttığı gözlenmiştir.



Şekil 3.23. Senaryo 2; İzolasyon etkisiyle gerçekleşen, harcanan ısı grafiği (Kırmızı renkli eğri 2. Senaryonun gösterimidir).

Senaryo 3: Önerilen son senaryoda, 1. ve 2. senaryonun birlikte uygulanmasıyla simülasyon gerçekleşmiştir. Bu kapsamda, sıcaklık 20 °C'ye düşürülüp, izolasyon uygulamasıyla ısı geçiş katsayısı değerleri değiştirilmiştir. Son durumda harcanan ısı değerinin 2100,1 cal'den 1275,9 cal'ye düştüğü görülmekte (Şekil 3.24.) ve bu durum, enerji tasarrufu bazında % 64,6 oranında bir kazanç olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3.24. Senaryo 3; İki senaryonun aynı anda uygulanmasıyla oluşan tüketilen ısı grafiği (Pembe renkli eğri 3. Senaryonun gösterimidir).

5. SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

Bu bölümde, incelenen literatür çalışmaları tez araştırması ile karşılaştırmalı olarak iki aşamada kısaca gözden geçirilmektedir. 1. aşamada, yapı proje yönetimi alanındaki SD uygulamaları, 2. aşamada ise yapı çevredeki SD uygulamaları değerlendirilecektir.

A BÖLÜMÜ:

Yapım yönetimi alanındaki çalışmalarda SD modelleme tekniğinin genellikle zaman ve maliyet değişkenleri temel alınarak uygulandığı görülmektedir.

[30]'da kaynak tahsisi konusunda program planlamasında SD uygulanmış ve çoklu proje organizasyonlarında SD kullanımının etkili bir yol olduğuna karar verilmiştir. (Zaman Dinamiği)

[31]'de yazarlar, proje maliyetine ve süresine dayalı iş verimliliğini incelemişlerdir. Onların asıl amacı proje performansını değerlendirmektir. Bu nedenle, üretkenliğin nedensel döngülerini oluşturarak SD'yi kullanmışlar ve iş verimliliğini etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. (Zaman ve Maliyet Dinamikleri)

[32]'de araştırmacılar, KÖO Karayolu projelerinde imtiyaz fiyat kavramını ele almışlardır. Projenin maliyetini modellemiş ve bir tünel projesinin fiili maliyetiyle karşılaştırmışlardır. SD'nin, projelerde fiyat hesaplamasında ve yatırımcıların ve hükümetin karar verme süreçlerinde faydalı bir araç olduğunu doğrulamışlardır. (Maliyet Dinamiği)

[33]'de net kontrol modelleri geliştirmeyi ve modellerin proje iyileştirme sürecinde istikrarını sağlamayı hedeflenmiştir. Veriler NASA ve TAH-SD modelinden alınmıştır. Çalışmanın sonucunda proje performansının minimum veri ile değerlendirilebileceği, ayrıca projelerin ana davranışlarının kontrol edilemeyeceği, ancak gözlemlenebilir ve istikrarlı olduğu görülmüştür. (Maliyet Dinamiği)

[34]'de yazarlar, çok projeli matris ortamında kaynak dağılımı bağlamına dayalı çatışma sorununun üzerinde çalışmışlardır. Çatışma gerçeğini tanımlamak ve proje bitiş tarihinin

belirsizliklerini incelemek için SD'yi kullanmışlardır. Analizlerin sonunda, çatışmanın gerçek olduğuna, fakat çatışma türünün değiştirilebileceğine kanaat getirmişlerdir. Ayrıca, yöneticiler arasında son tarihin kararlaştırılabileceğine, dolayısıyla çatışmanın da azalacağı yargısına varmışlardır. (Çatışma Dinamiği)

[35]'de yazarlar, davalar için iki farklı yaklaşım olarak SD modelleme tekniği ve ölçü mili analizini karşılaştırmışlar ve böylece projelerdeki zaman gecikmeleri ve maliyet aşımalarının üstesinden gelmenin etkili yolunu bulmayı hedeflemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, ölçü milinin talep durumlarında yararlı olduğunu, ancak, SD'nin, nedensel döngü diyagramları ile davaları daha detaylı analiz ettiğini ve aynı zamanda uzun vadeli tahminler için daha güçlü bir araç olduğunu görmüşlerdir. (Zaman ve Maliyet Dinamikleri)

[36]'da araştırmacılar, yüklenici ve mülk sahipleri arasında sorun olan inşaat risk dağılımı stratejilerini incelemişlerdir. Nicel ve nitel modeller için risk dağılımı faktörleri ve bulanık sayıları belirlemişler ve simülasyondan sonra, proje maliyet seviyesini minimize eden risk dağılımının ideal yüzdesine ulaşmışlardır. Bu süreçler bir tünel projesi ile doğrulanmış ve SD yaklaşımı, niceliksel risk dağılımı için sağlam bir teknik olarak görülmüştür.

[37]'de yazarlar, hangi jenerik sistem kalıplarının Kenya'daki inşaat faaliyetlerinde engellere neden olduğunu analiz etmişlerdir. Ayrıca, SD yaklaşımını kullanarak inşaat sektöründeki yavaş büyüme için çözümler üretmeyi amaçlamışlar, görüşmelerden ve Kenya CBS'den toplanan verilerin yardımıyla, inşaat faaliyetinin çalkantılı davranışında tetikleyici kalıpları, gecikme ve büyüme sınırlarıyla dengeleyici bir süreç olarak tanımlamışlardır. Makalenin son aşamasında, belirlenmiş sistem arketipleri sorunlarına karşı çözüm önerileri bulmuşlardır.

[38]'de, SD metodolojisi kullanılarak inşaat sektöründeki nakit akışı yönetimi stratejileri üzerine etkili senaryolar araştırılmıştır. Proje nakdi ve nakit akışı optimizasyonu üzerindeki etki faktörlerinin analizi yapıldıktan sonra en etkin senaryolar ortaya koyulmuş; SD, planlama ve nakit akışı yönetimi için elverişli ve uygulanabilir bir yöntem olarak belirlenmiştir.

[39]'de araştırmacılar, inşaat risk yönetimi için etkili bir teknik oluşturmaya çalışmışlar ve bu amaç doğrultusunda bulanık mantık entegreli SD modelini oluşturmuşlardır. Bir makine arıza riskini ele alarak, farklı senaryolar üretilmiştir. Bu senaryolardan, iş /

ekipman modifikasyonu, risk yönetimi uygulamaları için daha uygun bir çözüm olarak görülmüş ve ayrıca bulanık-SD yaklaşımı tatmin edici olarak test edilmiştir.

[40], [41]'de araştırmacılar, Asya inşaat sektöründeki dinamik performans sorununa değinmişlerdir. İlk çalışmalarında, SD simülasyon modelinin parametreler üzerindeki değişime karşı duyarlı olup olmadığını analiz etmişler ve modelin dayanıklı olduğuna karar vermişlerdir. Diğer çalışmalarında ise, İEGK politikalarını SD yaklaşımını kullanarak değerlendirmişler ve en uygun politikayı belirlemişlerdir.

[42], [43]'de, inşaat projelerinde yeniden yapımın etkileri üzerinde durulmuştur. İlk çalışmada, yeniden yapım etkilerinin nedensel döngü diyagramı oluşturulmuş, ikinci makalede de bu geribildirim döngüsü kullanılarak bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve farklı senaryolar incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda, tasarım hatalarını ve dolayısıyla da yeniden yapım sorununu yönetmek için alternatifler içerisinde 'deneyimli personel alma' ve 'tasarım süresini düşürme' senaryolarının kombinasyonu, en etkili yol olarak kabul edilmiştir.

[44]'de, mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe öğrenme sistemi parametreleri incelenmiştir. Öğrenme parametreleri arasındaki ilişkiler SD simülasyonu ile modellenmiş, deneyim transferi süreçleri zaman ve gecikme faktörleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Simülasyon sonrasında, [45]'de tanımlanan "mental mesafe" parametrelerinin, deneyim oranını ve bu orana bağlı olarak parçalı ve durumsal öğrenmeyi etkilediği görülmüştür. Bu nedenle, SD'nin, deneyim transferi ve işbirliğine dayalı öğrenmeyi destekleyen uygun bir yöntem olduğu düşünülmüştür.

[46]'da, Hong Kong'daki üç firmayı temel alan birden fazla vaka çalışması yaklaşımı ile BYK'nın gelişimi incelenmiştir. Makalede SD modeli, öğrenme mekanizmasının BYK'nın gelişimi üzerindeki etkisini görmek ve çift-döngü öğrenme sisteminde aşamalı senaryolar üretmek amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmanın sonunda, BYK'nın SD ile daha iyi kontrol edilebilir bir faktör olduğu görülmüştür.

[47]'de yazarlar, İ-GKPS ve SD performansını, daha iyi yönetim oluşturulması ve inşaat süreçlerinde doğru bilgi akışını edinmek için değerlendirmişlerdir. Modelin doğrulanması ve anket sonuçlarına dayanılarak, İ-GKPS yatırımlarının, inşaat uygulamalarında verimliliği sağlayabilecek bir etken olduğu kabul edilmiştir.

[48]'de, arz ve talep arasındaki dengesizlik problemini çözmek için Kore konut piyasasındaki konut arz mekanizması ve politika etkisi analiz edilmiştir. Model simülasyonlarının sonucunda SD'nin, karmaşık konut arz ve talep problemleri için çözüm üreten bir yaklaşım olduğuna karar verilmiştir.

Tez araştırması, literatür çalışmaları ile zaman ve maliyet kavramları açısından benzerlik göstermektedir. İlk olarak, SD metodolojisi, dinamik oluşumun temelinde yatan zaman faktörünü incelediğinden, bu araştırmadaki simülasyonun zaman aralığı da yaklaşık 1,5 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Çalışmanın devamında, simülasyon verileri için doğalgaz faturaları alınmış, böylece faturaların yıllık maliyetine bakılarak grafiklerin doğruluğu sağlanmıştır. Araştırmada her ne kadar zaman ve maliyet kavramları ile benzerlik sağlanıyor olsa da, bu kavramlar tezin ana teması olarak düşünülmemektedir.

Bunlara ek olarak, proje yönetimi teorisinin içerisinde planlama, tasarım ve uygulama gibi aşamalar bulunmaktadır. Yeni yapım bina projelerinden biraz farklı olarak, mevcut bina projeleri veya tadilat projeleri daha fazla yönetilmeye ve kontrol edilmeye gereksinim duymaktadır. Bu açıdan bakıldığında, tezdeki mevcut konut tadilatı projesi de diğer çalışmalarda olduğu gibi proje yönetimi aşamalarını gerektirmekte ve bu doğrultuda, doğru tahminler ve karar verme süreçleri için SD modelleme metodolojisine ihtiyaç duyulmaktadır.

B BÖLÜMÜ:

Araştırma, inşaat yapılı çevre uygulamaları ile karşılaştırıldığında, enerji verimliliği kavramına bağlı olarak benzerlikler artmaktadır. Bununla birlikte tez, ele alınan konuyla ilişkili olarak literatür çalışmaları ile farklılıklar barındırmaktadır. Bu bölümün devamında yapılı çevre çalışmaları SD metodolojisine dayanarak gözden geçirilmekte, benzerlikler ve farklılıklar ele alınmaktadır.

Literatürdeki yapılı çevre çalışmalarının geneli, konut yapısına ve iç mekân sistemlerine dayanan enerji verimliliği olgusunu incelemişlerdir. Genelin dışında kalan çalışmalar ise, kentsel bağlamda CO₂ emisyonu sorununu irdelemişlerdir.

[49]'da, kentsel bağlamda sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerine çalışılmıştır. Bu amaca ulaşmak için, SD ile; yüksek performanslı yeşil bina inşaatı, bina tadilatı ve sıfır bina inşaatı gibi üç farklı politika analiz edilmiştir. Simülasyonun sonucunda, sera gazı

emisyonlarının azaltılmasındaki en etkili yöntemin söz konusu politikaların birleştirilmesiyle oluşan politika olduğu yargısına varılmıştır. Ayrıca, tadilat temelli senaryoların sera gazı emisyonlarının stabilizasyonunda daha güçlü olduğu görülmüştür.

[2]'de araştırmacılar, bir konut binasındaki kullanıcı konforunu incelemişlerdir. Bunu yaparken, termal, aydınlatma konforu ve hava kalitesi döngüleri oluşturmuşlardır. Uygun konfor seviyesine ulaşmak için konfor-yatırım değişkenleri üzerinde çalışılmıştır. İlk konfor temelli analizden sonra, kazan değişimi ve temel bir değişim yerine bina çeperinde değişiklik yapılması gibi pratik politikalar üretilmiştir. Çalışmanın sonunda, politikalar SD modeliyle analiz edilmiş ve yüksek konfor seviyesi ve düşük CO₂ emisyonu sağlamak için etkili olan iki politikayı içeren kombinasyon politikası başarılı bulunmuştur.

[51]'de Letonya'nın Birinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı referans alınarak bina yalıtımı uygulamasına dayalı enerji verimliliği potansiyeli analiz edilmiştir. Yapı izolasyonu için simülasyon modeli oluşturulmuş ve simülasyon sonuçlarına göre, planlanan enerji tasarrufuna 2080 yılına kadar ulaşılabilceği gözlemlenmiştir. 2020 yılına kadar arzu edilen tasarrufun sağlanması için ise, ancak ekstra enerji verimliliği politikalarının uygulanması gerektiği anlaşılmıştır.

[52]'de, SD modeli kentsel bağlamda, CO₂ emisyonlarını ve bunların etki politikalarını hesaplamak için kullanılmıştır. Kent yapısının konut, sanayi, ticaret ve ulaştırma gibi alt alanları analiz edilmiştir. İki aşamalı simülasyonun sonucunda, SD modelinin özellikle planlama aşamasında ve olası politikalar için karar verme sürecinde CO₂ emisyonu kontrolü için güçlü bir araç olduğu saptanmıştır.

[53]'de, yapıların tasarım ve uygulama aşamalarında SD modelleme tekniğinin verimliliğini değerlendirmek için, bir hava sistemindeki biyolojik terör saldırısının etkisi incelenmiştir. 10 saatlik zaman periyoduna sahip simülasyonun sonunda, filtre değişimi senaryosu analiz edilmiş ve biyo-ajan parçacıklarının hareketlerinin değiştiği izlenmiştir. Böylece, SD'nin bina projelerinin karar verme süreçleri için etkili bir yöntem olduğu da görülmüştür.

[55]'de, bir Büyükşehir Bölgesi'nde, geleneksel ve yeni elektrikli ev eşyalarını karşılaştıran konut enerjisi verimliliği analiz edilmiştir. SD simülasyonlarıyla, elektrikli ev aletlerinin verimliliği için üretilen senaryoların maliyet ve ekonomik koşullara bağlı olduğuna kanaat getirilmiştir.

[3]'de yazarlar, bir konut binasındaki enerji talebinin azalması ve maliyet tasarrufunu ele almışlardır. Çalışma, tadilat uygulaması öncesi öğrenme ve karar verme süreçlerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Sorunu analiz etmek için hava koşulları, yakıt fiyatları, sıcaklık ve yaşam tarzı değişiklikleri incelenmiş, simülasyon sonuçlarıyla, yaşam tarzı değişikliklerinin maliyet tasarrufu ve enerji talebinin azalmasında etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca SD'nin, enerji tüketimi değişkenlerini ve muhtemel maliyet tasarruflarını analiz etmek için güçlü bir araç olduğu gözlenmiştir.

[56]'da araştırmacılar, İngiltere'nin KETCE azaltma sistemini araştırmışlardır. Makale, KETCE'yi etkileyen parametrelerin ve parametreler arasındaki ilişkilerin tanımlanmasını amaçlamaktadır. Buna bağlı olarak ilgili değişkenlerin nedensel döngü şeması ve bazı politikalar oluşturulmuştur. Sonuç olarak çalışmada, SD yöntemiyle sistem davranışının ve geri bildirim kavramının önemi vurgulanmıştır.

Bu araştırma, özellikle modele ait nedensel döngü diyagramının oluşturulmasında, yapıli çevre çalışmalarının tümünden referanslar içermektedir ve tüm araştırmaları kapsayan bir çalışma niteliği taşımaktadır. Özgün olarak detayda, bina enerji performansının en etkin parametresi olan ısıtma kavramını analiz etmektedir.

5.2. SONUÇ

Araştırmada, ısıtma-soğutma parametrelerinin enerji verimliliği üzerindeki etkisi Düzce ilinde bir örnek yapı ele alınarak gözlemlenmiş ve elde edilen verilerle, simülasyon yöntemi ile değerlendirilen modelin doğruluğu kanıtlanarak modelin gelecek çalışmalar için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Senaryo 1'in sonucu olarak, ayarlanan sıcaklık 4 derece azaltıldığında, tüketilen doğal gaz miktarında 559.2 cal'lık bir azalma görülmüştür. Sıcaklığın düşürülmesiyle kullanıcı konforunun azalacağı düşünülse de, kış aylarında kalın giysiler tercih edilmesi, evin çok kullanılan birimlerinin yaz ve kış şartlarına uyarlanması gibi pratik çözümlerle, enerji verimliliği sağlanması yolunda bu algının üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir. Senaryo 2'de, cephede, çatıda ve zeminde yapıldığı varsayılan izolasyonun etkisi ile harcanan doğal gaz miktarında 361.2 cal, yani yaklaşık olarak % 17.2 oranında bir düşüş gerçekleşmiş ve bu da, daha önce belirtildiği üzere, enerji kullanımında yaklaşık % 20.8'lik bir verimlilik meydana getirmiştir. Birimlerdeki farklı izolasyon malzemelerinin etkisini görmek veya farklı varsayımlarla enerji verimliliğini

artırmak için modelde, sıcaklık ve ısı geçiş katsayısı değerleri değiştirilerek tüm sistemi etkileyen değişiklikler yapılabilir. Ayrıca konutlarda yalıtım yapılması için harcanan ücretlerin, özellikle kış aylarında doğalgaz faturalarındaki düşük fiyatlarla karşılanacağı, tedarikçiler ve birçok kullanıcı tarafından doğrulanmıştır. Son olarak senaryo 3'te, ilk iki senaryonun aynı anda uygulanmasıyla, tüketilen doğal gaz miktarında 824.2 cal'lık bir azalma olduğu, diğer bir ifadeyle, yüzdelik olarak 64,6 oranında ısıtma enerjisi verimliliği sağlandığı görülmüştür.

Çalışmanın sonucunda, ısıtma enerjisi tüketiminin büyük bir kısmının doğal gaz kullanımı değerlerine bağlı olduğu düşünüldüğünde, farklı varsayımların birleşimiyle oluşan 3 numaralı senaryonun, enerji verimliliği sağlanmasında daha fazla etkili olduğu görülmektedir.

5.3. ARAŞTIRMANIN KATKISI

Bu çalışma ile modelin uygulanabilirliği kanıtlanmış ve stok-akış diyagramındaki değişkenler dikkate alınarak bina üzerinde yapılacak değişikliklerin etkileri değerlendirilmiştir. Niteliksel olarak, bina değişkenlerinin enerji verimliliği üzerindeki etkisi, geri bildirim döngüleri ile analiz edilmiştir. Yapıda meydana gelen değişikliklerin etkileri (örneğin bir evin duvarının yıkılmasının olası etkileri gibi), belli bir dereceye kadar tahmin edilebilir ve farklı bir değişikliğe sebep olacağı muhtemel bir varsayımdır. Ancak, SD yaklaşımı ile, beklenmeyen değişkenlerin etkileri ve olası senaryolar simülasyon yardımıyla önceden değerlendirilebilmektedir.

Konut sıcaklık ayarının değiştirilmesinden yola çıkılarak, ofis binaları, kamu daireleri gibi hizmet binalarının enerji verimliliği davranışları analiz edilebilir ve tasarımlar buna göre oluşturulabilir. Dinamik değişkenlere, enerji verimliliği uygulamalarını pratik ve maliyet etkin şekilde planlamak suretiyle uygulama aşamasından önce müdahale edilebilir.

Bina yapım projeleri değişen koşullara sahiptir. Dolayısıyla, SD, bu koşulları etkileyen dinamiklerin analiz edilebilmesini ve daha sonra zaman, kapsam veya bütçeden kaynaklanan potansiyel problemlerin planlama aşamasında öngörülebilmesini veya zamanında müdahale edilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, araştırma SD simülasyon yaklaşımının etkin bir yöntem olduğunu da kanıtlamaktadır.

5.4. KISITLAR VE GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER

Araştırma, yıllık doğalgaz kullanımı periyodu ve doğalgaz faturalarından edinilen verilerle sınırlanmaktadır. Gelecekteki çalışmada validasyon bölümünde kullanılan faturalandırma verileri daha uzun bir sürece sahip olabilir. Buna ek olarak, enerji verimliliği yalnızca ısıtma-soğutma olgusuna dayalı olarak değerlendirilmektedir, ancak CO₂ emisyonları, elektrik gücü, su ve güneş enerjisi gibi değişkenler dâhil edilerek de genişletilebilir. Ayrıca analiz edilen örnek konut çalışması sayısı artırılarak, simülasyon çalışma süresi uzatılabilir ve model farklı iller için değerlendirilebilir.



7. KAYNAKÇA

- [1] J. D. Sterman, *Systems thinking and modeling for a complex world*, vol. 6, no. 1. 2000.
- [2] S. Armenia, D. Falsini, and G. Oliveri, "Energy management in residential buildings: A system dynamics approach," *The 27th International Conference of the System Dynamics Society*, 2009.
- [3] Y. Xing, S. Lannon, and M. Eames, "Developing a system dynamics based building performance simulation model – Sdsap to assist retrofitting decision making," *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, pp. 226–233, 2013.
- [4] P. E. D. Love, G. D. Holt, L. Y. Shen, H. Li, and Z. Irani, "Using systems dynamics to better understand change and rework in construction project management systems," *International Journal of Project Management*, vol. 20, no. 6, pp. 425–436, 2002.
- [5] J. D. Sterman, "System dynamics modeling for project management," *Unpublished manuscript*.
- [6] R. Sonawane, "Applying system dynamics and critical chain methods to develop a modern construction project management system," M.S. thesis, College of Graduate Studies Texas A&M University-Kingsville, US, 2004.
- [7] J. W. Forrester, *Industrial dynamics*. Cambridge MA: The MIT Press, 1961.
- [8] A. Rodrigues and J. Bowers, "The role of system dynamics in project management," *International Journal of Project Management*, vol. 14, no. 4, pp. 213–220, 1996.
- [9] A. G. Rodrigues, "Managing and modelling project risk dynamics a system dynamics-based framework," *Fourth European Project Management Conference: PMI Europe*, vol. 7, no. June, pp. 6–7, 2001.
- [10] The Constructor-Civil Engineering Home. (2015, 22 Nisan). Characteristics of a construction project [Online]. Available: <https://theconstructor.org/construction/characteristics-of-a-construction-project/8807/>.
- [11] R. Favié and G. Maas, "Ranking construction project characteristics," *CIB Transformation Through Construction, Dubai*, pp. 1-8, 2008.
- [12] 360 Project Review. (2015, 10 Mayıs). Characteristics of good project managers and an overview of the Pakistani construction industry [Online]. Available: https://www.academia.edu/9112007/Characteristics_of_good_project_managers_and_an_overview_of_the_Pakistani_construction_industry.
- [13] V. E. Sanvido and L. S. Riggs, "Managing retrofit projects", Construction Industry Institute Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin, pp. 1–84, 1991.

- [14] *Sustainable energy regulation and policy-making for Africa*, Energy efficiency in buildings-module 18, 2008.
- [15] G. Henderson, K. Tillerson and E. Blaustein, "Building energy labelling in existing buildings," pp. 97–106, 2001.
- [16] K. Kavak, Uzmanlık Tezi, "Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayiinde enerji verimliliğinin incelenmesi," Devlet Planlama Teşkilatı İktisadi Sektörler Ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Türkiye, Rap. DPT: 2689, 2005.
- [17] H. J. Koch, "An international catalyst for energy efficiency," pp. 228–239, 2001.
- [18] T. Kjellgren and A. Persson, "Energy efficiency and environmental awareness integrated in the every day living," Awarded in the Environment 2000 Competition, New Building Class, 2001.
- [19] O. Turan, "Binalarda enerji verimliliğinin önemi ve çözüm önerileri," 23. *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, 2004, pp. 91–97.
- [20] T. Keskin ve Ş. Gümüşderelioğlu, "İklim değişikliği sözleşmesinin şartlarını yerine getirmek için dünyada ve Türkiye’de uygulanan enerji tasarrufu programları," in 19. *Enerji Tasarrufu Haftası*, 2000, pp. 11–22.
- [21] T. Keskin, "Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Tasarrufu Potansiyeli," *World Energy Council Turkish National Committee (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi)*, 2000.
- [22] Devlet Planlama Teşkilatı, "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu," Türkiye, 2001.
- [23] Legislative Research Commission, "Energy-efficient Building Design and Construction Practices," Frankfort, Kentucky, Rep. RM no:503, 2009.
- [24] US General Services Administration, "Saving Energy through Lighting and Daylighting Strategies," 2015.
- [25] V. Tang and S. Vijay, "System dynamics origins, development, and future prospects of a method," *Research Seminar in Engineering Systems*, 2001.
- [26] Y. Barlas, "System dynamics: Systemic feedback modeling for policy analysis." in *Knowledge for Sustainable Development: An Insight into the Encyclopedia of Life Support Systems*. Paris-Oxford: UNESCO Publishing, 2002, ch. 5.12, pp. 1131-1175.
- [27] G. P. Richardson, "The 1999 Jay Wright Forrester Award," *System Dynamics Review*, vol. 15, pp. 375–377, 1999.
- [28] B. Çelik, M. Erkenekli, H. Şeşen, C. Yılmaz; M. Polat, Ü. Sıgı ve A. Tabak, *Sistem Dinamikleri*, 1. baskı, Ankara, Türkiye: Detay Yayıncılık, 2011.
- [29] S. Ogunlana, J. Lim, and K. Saeed, "Desman : A dynamic model for managing civil engineering design projects," *Computer and Structures*, vol. 67, pp. 401–419, 1998.
- [30] K. Yaghootkar and N. Gil, "The effects of schedule-driven project management in multi-project environments," *International Journal of Project Management*, vol. 30, no. 1, pp. 127–140, 2012.
- [31] F. Nasirzadeh and P. Nojedehe, "Dynamic modeling of labor productivity in construction projects," *International Journal of Project Management*, vol. 31, no.

- 6, pp. 903–911, 2013.
- [32] Y. Xu, C. Sun, M. J. Skibniewski, A. P. C. Chan, J. F. Y. Yeung, and H. Cheng, “System dynamics (SD) -based concession pricing model for PPP highway projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 30, no. 2, pp. 240–251, 2012.
 - [33] A. S. White, “A control system project development model derived from System Dynamics,” *International Journal of Project Management*, vol. 29, no. 6, pp. 696–705, 2011.
 - [34] Z. Laslo and A. I. Goldberg, “Resource allocation under uncertainty in a multi-project matrix environment: Is organizational conflict inevitable?,” *International Journal of Project Management*, vol. 26, no. 8, pp. 773–788, 2008.
 - [35] C. Eden, T. Williams, and F. Ackermann, “Analysing project cost overruns: Comparing the ‘measured mile’; analysis and system dynamics modelling,” *International Journal of Project Management*, vol. 23, no. 2, pp. 135–139, 2005.
 - [36] F. Nasirzadeh, M. Khanzadi, and M. Rezaie, “Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 32, no. 3, pp. 442–451, 2014.
 - [37] K. M. Titus, N. Blismas, R. Wakefield, and R. Lombardo, “System archetypes underlying the problematic behaviour of construction activity in Kenya,” *Construction Management and Economics*, vol. 29, no. 1, pp. 3–13, 2011.
 - [38] Q. Cui, M. Hastak, and D. Halpin, “Systems analysis of project cash flow management strategies,” *Construction Management and Economics*, vol. 28, no. 4, pp. 361–376, 2010.
 - [39] F. Nasirzadeh, A. Afshar, M. Khanzadi, and S. Howick, “Integrating system dynamics and fuzzy logic modelling for construction risk management,” *Construction Management and Economics*, vol. 26, no. 11, pp. 1197–1212, 2008.
 - [40] Y. H. Tang and S. O. Ogunlana, “Modelling the dynamic performance of a construction organization,” *Construction Management and Economics*, vol. 21, no. 2, pp. 127–136, 2003.
 - [41] Y. H. Tang and S. O. Ogunlana, “Selecting superior performance improvement policies,” *Construction Management and Economics*, vol. 21, no. 3, pp. 247–256, 2003.
 - [42] P. E. D. Love, P. Manual, and H. Li, “Determining the causal structure of rework influences in construction,” *Construction Management and Economics*, vol. 17, no. 4, pp. 505–517, 1999.
 - [43] H. Li, P. E. D. Love, and D. S. Drew, “Effects of overtime work and additional resources on project cost and quality,” *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 7, no. 3, pp. 211–220, 2000.
 - [44] M. A. T. Lê and K. H. Law, “System dynamic approach for simulation of experience transfer in the AEC industry,” *Journal of Management in Engineering*, vol. 25, no. 4, pp. 195–203, 2009.
 - [45] M. A. T. Lê, “Experience as a quality corrective in the AEC industry with focus on experience transfer between facilities management and design stages,” Norwegian Univ. of Life Sciences, Ås, Norway., 2006.

- [46] L. Chen and P. S. W. Fong, "Visualizing evolution of knowledge management capability in construction firms," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, no. 7, pp. 839–851, 2013.
- [47] O. Tatari, D. Castro-Lacouture, and M. J. Skibniewski, "Performance evaluation of construction enterprise resource planning systems," *Journal of Management in Engineering*, vol. 24, no. 4, pp. 198–206, 2008.
- [48] S. Hwang, M. Park, H.-S. Lee, S. Lee, H. Kim, "Dynamic feasibility analysis of the housing supply strategies in a recession: Korean housing market," *Journal of Construction Engineering & Management*, vol. 139, pp. 148–160, 2013.
- [49] N. C. Onat, G. Egilmez, and O. Tatari, "Towards greening the U.S. residential building stock. A system dynamics approach," *Building and Environment*, vol. 78, pp. 68–80, 2014.
- [50] B. Gatersleben and C. Vlek, "Household consumption, quality of life, and environmental impacts: a psychological perspective and empirical study," *Green households? Domestic Consumers Environment and Sustainability*, pp. 141–183, 1998.
- [51] A. Blumberga and G. Zogla, "Residential energy efficiency policy in Latvia : a system dynamics approach," *Environmental Protection*, vol. 2035, 2011.
- [52] W. K. Fong, H. Matsumoto, and Y. F. Lun, "Application of system dynamics model as decision making tool in urban planning process toward stabilizing carbon dioxide emissions from cities," *Building and Environment*, vol. 44, no. 7, pp. 1528–1537, 2009.
- [53] B. P. Thompson and L. C. Bank, "Use of system dynamics as a decision-making tool in building design and operation," *Building and Environment*, vol. 45, no. 4, pp. 1006–1015, 2010.
- [54] W. Kowalski, *Immune Building Systems Technology*,. 1st ed., New York: McGraw-Hill, 2003.
- [55] I. Dyner, R. A. Smith and G. E. Péna "System dynamics modeling for energy efficiency analysis and management," *Journal of Operational Research*, vol. 46, pp. 1163–1173, 1995.
- [56] M. G. Oladokun, I. A. Motawa, and P. F. G. Banfill, "Understanding and improving household energy consumption and carbon emissions policies – a system dynamics approach," *Proceedings of International Conference for Enhanced Building Operations*, 2012.
- [57] S. Natarajan, J. Padget and L. Elliott, "Modeling UK domestic energy and carbon emissions: an agent-based approach," *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 2602–2612, 2011.
- [58] M. Bayram, (2016, 19 Ocak). *BEP hesaplama yöntemi referans bina, oranlar, dönüşüm katsayıları ve enerji kimlik belgesi* [Online]. Erişim: <http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Images/Kutuphane/330279.pdf>.
- [59] TMMOB Makine Mühendisleri Odası, "Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği," *Türkiye, Rap. MMO/589*, 2012.
- [60] Enerji Koordinasyon Kurulu. (2017, 20 Nisan). Enerji Verimliliği [Online]. Erişim: www.ibb.gov.tr/sites/aydinlatmaenerji/Pages/EnerjiVerimliliği.aspx.

- [61] *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü TS 825, 2009.
- [62] Directive of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, *Official Journal of the European Communities*, no: 2002/91/EC, 1 April 2003.
- [63] İZODER. (2018, 13 Şubat). *Isı yalıtımı* [Online]. Erişim: <http://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Isi-Yalitimi.pdf>.
- [64] F. Şenkal Sezer, “Türkiye’de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 10, no. 2, pp. 79–85, 2005.



8. EKLER

8.1. MODEL HESAPLAMALARI

Isı kazancı hesaplamaları hata oranını azaltmak için iki farklı program kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen değerler birbirine oldukça yakındır ve her iki sonuç da aşağıda gösterilmektedir.

A- ISI KAZANCI

1. Program Hesaplamaları

1- DIŞ HAVAYLA TEMAS HALİNDEKİ DIŞ DUVARDAN KAZANILAN ISI

Duvar Tipi	KATSAYI B (kcal/m ² h)							
	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	KD	GD	GB	KB
Basit Yapı (odun & harç)	17	37	29	51	28	34	43	42
Orta Yapı (Beton & Tuğla)	15	40	34	56	32	38	48	45
Ağır Yapı (20 cm. kalınlığında beton)	16	34	31	37	29	34	40	26

NO	Penceresiz net duvar alanı (m ²)	Yön	Kat Sayı (kcal/m ² h)	Kazanılan Isı (kcal/h)
1	14,31	Kuzey	32	457,92
2	8,34	Güney	38	316,92
3		Doğu		0
4		Batı		0
TOPLAM	22,65			774,84

2- ÇATIDAN KAZANILAN ISI

	ÇATI TİPİ	KATSAYI B (kcal/m ² h)
Basit Yapı (alçı taş ve ince çatı)	TAVANLI	165
	TAVANSIZ	60
Orta Yapı (ince beton izolasyon)	TAVANLI	92
	TAVANSIZ	38
Ağır Yapı (kalın beton izolasyon)	TAVANLI	43
	TAVANSIZ	23

ÇATI ALANI	KATSAYI	KAZANILAN ISI
116	92	10672

3- PENCERELERDEN KAZANILAN ISI

Pencerenin Tipi	KATSAYI B (kcal/m ² h)								
	Güneş Almayan	KUZEY	DOĞU	GÜNEY	BATI	KD	GD	GB	KB
Sıradan pencere camı (3 mm kalınlığında x 1)	60	150	590	310	710	440	430	530	540
Sıradan pencere camı (3 mm kalınlığında x 2)	55	140	540	290	650	400	390	480	490
Isı emen pencere camı (3 mm kalınlığında x 1)	35	90	370	220	440	270	270	340	340
Çift katlı pencere camı Dış: Isı emiyor İç : Sıradan cam 6 mm	30	70	290	170	340	215	210	260	260
Cam blok	25	40	330	130	360	200	190	230	240

Gölgeliğin Tipi	Sabit Sayı
İç tarafta jaluzi varsa	0.7
Perde olması durumunda	0.8 - 0.9

NO	Pencere alanı (m ²)	Sabit Sayı	Kat Sayı (kcal/m ² h)	Kazanılan Isı (kcal/h)
1	3,33	0,8	215	572,76
2	8,1	0,8	260	1684,8
3	12,15	0,8	260	2527,2
4	6,75	0,8	210	1134
TOPLAM	30,33			5918,76

4- İÇ ODA DUVARLARINDAN KAZANILAN ISI

İç Oda Duvarının Tipi	B (kcal/m ² h)
Paravan, cam	13
Diğerleri	8

NO	İç Duvar Alanı (m ²)	Kat Sayı	Kazanılan Isı (kcal/h)
1	30,02	8	240,16
2	9,31	8	74,48
3	18,9	8	151,2
4			0
TOPLAM	58,23		465,84

5- TABAN VEYA ZEMİNDEN KAZANILAN ISI

Taban ve Zemin Tipi	B (kcal/m ² h)	Tavan veya Zemin Alanı (m ²)	KATSAYI	KAZANILAN ISI
Dökme Beton	10	116	10	1160
Halı veya müşamba kaplı	7			
Toprak ile temas halinde	0			
TOPLAM				1160

6- İNFİLTASYON YOLUYLA KAZANILAN ISI

İçeri alınan dış hava

Mekanın Tipi	B (kcal/kişi say. h)	KİŞİ SAYISI	KATSAYI	KAZANILAN ISI
Banka, satış mağazası, tiyatro, sigarasız alan	136	2	208	416
Ofis, konferans sal., otel, restaurant, hastane, apartman dairesi, pastane	208			
Özel oda, sigara içilen alan	400			

Dış hava infiltrasyonu

Mekânın Tipi	B (kcal/m ³ h)	HACİM (m ³)	KATSAYI	KAZANILAN ISI
Standart	8	348	14	4872
İnsanların belli sıklıkla giriş çıkış yapmaları, dışarıya bakan çok sayıda pencere olması durumunda	12-16			

İnfiltrasyonla kazanılan ısı

4872

7- İÇ ORTAMDA BULUNAN ISI KAYNAKLARINDAN KAZANILAN ISI

İçerideki kişilerin konumu	Uygulama örneği	B (kcal/h-kşi)
Oturuyor	Tiyatro, pastane	100
Masabaşı işi yapıyor	Ofis, otel, restoran, satış mağ.	120
Fiziksel güç harcıyor	Fabrika, spor salonu	200

Kişi Sayısı	KATSAYI	KAZANILAN ISI
2	100	200
TOPLAM		200

1700

İç ortamdaki ısı kaynakları toplamı

1900

TOPLAM ISI KAZANIMI

NO	Açıklama	Toplam Isı Kazanımı (kcal/h)
1	Dış havayla temastaki duvarlardan	774,84
2	Çatıdan	10672
3	Pencerelerden	5918,76
4	İç odalardan	465,84
5	Tavan veya zeminden	1160
6	İnfiltrasyondan	4872
7	İç ortamdaki ısı kaynaklarından	1900
TOPLAM		25763,44

2. Program Hesaplamaları

İŞAR ET	YÖ N	EN	BOY	ALAN	Ç.ALAN	H.ALANI	K	DT	DUYULUR ISI		
DD	GD	3	11,78	35,34	7,5	27,84	1,45	10	403,68		
DD	KB	3	11,78	35,34	7,5	27,84	1,45	10	403,68		
DD	KD	3	15,37	46,11	8,65	37,46	1,45	10	543,17		
DD	GB	3	15,37	46,11	16	30,11	1,45	10	436,59		
TA		15,37	11,78	181		181	2,05	5,5	204		
DÖ		15,37	11,78	181		181	5	0	0		
DK	GB	2	2	4		4	2	10	80		
DP	KD	0,5	0,7	0,35		1,4	5	10	70		
DP	KD	1,35	1,35	1,8		1,8	5	10	90		
DP	GD	2,5	1,35	3,35		6,75	5	10	337,5		
DP	KB	2	1,35	2,7		8,1	5	10	405		
DP	GB	2	1,35	2,7		5,4	5	10	270		
DP	GB	5	1,35	6,75		6,75	5	10	337,5		
KONDİSYONDAN GELEN TOPLAM5417,53											
GÜNEŞTEN GELEN TOPLAM ISI.....2517,73											
(0,1X22765,26) 2276,52											

2. Program Hesaplamaları (Devamı)

		GİZLİ	DUYULUR
İNSANLARDAN GELEN.....2X40		80	
	2X65		130
ELEKTRİK AMPULLERİ.....9X860			7740
ELEKTRİK CİHAZLARI.....8X860			6880
	QD:		25041,786 KCAL/H
	QG:		80 KCAL/H
	QH:		25121,786
			DIŞ İÇ
			3
	KURU TERMOMETRE	3	23
		2	
	YAŞ TERMOMETRE	5	
		5	
	BAĞIL NEM	0	
	ENTAL	7	
	Pİ	2	45
	YÜK SAATİ:		10:00
	ODA HACMİ	15,37X11,78X 3	54 5
DUYULUR ISI YÜZDESİ: QD/QHX100	25041,786/25121,786X100		99,68
GEREKLİ HAVA MİKTARI:	V:QD/0,29X 10	25041,786/0,29 X10	8635,09
HAVA DEĞİŞTİRME SAYISI:	V/EV HACMİ	8635,09/545	15,84
TAZE HAVA MİKTARI:	2X15,84		31,68
TAZE HAVA YÜKÜ :	31,68X 27/0,825		1035,54
ISI KAZANCI YÜKÜ.....25121,786			
TAZE HAVA YÜKÜ.....		1035,54	
TAPLAM SOĞUTMA YÜKÜ.....		26157,321 KCAL/H	

B- ISI KAYBI

Isı kaybı hesaplamaları her oda (birim) için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

YÜKSEKLİK--H--	2,7	KAT:	ZEMİN
BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT			

*Bu Program Düzce-Merkez Şartlarına Uyarlanarak Hazırlanmıştır.

	LİSTE
DH-1= DIŞ DUVAR TUĞLALI OLAN	DH-1
DH-2=DIŞ DUVAR BETON ARMELİ OLAN	DH-2
DT-1= TOPRAK TEMASLI DUVAR	DT-1
DO-1=ISITILMAYAN ODAYA BİTİŞİK DUVAR (SAHANLIK VE HAVALANDIRMAYA BAKAN KISIM)	DO-1
İD-1= SICAKLIK FARKI 4 DERECEDEDEN YÜKSEK OLAN ODALAR ARASI	İD-1
DP= DIŞARI BAKAN KAPI PENDERELER İÇİN	DP
CC-1=ÜZERİNDE ÇATI VAR(CAM YÜNÜNDEN SONRASINI ALMIYORUZ ISI YALITIMDA)	CC-1
CA-1=ÜZERİ AÇIK TERAS VEYA ÇATI ARASINDAKİ KONUMUN ÜZERİ GİBİ	CA-1
TG= ALT GEÇİT (ODA ÇIKINTILARININ ALT KISMI)	TG-1
TT-1=TABANI TOPRAK TEMASLI OLAN KISIM	TT-1
DO-2=ISITILMAYAN ODAYA BİTİŞİK DUVAR (SAHANLIK VE HAVALANDIRMAYA BAKAN KISIM) BETONARME	DO-2
DK-1=DIŞ KAPI	DK-1
İK-1=İÇ KAPI	İK-1
TO-1 TABANI ISITIMATAN HACİMLERE BİTİŞİK ALT KATTAKİ DEPO GİBİ	TO-1
CA-2=ÜZERİ AÇIK TERAS VEYA ÇATI ARASINDAKİ KONUMUN ÜZERİ GİBİ	CA-2

	K DEĞERİ	°C	PENCERENİN AÇILAN KISMI(L)		
DH-1	0,9		PENCERE	ALAN(m2)	ENF(L)
İD-1	1,45		1	2,1	3,7
DO-1	1,3		2	1,89	5,9
DK-1	3,5		3	4	10
DP	2,6		4	3,99	13,7
TT-1	0,61		5	4,2	7,4
TG-1	0,41	-9	ÖZEL1	8,2	17,4
CC-1	0,58	0	ÖZEL2	8,19	19,6
İD-1	0,9	15	ÖZEL3		
CC-1	2,05	0	ÖZEL4		
TT-1	0	6			
TG-1	0	-9			
TT-1	0	6			
İD-1	1,76	15			

ISI KAYBI HESABI BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT															Syf		1
															Kat		Zemin
															Tar		28.4.
																	2017
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar						
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _D Birleşik	Z _w Kat Yükseklik	Z _H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı	
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1+ %	Q _h =Q _i +Q _s	
Z01 MUTFAK 18 °C																	
DH-1	K		5,24	2,7 0	14,1 5		0,3 9	13,76	0,9	27	334						
DH-1	B		4,77	2,7 0	12,8 8		2,7 0	10,18	0,9	27	247						
DH-1	G		3,06	2,7 0	8,26		2,7 0	5,562	0,9	27	135						
DP	K		0,6	0,6 5	0,39			0,39	2,6	27	27						
DP	B		2	1,3 5	2,70			2,7	2,6	27	190						
DP	G		2	1,3 5	2,70			2,7	2,6	27	190						
İD-1			2,22	2,7 0	5,99		1,6 8	4,31	1,45	2	12						
İD-1			1,75	2,7 0	4,73		1,6 8	3,045	1,45	2	9						
İK1			2,1	0,8 0	1,68			1,68	2,1	2	7						
CC-1			4,77	4,2 2	20,1 3			20,13	0,58	27	315						
TT-1			4,77	4,2 2	20,1 3			20,13	0,61	6	74						
İD3			2,55	2,7 0	6,89			6,885	1,45	2	20						
İK2			2,1	0,8 0	1,68			1,68	2,1	2	7						
											1568	7	0	5	1,1 2	1756	
İnfiltrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze															Q _s =	1583	
a= 2 R= 0,9 Ze = 1 l= 13,4 H = 2,43 Δ t = 27																	
Toplam Isı Kaybı Q _T =																3338	

ISI KAYBI HESABI BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT												Syf		1		
												Kat		Zemin		
												Tar		28.4.		
														2017		
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar					
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı U	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _D Birleşik	Z _w Kat Yükseklik	Z _H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1 +	Q _h =Q _i + Q _s
Z02 ANTRE+ OTURMA 18 °C																
DH-1	G		3,32	2,70	8,96		1,68	7,284	0,9	24	157					
DH1	B		2,65	2,70	7,16		2,70	4,455	0,9	24	96					
DH1	G		1,13	2,70	3,05		1,68	1,371	0,9	24	30					
DK-1	G		2,1	0,90	1,89	2		1,89	3,5	24	318					
DP			2	1,35	5,40	2		5,4	2,6	24	420					
TT-1			7,681	3,00	23,04			23,04	0,61	6	84					
İK			2,1	0,80	8,40	5		8,4	2,1	2	44					
CC-1			7,618	3,00	22,85			22,85	0,58	6	80					
İD			2,22	2,70	5,99		1,68	4,314	1,45	0	0					
İD			2,6	2,70	7,02		1,68	5,34	1,45	4	31					
İD			3,7	2,70	9,99		7,29	2,7	1,45	4	16					
TG-1									0		0					
TT-1									0		0					
İD-1											0					
											1275	7	0	-5	1,02	1301
İnfiltrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze												Q _s =				
a= 2 R= 0,9 Ze = 1 l= 19 H 2,4 Δt = 3 = 27												2244				
Toplam Isı Kaybı Q _T =												3545				

ISI KAYBI HESABI													Syf		1	
BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT													Kat		Zemin	
													Tar		28.4.2017	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı U	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _D Birleşik	Z _w Kat Yükseklik	Z _H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1+ %	Q _h =Q _i +Q _s
Z03 YATAK ODASI 20 °C																
DH-1	D		4	2,70	10,80		3,38	7,425	0,9	29	194					
DH-1	K		1,55	2,70	4,19		0,00	4,185	0,9	29	109					
İD			1,7	2,70	4,59		1,68	2,91	1,45	2	8					
İD			1,7	2,70	4,59			4,59	1,45	2	13					
DP	D		2,5	1,35	3,38			3,375	2,6	29	254					
İD			3,16	2,70	8,53			8,532	1,45	2	25					
İD			4,08	2,70	11,02			11,02	1,45	2	32					
İK			2,1	0,80	1,68			1,68	2,1	2	7					
TT-1			5	2,59	12,94			12,94	0,61	6	47					
CC-1			5	2,59	12,95			12,95	0,58	29	218					
TT-1					0,00			0	0		0					
TG-1					0,00			0	0		0					
TT-1					0,00			0	0		0					
İD-1					0,00			0			0					
											908	7	0	0	1,07	972
İnfilitrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze													Q _s =			
a = 2 R= 0,9 Ze = 1 l= 3,7 H = 2,43 Δt = 29													469			
Toplam Isı Kaybı Q _T =													1441			

ISI KAYBI HESABI													Syf.		1
BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT													Kat		Zemin
													Tar.		28.4.2017
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamlar			
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı U	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _D Birleşik	Z _W Kat Yükseklik	Z _H Yön	Z Toplama
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1 + %
Z04 SALON 22 °C															
DH-1	G	6,64	2,70	17,93	6,75		11,18	0,9	31	312					
DH1	D	4,33	2,70	11,69	3,38		8,316	0,9	31	232					
DH1	B	2,32	2,70	6,26	2,70		3,564	0,9	31	99					
İD		3,3	2,70	8,91			8,91	1,45	2	26					
İD		2,2	2,70	5,94			5,94	1,45	2	17					
İD		3,16	2,70	8,53	1,68		6,852	1,45	4	40					
İD		4,08	2,70	11,02	7,29		3,726	1,45	4	22					
İK		2,1	1,60	3,36			3,36	2,1	2	14					
TT-1		11,68	3,00	35,04			35,04	0,61	6	128					
CC-1		11,68	3,00	35,04			35,04	0,58	31	630					
DP		12,83	1,35	17,31	3		17,31	2,6	31	4186					
TG-1				0,00			0	0	31	0					
TT-1				0,00			0	0	16	0					
İD-1				0,00			0		7	0					
										5706	7	0	-5	1,02	5820
İnfiltrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze													Q _s =		
a = 2 R= 0,7 Ze = 1 l= 15 H = 2,43 Δ t = 31															
Toplam Isı Kaybı Q _T =													7402		

ISI KAYBI HESABI													Syf.		1	
BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT													Kat		Zemin	
													Tar.		28.4.2017	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı U	Dt Sıcaklık farkı	Q_o Zamsız Isı Kaybı	Z_D Birleşik	Z_w Kat Yükseklik	Z_H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1+ %	$Q_h=Q_i$ + Q_s
Z05 HOL 18 °C																
İD			1,7	2,70	4,5 9		1,6 8	2,91	1,45	4	17					
İD1			3,16	2,70	8,5 3		1,6 8	6,852	1,45	2	20					
İD2			1,7	2,70	4,5 9		1,6 8	2,91	1,45	0	0					
İD3			1,86	2,70	5,0 2		1,6 8	3,342	1,45	8	39					
İD4			0,6	2,70	1,6 2			1,62	1,45	4	9					
İK			2,1	0,80	1,6 8			1,68	2,1	2	7					
İK			2,1	0,80	1,6 8			1,68	2,1	4	14					
İK			2,1	0,80	1,6 8			1,68	2,1	8	28					
TT-1			4	2,27	9,0 7			9,068	0,61	6	33					
CC-1			4	2,27	9,0 8			9,08	0,58	27	142					
İD-1			2,55	2,70	6,8 9		1,6 8	5,205	1,45	8	60					
DH-1	K		1	2,70	2,7 0		0,3 5	2,35	0,9	27	57					
DP-1	K		0,5	0,70	0,3 5			0,35	2,6	27	25					
İD-1					0,0 0			0		3	0					
											452	7	0	-5	1,0 2	461
İnfiltrasyon kaybı $Q_s= S a.l.R.H.Dt.Ze$																Q_s =
a											H	2,4		Δt		283
=	2		R=	0,9		=	1,2		l=	2	=	3		=	27	
Toplam Isı Kaybı $Q_T=$																744

ISI KAYBI HESABI BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT												Syf.		1		
												Kat		Zemin		
												Tar.		28.4.2017		
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı $\frac{W}{m^2 \cdot K}$	Dt Sıcaklık farkı $^{\circ}C$	Q_o Zamsız Isı Kaybı W	Z_o Birleşik %	Z_w Kat Yükseklik %	Z_H Yön %	Z Toplama 1+%	Top. Isı İhtiyacı $Q_h=Q_i+Q_s$
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²								
Z06 BANYO 26 °C																
DH-1								0		35	0					
DH-1	D		2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	0,9	35	217					
DH1	K		1,7	2,7 0	4,5 9		0,4 2	4,17	0,9	35	131					
DP	K		0,6	0,7 0	0,4 2			0,42	2,6	35	38					
İK			2,1	0,8 0	1,6 8			1,68	2,1	8	28					
İD			1,7	2,7 0	4,5 9			4,59	1,45	6	40					
İD			2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	1,45	8	80					
CC-1			1,7	2,5 5	4,3 4			4,335	0,58	35	88					
TT-1			1,7	2,5 5	4,3 4			4,335	0,61	6	16					
CC-1					0,0 0			0		0	0					
TT-1					0,0 0			0	0		0					
TG-1					0,0 0			0	0		0					
TT-1					0,0 0			0	0		0					
İD-1					0,0 0			0	0		0					
											638	7	0	-5	1,02	651
İnfiltrasyon kaybı $Q_s= S \cdot a \cdot l \cdot R \cdot H \cdot Dt \cdot Ze$ $Q_s=$ 514																
Δ a = 2 R= 0,9 Ze = 1,2 l= 2,8 H = 2,43 t = 35																
Toplam Isı Kaybı $Q_T=$ 1165																

ISI KAYBI HESABI														Syf.		1
BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT														Kat		Zemin
														Tar.		28.4.2017
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zammlar					
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _o Birleşik	Z _w Kat Yükseslik	Z _H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1+%	Q _h =Q _i +Q _s
Z07 WC 18 °C																
DH-1	K	1,2	2,7 0	3,2 4	0,3 5		2,89	0,9	29	75						
DP	K	0,5	0,7 0	0,3 5			0,35	2,6	29	26						
İD		2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	1,45	0	0						
İD		2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	1,45	4	40						
TT-1		2,55	1,2 0	3,0 6	0,0 0		3,06	0,61	6	11						
CC-1		2,55	1,2 0	3,0 6			3,06	0,58	29	51						
TG-1				0,0 0			0			0						
CC-1				0,0 0			0			0						
İD-1				0,0 0			0	0		0						
CC-1				0,0 0			0	2,05		0						
TT-1				0,0 0			0	0		0						
TG-1				0,0 0			0	0		0						
TT-1				0,0 0			0	0		0						
İD-1				0,0 0			0	0		0						
										204	7	0	5	1,12		229
İnfiltrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze																Q _s = 283
a = 2 R= 0,9 Ze = 1 l= 2,4 H = 2,43 Δ t = 27																
Toplam Isı Kaybı Q_T=																512

ISI KAYBI HESABI BİNA ADI :DÜZCE-UZUNMUSTAFA MAH.-TEK KAT												Syf.		1		
												Kat		Zemin		
												Tar.		28.4.2017		
												Zamlar				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı			Zamlar						
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yük/Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba giren alan	Toplam ısı geçiş katsayısı	Dt Sıcaklık farkı	Q _o Zamsız Isı Kaybı	Z _D Birleşik	Z _W Kat Yükseklik	Z _H Yön	Z Toplama	Top. Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	1+%	Q _h =Q _i +Q _s
Z08 ODA 22 °C																
DH-1	K		3,3	2,7 0	8,9 1		1,8 2	7,088	0,9	31	198					
DP	K		1,35	1,3 5	1,8 2			1,823	2,6	31	147					
İD			3,3	2,7 0	8,9 1		1,6 8	7,23	1,45	4	42					
İD			2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	1,45	4	40					
İD			2,55	2,7 0	6,8 9			6,885	1,45	4	40					
İK			2,1	0,8 0	1,6 8			1,68	2,1	4	14					
TT-1			3,3	2,5 5	8,4 2			8,415	0,61	6	31					
CC-1			3,3	2,5 5	8,4 2			8,415	0,58	31	151					
İD-1					0,0 0			0	0	0	0					
CC-1					0,0 0			0		0	0					
TT-1					0,0 0			0	0	0	0					
TG-1					0,0 0			0	0	0	0					
TT-1					0,0 0			0	0	0	0					
İD-1					0,0 0			0	0	0	0					
											663	7	0	5	1,12	742
İnfilitrasyon kaybı Q _s = S a.l.R.H.Dt.Ze Q _s = 390																
a= 2 R= 0,7 Ze = 1 l= 3,7 H = 2,43 Δ t = 31																
Toplam Isı Kaybı Q _T = 1132																

8.2. MODEL DENKLEMLERİ VE FONKSİYONLARI

$$\text{Harcanan_Isi}(t) = \text{Harcanan_Isi}(t - dt) + (\text{isi_girisi}) * dt$$

$$\text{INIT Harcanan_Isi} = 0$$

GİRDİLER:

$$\text{isi_girisi} = \text{gereken_isi_phi_HC} / \text{duzeltme_katsayisi}$$

$$\text{Ic_Ortam_Isisi}(t) = \text{Ic_Ortam_Isisi}(t - dt) + (\text{gereken_isi_phi_HC} + \text{isi_kazaclari} - \text{isi_cikisi}) * dt$$

$$\text{INIT Ic_Ortam_Isisi} = \text{ayarlanan_sicaklik} * \text{ic_ortam_isinma_isisi_termal_kutle}$$

GİRDİLER:

$$\text{gereken_isi_phi_HC} = \text{ayarlanan_ic_hava_sicaklik_farki} * \text{ic_ortam_isinma_isisi_termal_kutle} + \text{net_isi_kaybi}$$

$$\text{isi_kazaclari} = \text{IC.ic_kazanclardan_ic_ortama_gecen_isi_phi_ia} * 0 +$$

$$\text{AYDINLATMA.isitma_toplam_enerji_Q_L_t} * 0$$

ÇIKTILAR:

$$\text{isi_cikisi} = \text{dis_hava_ic_hava_sicaklik_farki} * \text{birim_isi_gecis}$$

$$\text{ayarlanan_ic_hava_sicaklik_farki} = \text{ayarlanan_sicaklik} - \text{ic_hava_sicakligi_T_ia}$$

$$\text{ayarlanan_sicaklik} = 24$$

$$\begin{aligned} \text{birim_isi_gecis} = & \text{YATAK_ODASI.birim_isi_gecis_yatak_odasi} + \text{HOL.birim_isi_gecis_hol} \\ & + \text{BANYO.birim_isi_gecis_banyo} + \text{ANTRE_ve_OTURMA.birim_isi_gecis_antre_ve_oturma_odasi} \\ & + \text{MUTFAK.birim_isi_gecis_mutfak} + \text{SALON.birim_isi_gecis_salon} \\ & + \text{WC.birim_isi_gecis_wc} + \text{ODA.birim_isi_gecis_oda} \end{aligned}$$

$$\text{dis_hava_ic_hava_sicaklik_farki} = \text{ic_hava_sicakligi_T_ia} - \text{dis_hava_sicakligi_T_e}$$

$$\text{dis_hava_sicakligi_T_e} = \text{GRAPH}(\text{TIME}\{ \text{Düzce, 21/8/2014 - 19/12/2014} \\ \text{AccuWeather} \})$$

$$(0.00, 1.00), (0.167, -2.00), (0.333, 6.00), (0.5, 14.0), (0.667, 10.0), (0.833, 5.00), (1.00, 1.00), (1.17,$$

$$-4.00), (1.33, 5.00), (1.50, 13.0), (1.67, 10.0), (1.83, 7.00), (2.00, 3.00), (2.17, 0.00), (2.33, 8.00), (2.50,$$

15.0), (2.67, 11.0), (2.83, 6.00), (3.00, 2.00), (3.17, -3.00), (3.33, 5.00), (3.50, 13.0), (3.67, 9.00), (3.83, 6.00), (4.00, 2.00), (4.17, -2.00), (4.33, 9.00), (4.50, 19.0), (4.67, 14.0), (4.83, 9.00), (5.00, 4.00), (5.17, -1.00), (5.33, 6.00), (5.50, 13.0), (5.67, 9.00), (5.83, 5.00), (6.00, 1.00), (6.17, -3.00), (6.33, 5.00), (6.50, 12.0), (6.67, 8.00), (6.83, 5.00), (7.00, 1.00), (7.17, -3.00), (7.33, 4.00), (7.50, 10.0), (7.67, 9.00), (7.83, 7.00), (8.00, 6.00), (8.17, 4.00), (8.33, 9.00), (8.50, 13.0), (8.67, 11.0)...

duzeltme_katsayisi = 1850

Gerçeklesen_Harcanan_Isi = GRAPH(TIME)

(0.00, 0.00), (32.0, 234), (61.0, 420), (90.0, 569), (123, 635), (153, 645), (216, 671), (278, 728), (306, 837), (336, 1036), (369, 1423), (397, 1637), (425, 1851), (455, 1986), (488, 2084), (517, 2105)

ic_hava_sicakligi_T_ia = Ic__Ortam_Isisi / ic_ortam_isinma_isisi_termal_kutle

ic_ortam_isinma_isisi_termal_kutle = 300000{kJ/K}

net_isi_kaybi = isi_cikisi - isi_kazaclari

ANTRE ve OTURMA:

a = 2

alan_cati = (7.68 * 3.00)

alan_disari_bakan_pencere = (2.00 * 1.35)

alan_dis_kapi_guney = (2.10 * 0.90)

alan_tabani_toprak_temasli_kisim = (7.68 * 3.00)

alan_tugla_dis_duvar_bati = (2.65 * 2.70) - 4.46

alan_tugla_dis_duvar_guney = (3.32 * 2.70) - 1.68

alan_tugla_dis_duvar_guney_1 = (1.13 * 2.70) - 1.68

birim_isi_gecis_antre_ve_oturma_odasi = birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney +

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney_1} + \text{birim_isi_gecis_dis_kapi} + \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_bati} + \text{birim_isi_gecis_cati} + \text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kismi} + \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere} + \text{infiltrasyon}$

$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$

$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere} = \text{alan_disari_bakan_pencere} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere}$

$\text{birim_isi_gecis_dis_kapi} = \text{alan_dis_kapi_guney} * \text{isi_gecis_katsayisi_dis_kapi_guney}$

$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_bati} = \text{alan_tugla_dis_duvar_bati} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_bati}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney} = \text{alan_tugla_dis_duvar_guney} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney_1} = \text{alan_tugla_dis_duvar_guney_1} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney_1}$

$H = 2.43$

$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$

$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere} = 2.6$

$\text{isi_gecis_katsayisi_dis_kapi_guney} = 3.5$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_bati} = 0.9$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney} = 0.9$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney_1} = 0.9$

$l = 19$

$R = 0.9$

$Ze = 1$

AYDINLATMA:

$$\text{birim_elektrik_ampul_gucu} = 860$$

$$\text{elektrik_ampul_gucu} = \text{birim_elektrik_ampul_gucu} * \text{elektrik_ampul_sayisi}$$

$$\text{elektrik_ampul_sayisi} = 9$$

$$\text{isitma_toplam_enerji_Q_L_t} = \text{elektrik_ampul_gucu}$$

BANYO:

$$a = 2$$

$$\text{alan_cati} = (1.70 * 2.55)$$

$$\text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} = (0.60 * 0.70)$$

$$\text{alan_ic_kapi} = 3.52$$

$$\text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} = (1.70 * 2.55)$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} = (2.55 * 2.70)$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} = (1.70 * 2.70) - 0.42$$

$$\text{birim_isi_gecis_banyo} = \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} + \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} +$$

$$\text{birim_isi_gecis_cati} + \text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} +$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} + \text{birim_isi_gecis_ic_kapi} + \text{infiltrasyon}$$

$$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} = \text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey}$$

$$\text{birim_isi_gecis_ic_kapi} = \text{alan_ic_kapi} * \text{isi_gecis_katsayisi_ic_kapi}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} = \text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} = \text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} *$$

isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey

H = 2.43

infiltrasyon = a * R * Ze * l * H

isi_gecis_katsayisi_cati = 0.58

isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey = 2.6

isi_gecis_katsayisi_ic_kapi = 0.13

isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim = 0.61

isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu = 0.9

isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey = 0.9

l = 2.8

R = 0.9

Ze = 1.2

HOL:

a = 2

alan_cati = (4.00 * 2.27)

alan_disari_bakan_pencere_kuzey = (0.50 * 0.70)

alan_tabani_toprak_temasli_kisim = (4.00 * 2.27)

alan_tugla_dis_duvar_kuzey = (1.00 * 2.70)

birim_isi_gecis_cati = alan_cati * isi_gecis_katsayisi_cati

birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey = alan_disari_bakan_pencere_kuzey *

isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey

birim_isi_gecis_hol = birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey + birim_isi_gecis_cati +

birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim

+birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey +infiltrasyon

birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim = alan_tabani_toprak_temasli_kisim *

isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} = \text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey}$

$H = 2.43$

$\text{infiltrasyon} = a * R * Z_e * l * H$

$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey} = 2.6$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey} = 0.9$

$l = 2$

$R = 0.9$

$Z_e = 1.2$

İÇ:

$\text{birim_elektrikli_cihaz_gucu} = 860$

$\text{elektrikli_cihaz_gucu} = \text{birim_elektrikli_cihaz_gucu} * \text{elektrikli_cihaz_sayisi}$

$\text{elektrikli_cihaz_sayisi} = 8$

$\text{ic_kazanclardan_ic_ortama_gecen_isi_phi_ia} = \text{elektrikli_cihaz_gucu}$

MUTFAK:

$a = 2$

$\text{alan_cati} = (4.77 * 4.22)$

$\text{alan_disari_bakan_kapi_penceresi_bati} = 2.00 * 1.35$

$\text{alan_disari_bakan_kapi_penceresi_guney} = 2.00 * 1.35$

$\text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} = 0.60 * 0.65$

$\text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} = (4.77 * 4.22)$

$\text{alan_tugla_dis_duvar_guney} = (3.06 * 2.70) - 2.70$

$\text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} = (5.24 * 2.70) - 0.39$

$\text{alan_tugla_dis_duvar_bati} = (4.77 * 2.70) - 2.70$

$$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_kapi_penceresi_bati} = \text{alan_disari_bakan_kapi_penceresi_bati} * \text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_kapi_penceresi_bati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_kapi_penceresi_guney} = \text{alan_disari_bakan_kapi_penceresi_guney} * \text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_kapi_penceresi_guney}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} = \text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} * \text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey}$$

$$\text{birim_isi_gecis_mutfak} = \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} + \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_bati} +$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney} + \text{birim_isi_gecis_cati} +$$

$$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} + \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} +$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_kapi_penceresi_guney} + \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_kapi_penceresi_bati} + \text{infiltrasyon}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} * \text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_bati} = \text{alan_tugla_dis_duvar_bati} * \text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_bati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney} = \text{alan_tugla_dis_duvar_guney} * \text{isi_gecis_katsayisi_dis_duvar_guney}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} = \text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} * \text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey}$$

$$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$$

$$\text{infiltrasyon} = 0.58$$

$$\text{infiltrasyon} = 0.58$$

$$\text{infiltrasyon} = 0.58$$

$$H = 2.43$$

$$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$$

$$\text{infiltrasyon} = 0.58$$

$isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_kapi_penceresi_bati = 2.6$

$isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_kapi_penceresi_guney = 2.6$

$isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey = 2.6$

$isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim = 0.61$

$isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_bati = 0.9$

$isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey = 0.9$

$isi_gecis_katsayisi_dis_duvar_guney = 0.9$

$l = 13.4$

$R = 0.9$

$Ze = 1$

ODA:

$a = 2$

$alan_cati = (2.55 * 3.30)$

$alan_disari_bakan_pencere_kuzey = (1.35 * 1.35)$

$alan_tabani_toprak_temasli_kisim = (2.55 * 3.30)$

$alan_tugla_dis_duvar_kuzey = (3.30 * 2.70) - 1.82$

$birim_isi_gecis_cati = alan_cati * isi_gecis_katsayisi_cati$

$birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey = alan_disari_bakan_pencere_kuzey *$

$isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey$

$birim_isi_gecis_oda = birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey + birim_isi_gecis_cati +$

$birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim$

$+ birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey + infiltrasyon$

$birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim = alan_tabani_toprak_temasli_kisim *$

$isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim$

$birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey = alan_tugla_dis_duvar_kuzey *$

$isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey$

$$H = 2.43$$

$$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey} = 2.6$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey} = 0.9$$

$$l = 3.7$$

$$R = 0.7$$

$$Ze = 1$$

SALON:

$$a = 2$$

$$\text{alan_cati} = (11.68 * 3.00)$$

$$\text{alan_disari_bakan_pencere} = (12.825 * 1.35)$$

$$\text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} = (11.68 * 3.00)$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_bati} = (2.32 * 2.70) - 2.70$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} = (4.33 * 2.70) - 3.38$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_guney} = (6.64 * 2.70) - 6.75$$

$$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere} = \text{alan_disari_bakan_pencere} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere}$$

$$\text{birim_isi_gecis_salon} = \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney}$$

$$+ \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} + \text{birim_isi_gecis_cati} + \text{birim_isi_gecis_tabani_}$$

$$\text{toprak_temasli_kisim} + \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere}$$

$$+ \text{birim_isi_gecis_tugla_ic_duvar_bati} + \text{infiltrasyon}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} = \text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_guney} = \text{alan_tugla_dis_duvar_guney} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney}$$

$$\text{birim_isi_gecis_tugla_ic_duvar_bati} = \text{alan_tugla_dis_duvar_bati} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_ic_duvar_bati}$$

$$H = 2.43$$

$$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere} = 2.6$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu} = 0.9$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_guney} = 0.9$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_ic_duvar_bati} = 0.9$$

$$l = 15$$

$$R = 0.7$$

$$Ze = 1$$

WC:

$$a = 2$$

$$\text{alan_cati} = (2.55 * 1.20)$$

$$\text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} = (0.50 * 0.70)$$

$$\text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} = (2.55 * 1.20)$$

$$\text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} = (1.20 * 2.70) - 0.35$$

$$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$$

$$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} = \text{alan_disari_bakan_pencere_kuzey} *$$

$$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey}$$

$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} = \text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey}$

$\text{birim_isi_gecis_wc} = \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} + \text{birim_isi_gecis_cati} +$

$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim}$

$+ \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_kuzey} + \text{infiltrasyon}$

$H = 2.43$

$\text{infiltrasyon} = a * R * Ze * l * H$

$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_kuzey} = 2.6$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey} = 0.9$

$l = 2.4$

$R = 0.9$

$Ze = 1$

YATAK ODASI:

$a = 2$

$\text{alan_cati} = (5.00 * 2.59)$

$\text{alan_disari_bakan_pencere_dogu} = (2.50 * 1.35)$

$\text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} = (5.00 * 2.59)$

$\text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} = (4.00 * 2.70) - 3.38$

$\text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} = (1.55 * 2.70)$

$\text{birim_isi_gecis_cati} = \text{alan_cati} * \text{isi_gecis_katsayisi_cati}$

$\text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_dogu} = \text{alan_disari_bakan_pencere_dogu} *$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_dogu}$

$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim} = \text{alan_tabani_toprak_temasli_kisim} \cdot$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} = \text{alan_tugla_dis_duvar_dogu} \cdot$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu}$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} = \text{alan_tugla_dis_duvar_kuzey} \cdot$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey}$

$\text{birim_isi_gecis_yatak_odasi} = \text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_dogu} +$

$\text{birim_isi_gecis_tugla_dis_duvar_kuzey} + \text{birim_isi_gecis_cati} +$

$\text{birim_isi_gecis_tabani_toprak_temasli_kisim}$

$+ \text{birim_isi_gecis_disari_bakan_pencere_dogu} + \text{infiltrasyon}$

$H = 2.43$

$\text{infiltrasyon} = a \cdot R \cdot Z_e \cdot l \cdot H$

$\text{isi_gecis_katsayisi_cati} = 0.58$

$\text{isi_gecis_katsayisi_disari_bakan_pencere_dogu} = 2.6$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tabani_toprak_temasli_kisim} = 0.61$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_dogu} = 0.9$

$\text{isi_gecis_katsayisi_tugla_dis_duvar_kuzey} = 0.9$

$l = 3.7$

$R = 0.9$

$Z_e = 1$

8.3. DOĞALGAZ KULLANIMI TABLOSU

M3	DONEM	TÜKETİM BEDELİ	TUKKWH	FATURA TUTARI
309,9	17/01/2014	319,33	3289,865	321,89
234,136	18/02/2014	241,53	2486,628	244,52
186,792	19/03/2014	193,78	1990,551	195,9
149,066	17/04/2014	155,37	1593,277	157,4
66,33	20/05/2014	69,21	708,986	71,35
10,912	19/06/2014	11,39	116,68	11,96
26,298	21/08/2014	27,53	282,079	27,62
57,014	22/10/2014	61,47	612,838	61,73
109,872	19/11/2014	123,52	1170,609	123,52
199,485	19/12/2014	224,51	2126,06	224,51
387,375	21/01/2015	436,88	4138,04	436,88
214,245	18/02/2015	241,69	2290,88	245,05
214,24	18/03/2015	242,76	2301,24	244,35
135,66	17/04/2015	155,91	1461,198	157,92
98,392	20/05/2015	114,32	1060,363	115,61
21,758	18/06/2015	25,35	234,791	26,35



AKSA DÜZCE EREĞLİ DOĞALGAZ
DAĞITIM A.Ş.
Kurtlar Adası: Eregli Mah. Çarşıya Bn. No: 13
Tel: 0366 514 11 33 - Fax: 0366 514 11 88 - 02206
Ticaret Sic. No: 9891 - Odeme V.D. No: 9891
Web Adresi: www.aksagaz.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Dilara GÖKÇEN ÜNER
Doğum Tarihi ve Yeri : 05/06/1989 - Fatsa
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca
E-posta : dilara_gokcen@hotmail.com
dilaragokcen@duzce.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Mimarlık	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	2012
Lise		Fatsa Anadolu Lisesi	2007