

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALIN YÖNTEMLERİN UYGULANMASI :
SOĞUTUCU FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kazım Onur ALBAYRAK

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

ARALIK 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALIN YÖNTEMLERİN UYGULANMASI :
SOĞUTUCU FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kazım Onur ALBAYRAK
(301171040)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Özgür KAYALICA

ARALIK 2019

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301171040 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Kazım Onur ALBAYRAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALIN YÖNTEMLERİN UYGULANMASI : SOĞUTUCU FABRİKASINDA BİR UYGULAMA” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	Prof. Dr. M.Özgür KAYALICA İstanbul Teknik Üniversitesi	
Jüri Üyeleri :	Prof. Dr. Üner ÇOLAK İstanbul Teknik Üniversitesi	
	Doç. Dr. Barış SELÇUK Bahçeşehir Üniversitesi	

Teslim Tarihi : 15 Kasım 2019
Savunma Tarihi : 06 Aralık 2019

Aileme ,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bana her konuda destek olan, ve yol gösteren Prof. Dr. Gülgün KAYAKUTLU, ve danışmanım Prof. Dr. Mehmet Özgür KAYALICA hocalarıma çok teşekkür ederim.

B/S/H firmasında beraber çalıştığım ekibimde, başta yöneticim Reha ÖZKAN olmak üzere tüm RTC/PRF-TP ekibine desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Anket çalışmama katılarak vakit ayıran, ve değerli yorumlarını benimle paylaşan fabrikadan arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelmemi sağlayan en değerli varlığım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2019

Kazım Onur ALBAYRAK
(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY... ..	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Kapsamı.....	2
1.2 Tezin Aşamaları	3
2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ	5
2.1 Enerji Verimliliği Tanımı.....	5
2.2 Enerji Verimliliğinin Dünyada ve Türkiye’de Tarihçesi	6
2.3 Türkiye’nin Enerji Verimliliğinde Dünyadaki Durumu.....	7
2.4 Enerji Verimliliğinin Uygulama Alanları	9
2.5 Sanayide Enerji Verimliliği Arttırıcı Uygulamalar	11
2.6 Türkiye’de Sanayide Örnek Çalışmalar	12
2.7 Enerji Verimliliğinin Faydaları	13
3. YALIN ÜRETİM VE DEĞER AKIŞ HARİTALARI.....	15
3.1 Yalın Üretim Kavramı.....	15
3.2 Yalın Üretimin Tarihçesi.....	15
3.3 Yalın Üretimin Temel Değerleri	17
3.4 Yalın Üretimin Temel İlkeleri.....	18
3.5 Yalın Üretimde İsraf Kalemleri.....	18
3.6 Yalın Üretim Teknikleri	19
3.7 Yalın Enerji Kavramı	21
3.8 Değer Akış Haritalama Kavramı	21
3.9 Değer Akış Haritalama Metodolojisi	22
3.9.1 Verinin toplanması	22
3.9.2 Güncel durum haritası	23
3.9.3 Değer akış haritası araçları.....	23
3.9.4 Gelecek durum haritası	23
3.10 Değer Akış Haritalamanın Avantajları ve Dezavantajları.....	24
4. DEĞER AKIŞ HARİTALARININ ENERJİDE KULLANIMI	27
4.1 Yalın Analiz	27
4.2 Enerji Verimliliği Etüdü.....	28
4.3 Bayes Ağları.....	29
4.3.1 Bayes ağı kavramı	29
4.3.2 Bayes ağı yapısı	29
4.3.3 Bayes teoremi.....	30

4.3.4 Bayes ağlarında bağlantı tipleri.....	31
4.3.5 Bayes ağı oluşturma aşamaları.....	33
4.3.6 Bayes ağlarının avantajları.....	35
4.3.7 Bayes ağlarının dezavantajları.....	35
4.3.8 Bayes ağı modelleme programı : netica.....	36
5. UYGULAMA.....	39
5.1 Soğutucu Fabrika Üretim Prosesi.....	39
5.2 Enerji Değer Akış Haritasında Darboğazların Belirlenmesi.....	43
5.3 İşletmenin Sahip Olduğu Kaynaklar.....	43
5.4 Darboğazlar İçin Çözüm Alternatifleri.....	44
5.5 Değişkenlerin Bayes Yapısına Uygun Hale Getirilmesi.....	45
5.6 Olasılık Değerleri İçin Anket Çalışması.....	49
5.6.1 İşletme kaynak değişkenleri anketi.....	49
5.6.2 Çözüm alternatifleri anketi.....	50
5.6.3 Darboğaz anketi.....	50
5.7 Senaryo Analizlerinin Elde Edilmesi.....	51
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
6.1 Senaryoların Değerlendirilmesi.....	55
6.1.1 Güncel durum senaryosu.....	55
6.1.2 En iyi durum senaryosu.....	57
6.1.3 En kötü durum senaryosu.....	59
6.2 Duyarlılık Analizleri.....	61
6.2.1 Bütçe duyarlılık analizi.....	61
6.2.2 Enerji verimli yeni makine duyarlılık analizi.....	63
6.2.3 Enerji verimliliği projeleri duyarlılık analizi.....	63
6.2.4 Makine enerji verimliliği artışı duyarlılık analizi.....	64
6.2.5 Thermoforming duyarlılık analizi.....	65
6.3 Öneriler.....	65
7. KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	71

KISALTMALAR

BA	: Bayes Ağı
BSH	: Bosch Siemens Ev Aletleri
DAH	: Değer Akış Haritası
E-DAH	: Enerji Değer Akış Haritası
EV	: Enerji Verimliliği

SEMBOLLER

P	: Olasılık(probability)
P(A)	: A Durumunun Gerçekleşme Olasılığı
P(B)	: B Durumunun Gerçekleşme Olasılığı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 2018 yılı enerji verimliliği ülke sıralamaları.	7
Çizelge 2.2 : Türkiye’den verimlilik arttırıcı proje örnekleri.	13
Çizelge 3.1 : Üretim sistemlerinin karşılaştırılması.	17
Çizelge 5.1 : İşletme kaynak değişkenleri anketi.	49
Çizelge 5.2 : Çözüm alternatifleri anketi örneği.	50
Çizelge 5.3 : Darboğaz anketi örneği.	51
Çizelge 6.1 : Genel değerlendirme.	61
Çizelge 6.2 : Bütçe duyarlılık analizi : parametreler.	62
Çizelge 6.3 : Bütçe duyarlılık analizi : darboğazlar.	62
Çizelge 6.4 : Enerji verimli yeni makine duyarlılık analizi.	63
Çizelge 6.5 : Enerji verimliliği projesi duyarlılık analizi.	64
Çizelge 6.6 : Makine enerji verimliliği artışı duyarlılık analizi.	64
Çizelge 6.7 : Thermoforming duyarlılık analizi.	65
Çizelge A.1 : İşletme kaynakları – çözüm alternatifleri ilişki matrisi.	74
Çizelge A.2 : İşletme kaynakları – çözüm alternatifleri ilişki matrisi.	74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 2016 yılı birincil kaynaklar bazında dünyadaki sektörel enerji tüketimi[2].	1
Şekil 1.2 : 2013 yılı Türkiye’de sektörel bazda birincil enerji tüketimi [4].	2
Şekil 2.1 : Enerji verimliliği matematiksel ifadesi.	6
Şekil 2.2 : 2018 yılı enerji verimliliği ülke alt kırılımları [13].	9
Şekil 3.1 : Yalın üretimin temel ilkeleri [30].	18
Şekil 3.2 : Yalın üretimde israf kalemleri.	19
Şekil 3.3 : Değer akış haritası sembolleri.	22
Şekil 3.4 : Değer akış haritası örneği [42].	24
Şekil 4.1 : Bayes ağ yapısı.	30
Şekil 4.2 : Seri bağlantı.	32
Şekil 4.3 : Yakınsayan bağlantı.	32
Şekil 4.4 : Iraksayan bağlantı.	32
Şekil 4.5 : Bayes ağı oluşturma aşamaları.	34
Şekil 4.6 : NETICA bayes ağı gösterimi.	36
Şekil 4.7 : NETICA koşullu olasılık değerleri girilmesi.	37
Şekil 5.1 : Fabrika üretim prosesi şeması.	40
Şekil 5.2 : Fabrika değer akış haritası.	41
Şekil 5.3 : Fabrika enerji değer akış haritası	42
Şekil 5.4 : Bayes öncül yapısı.	46
Şekil 5.5 : Bayes öncül modelin son hali.	47
Şekil 5.6 : Bayes ağı modelinin NETICA’ya girilmiş hali.	48
Şekil 5.7 : Güncel durum NETICA modeli.	52
Şekil 5.8 : En iyi durum senaryosu NETICA modeli.	53
Şekil 5.9 : En kötü durum senaryosu NETICA modeli.	54
Şekil A.1 : Bayes öncül yapısında değişkenler.	73
Şekil A.2 : Bütçe artar durumu için NETICA modeli.	81
Şekil A.3 : Bütçe azalır durumu için NETICA modeli.	82
Şekil A.4 : Enerji verimli yeni makine yatır. yap durumu için NETICA modeli.	83
Şekil A.5 : Enerji verimli yeni makine yatır. yapma durumu için NETICA modeli.	84
Şekil A.6 : Enerji verimliliği projesi yap durumu için NETICA modeli.	85
Şekil A.7 : Enerji verimliliği projesi yapma durumu için NETICA modeli.	86
Şekil A.8 : Makine enerji verimliliği artışı yap durumu için NETICA modeli.	87
Şekil A.9 : Makine enerji verimliliği artışı yapma durumu için NETICA modeli.	88
Şekil A.10 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yap durumu için NETICA modeli.	89
Şekil A.11 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yapma durumu için NETICA modeli.	90

ENERJİ VERİMLİLİĞİNDE YALIN YÖNTEMLERİN UYGULANMASI : SOĞUTUCU FABRİKASINDA BİR UYGULAMA

ÖZET

Globalleşen dünyada teknolojiye yaşanan son gelişmelerle beraber enerji ihtiyacı, ve tüketimi günden güne artmaktadır. Enerji, birçok sektör için ana hammadde konumundadır, bu yüzden birçok sektör enerji üzerinde yeni çalışmalar geliştirmekte, ve enerjinin en güvenli şekilde temin edilmesi için çalışmaktadır. Bu sektörlerin başında sanayi sektörü gelmektedir. Sanayi sektörü tarih boyunca enerji ile varolmuş, ve enerjiye bağlı olarak gelişimini sürdürmüştür. Enerji sistemlerinin gelişmesiyle beraber sanayide ürünlerin elde edilmesi kolaylaşmış, ve hızlanmıştır, bu yüzden sanayide enerjinin en uygun şekilde kullanılabilmesi için birçok metot geliştirilmiştir. Aslında en uygun ifadesi ile anlatılmak istenen, kullanılan enerjinin en verimli nasıl kullanılacağıdır, burada verimlilik kavramı devreye girer. Bu sayede enerji verimliliği ifadesi ortaya çıkar.

Enerji verimliliği, enerjinin kullanıldığı tüm süreçlerde, enerjinin en etkin biçimde kullanılması olarak ifade edilir. Son dönemde firmalar arası birçok alanda yaşanan rekabet enerji alanına da sıçramıştır. Enerji demek, aslında işletme için en önemli maliyet kalemlerinden biri demektir, bundan dolayı enerjiyi verimli kullanan işletmeler hem tükettiği enerji için maliyeti azaltmakta, hem de bir adım öne çıkmaktadır.

İşletmelerde verimlilik anlayışı yalın üretim kavramı ile beraber ortaya çıkmıştır. Yalın üretimde amaçlanan, israf olarak görülen, yani oluşturulan değere herhangi bir katkı sağlamayan tüm faaliyetlerin durdurulması işlemidir, bu da bir anlamda verimlilik demektir. İlk etapta üretim bazlı geliştirilen yalın üretim kavramının yıllar ilerledikçe kapsamı da genişlemiştir. Metodoloji olarak birçok sektöre uyduğu anlaşılmıştır. Enerji sektörüne uygulanması da bu şekilde olmuştur. Enerji verimliliği, ve yalın üretim kavramlarının bir araya gelmesi ile de yalın enerji kavramı ortaya çıkmıştır. Yalın enerji, enerji kullanımının verimli hale getirilerek birim ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır.

Değer akış haritaları, işletmelerde üretim prosesinin detaylarını gösteren, ve üretim prosesinin anlaşılmasını sağlayan bir araçtır. Bu haritalar sayesinde üretimdeki darboğazlar rahatlıkla görülebilmektedir. Darboğazlar saptandıktan sonra bu sorunların çözülmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu değer akış haritaları optimum şekilde güncellenmektedir. Değer akış haritaları üretim sistemleri için geliştirilmiştir, fakat birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlardan biri de enerji sektörüdür. Enerji çalışmalarında kullanımı enerjinin yoğun olarak tüketildiği süreçler ile alakalıdır. Bu süreçler darboğazlar olarak belirlenir, ve bu problemlerin çözülmesi amaçlanır. Değer akış haritası da artık enerji değer akış haritasına dönüştürülmüştür. Sonrasında çalışma yapılacak parametreler belirlenir, ve Bayes ağı metodu denilen bir yöntem ile bu parametreler arası ilişkiler saptanır.

Tez kapsamında soğutucu fabrikasında enerji tüketiminin fazla olduğu süreçler belirlenerek , tüketim değerlerinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Tüketimi düşürmek için çözüm alternatifi olarak enerji verimliliği odaklı, yalın yöntemler tercih edilmiştir. Bunlara ek olarak işletmenin sahip olduğu kaynaklar da değerlendirilmeye alınmıştır. Sonuç olarak tüketim değeri fazla olan alanlardan hangisine yatırım yapılacağı kararlaştırılmıştır.

İlk aşama olarak firmadaki uzmanlarla görüşülmüş, ve firmanın enerji verimliliği anlamında genel durumu saptanmıştır, bu sayede firmanın mevcut durumu hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Sonrasında fabrikanın enerji tüketim verileri, ve değer akış haritasından faydalanılarak enerji tüketiminin fazla olduğu alanlar belirlenmiştir. Sonrasında tüketimin fazla olduğu darboğaz alanlarındaki sorunu çözmek için uzmanların, akademik görevlilerin görüşlerine başvurulmuş, ve konu ile alakalı literatür çalışması gerçekleştirilmiştir. Ek olarak işletmenin sahip olduğu kaynaklar değerlendirilmiş, ve belirlenmiştir. Daha sonra işletme kaynakları, çözüm alternatifleri, ve tüketimin fazla olduğu darboğaz kalemleri arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için ilişki matrisi kurulmuştur. Bu sayede hangi parametrenin hangi parametre ile ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkileri belirlerken firmadaki uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. İlişkiler net olarak belirlendikten sonra öncül model kurulmuştur. Öncül model kurulduktan sonra parametreler arası olasılık dağılımları çıkarılmıştır. Olasılık dağılımlarını belirlemek için uzmanlarla üç aşamalı anket çalışması gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada işletme kaynakları , ikinci aşamada işletme kaynakları, ve çözüm alternatifleri arası, son aşamada ise çözüm alternatifleri, ve darboğazlar arası olasılık dağılımları çıkarılmıştır. Olasılık dağılımlarının çıkarımı tamamlandıktan sonra ilgili değerler Bayes ağ metodunu uygulamak için NETICA isimli bir yazılıma aktarılmıştır. Bu yazılım sayesinde darboğazlardaki problemlerin çözülme olasılıkları saptanmıştır. Güncel durumdaki verilerden yararlanarak yazılım yardımıyla senaryolar geliştirilmiş, ve değerlendirilmiştir. Güncel durum, ve senaryo çalışmalarından hareketle, fabrikada hangi darboğaz üzerine yatırım yapılması gerektiği kararlaştırılmıştır. Yatırım yapılması planlanan darboğaz, analizler sonucu tüketim probleminin çözülme olasılığının daha fazla olduğu parametredir. Yatırım yapılacak alan belirlendikten sonra parametre bazlı duyarlılık analizleri yapılarak ilgili çalışma tamamlanmıştır.

APPLICATION OF LEAN METHODS IN ENERGY EFFICIENCY : AN APPLICATION IN REFRIGERATOR FACTORY

SUMMARY

In a globalizing world, as a result of the last technological improvements, energy demand, and consumption are increasing day by day. Energy is one of the major input for many sectors; therefore, these sectors are developing new things on energy, and are working in order to get energy properly. One of the important sector is industry. Industry was always better with improvements on energy at the course of history. The improvements were parallel between industry, and energy. On account of the fact that energy systems were improved better, products that were manufactured in industry could be got easily, and fast; thus, many methods were developed in industry in order to use energy properly. Here, properly actually means using of the energy in an efficient way; hence, new term can be defined. The new term is energy efficiency.

Energy efficiency is the term that energy is alway used efficiently for all energy-consumption processes. In these days, energy field is also affected by competition of companies. Energy means an important cost item for numerous companies; therefore, the companies that are using the energy efficiently can reduce the cost for energy consumption, and this enables the companies to step forward.

Perception of efficiency was discovered in the industries with lean manufacturing. Aim of the lean manufacturing is that all of waste, and non-added value activities must be stopped. This is the other definition of efficiency. Lean manufacturing was firstly developed for production systems; however, many people realized that it could be applied to another sectors as well, and then it was applied to energy sector. By combining of the two term , energy efficiency, and lean manufacturing, new term was defined. This term was lean energy. Lean energy can be defined as reducing energy consumption per unit product by using energy in an efficient way.

Value stream maps show details of manufacturing processes, and enable people to understand the manufacturing processes. It can be thought as an efficient tool. Thanks to these maps, bottlenecks of manufacturing processes can be seen, and realized easily. After setting the bottlenecks, works start in order to solve the problems. After these works, value stream maps are updated. Value stream maps were developed for manufacturing systems, but they are used commonly in many sectors. One of the sector is energy sector. Using these maps in energy sector are related to energy consumption values. If a process consumes energy a lot, it is a bottleneck. After determining all bottlenecks in terms of energy point of view, value stream map turns to energy value stream map. After this point, parameters are determined properly in order to solve bottlenecks. After all parameters are set, Bayesian method is used in order to determine relations between the parameters. Bayesian method enables people to understand the relations between parameters in terms of probability.

In this master thesis, a refrigerator factory was analyzed. Focusing points are processes that consume energy a lot. These processes were determined. Aim is reducing energy consumption values for the related processes. In order to reduce the energy consumption, energy efficiency, and lean oriented methods were preferred. Moreover, resources of the companies were taken into account, in order to evaluate the factory energy situation. The resources are one of the important parameter for the evaluation because they affect all the processes in factory. Without taking into account the factory resources, realistic evaluation cannot be made. At the end of the master thesis, one of the field that consumes energy a lot was decided. Investment will be on this field at the end.

Firstly, a lot of meetings were organized with experts in order to evaluate factory current energy situation. These meetings were really important because the experts also defined energy efficiency conditions in the factory. Experts evaluated the factory condition by taking into account energy, production, manufacturing, and maintenance dynamics. On account of the fact that there were many fields that were taken into account, results were more realistic.

After that energy consumption of the factory was analyzed. This enabled us to understand which process consumes more energy. This information was combined with energy value stream map. Moreover, combined information enabled us to determine bottlenecks of the factory in terms of energy point of view.

After determining the bottlenecks, problems were tried to be solved. In order to solve the problems, three things were made. The process was started by receiving the experts comments, academicians comment , and making a detailed literature research. As a result of this, solution alternatives were decided.

After deciding the solution alternatives, resources of the factory were evaluated. As a result, totally , the factory resources, bottlenecks, and solution alternatives for bottlenecks were set. In order to understand relations between these three main topic (factory resources, bottlenecks, and solution alternatives) , relation matrice was formed. In order to form the matrice, the one another session was organized with the experts. As a result, relations between parameters were determined.

After determining the relations between parameters, early model was formed. This model showed exact relations between parameters without probability values. After forming the model, probability values were determined by organizing a poll with the experts. This poll consisted of three steps. The first step was evaluating the factory resources in terms of probability values. The second step was evaluating the factory resources, and solution alternatives at the same time. The last step is evaluating the solution alternatives, and bottlenecks at the same time.

After completing all probability values, these values were used by using a software called NETICA in order to apply Bayesian network. This software enabled us to determine probability values of bottlenecks in terms of getting the solution.

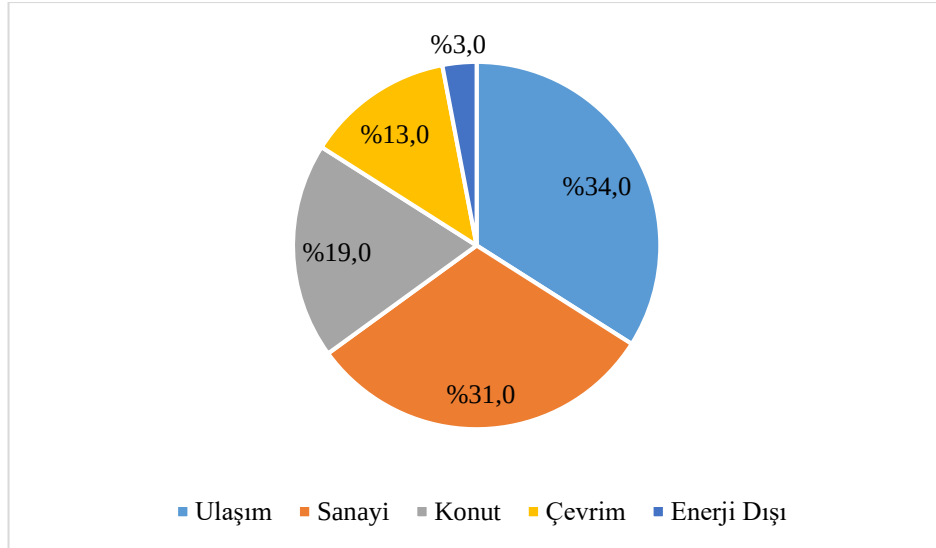
After receiving the results for current energy situation of the factory, scenarios were developed in order to determine the situation. In addition to the current energy evaluation, the best scenario, and the worst scenario were developed. In the best scenario, it was assumed that all of the factory resources were maximum in terms of probability values. In the worst scenario, it was assumed that all of the factory resources were minimum in terms of probability values.

After evaluating the current energy situation, the best scenario, and the worst scenario, bottleneck were decided for investment. This bottleneck had highest probability value.

After making the decision for investment, sensitivity analyses were made in order to determine sub details.

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünyada teknolojinin gelişmesiyle beraber enerji ihtiyacı , ve tüketimi günden güne artmaktadır. Enerji, bir değer ortaya çıkaran birçok kurum için ana girdi konumundadır, bu yüzden enerji üzerine çalışma yürüten kurumların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Buradaki ana amaç, hali hazırda kullanılan enerjinin daha verimli olarak nasıl kullanılacağına saptanmasıdır, çünkü enerji kullanımı firmalar için bir anlamda ana maliyet kalemlerinden biridir. Maliyeti azaltmak için kullanılan enerjinin verimli kullanılması şarttır. Dünya üzerinde birçok sektörde enerji farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Alt kırılım detaylarına girildiğinde karşımıza birçok farklı alan çıkar, en genel anlamda sınıflandırma yapılırsa bu alanlar; ulaşım, sanayi, konut, çevrim, ve enerji dışı sektörler olarak düşünülebilir [1]. Bu çalışmada ana sektör olarak sanayi sektörü ele alınacaktır. Dünya üzerinde birincil kaynaklar bazında sektörel enerji tüketimi Şekil 1.1’de belirtilmiştir.

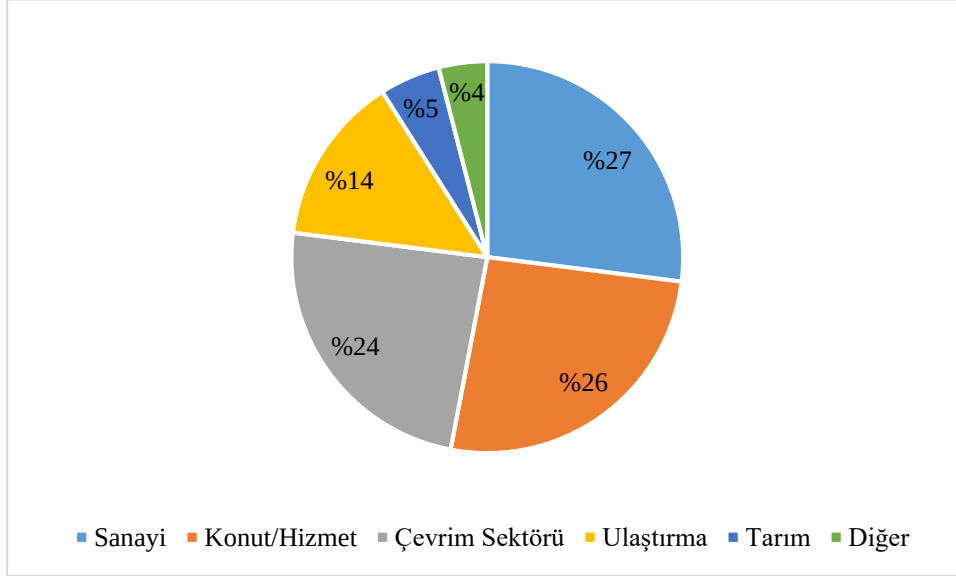


Şekil 1.1 : 2016 yılı birincil kaynaklar bazında dünyadaki sektörel enerji tüketimi[2].

Dünyada enerji, birincil kaynaklar bazında en çok ulaşım alanında tüketilmektedir. Ulaşımı bu çalışmanın ana odağı olan sanayi sektörü izlemektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin başında gelen Türkiye’nin enerji tüketimi de günden güne artmaktadır. Ülkemizde Enerji, ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın da teşvikiyle

beraber enerji alanında yapılan çalışmalar artış göstermiştir. Devlet düzeyinde enerjiyi verimli kullanan firmalara birtakım teşvikler, ve yardımlar yapılmaktadır. Firmalar tarafından verilen taahhütlerle beraber geri ödeme sürelerine göre firmalara, proje bazında destek verilmektedir [3]. Bu da Türkiye’de birçok firmanın enerjiyi verimli kullanma noktasında önemli gelişmeler göstermesi için devlet düzeyinde bir politika izlendiğini bize göstermektedir. Türkiye’de birincil enerji tüketiminin sektörel bazda dağılımı Şekil 1.2’ de ifade edilmiştir.



Şekil 1.2 : 2013 yılı Türkiye’de sektörel bazda birincil enerji tüketimi [4].

Görüldüğü üzere Türkiye’de enerji tüketiminin yoğun olduğu sektörlerin başında sanayi gelmektedir, bu da bize sanayi sektöründe enerji çalışmalarının ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir.

1.1 Tezin Kapsamı

Bu tez çalışması, beyaz eşya alanında faaliyet gösteren, ve üretim fabrikası Tekirdağ’da bulunan BSH (Bosch Siemens Ev Aletleri) firmasının solo soğutucu fabrikası için gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada enerji verimliliği açısından fabrikanın durumu incelenmiş, güncel durum değerlendirilmesini yapılarak, enerji verimlilik potansiyelleri belirlenmiştir. Sonrasında ise senaryolar geliştirilerek firmanın enerji verimliliği açısından ilerleyen yıllarda hangi yöne doğru gideceği saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın detayları uygulama kısmında ifade edilecektir.

1.2 Tezin Aşamaları

Tez kapsamında ilk olarak firmadaki uzmanlar ile görüşülerek, uzmanların firmanın enerji verimliliği ile alakalı görüşleri alınmıştır. Sonrasında değer akış haritasından yararlanarak firmanın enerji tüketimi açısından darboğazları saptanmıştır. Darboğazlara çözüm bulmak amacıyla, uzmanların, benim, ve danışmanlarımın önerileriyle beraber çözüm alternatifleri belirlenmiştir. Daha sonra işletmenin sahip olduğu kaynaklar, darboğazlar, ve çözüm alternatifleri bir araya getirilerek, bu parametreler arası ilişkileri ifade eden ilişki matrisi elde edilmiştir. İlişki matrisinde hangi parametrelerin, hangi parametrelerle ilişkisi olduğu saptanmış, ve model oluşturulmuştur. Model oluşturulduktan sonra parametreler, uzmanlarla beraber tekrar değerlendirilerek durumların olasılık değerleri elde edilmiştir. Olasılık değerleri firmada uzmanlarla beraber yapılan bir anket ile belirlenmiştir. Olasılık değerleri Bayes ağ yönteminin uygulanmasında kullanılmıştır. Bayes ağ yöntemiyle beraber kompleks ilişkilerin, birbirine bağlı olarak olasılık anlamında nasıl değiştiği saptanmıştır. Güncel durum bilgisi elde edildikten sonra senaryo çalışmaları yapılmıştır. Senaryo çalışmalarından hareketle fabrikada yatırımın hangi parametre üzerine olacağı, ve ilerleyen yıllarda firmanın enerji verimliliği stratejisinin ne olacağı saptanmaya çalışılmıştır. Bu değerlendirmelerle beraber tez çalışması tamamlanmıştır.

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

2.1 Enerji Verimliliği Tanımı

Enerji verimliliği kavramı birçok kurum, ve kuruluş tarafından tanımlanmış bir kavramdır. Kapsamı bakımından birçok kavram ile iç içedir. Bazı enerji verimliliği tanımları ifade edilirse :

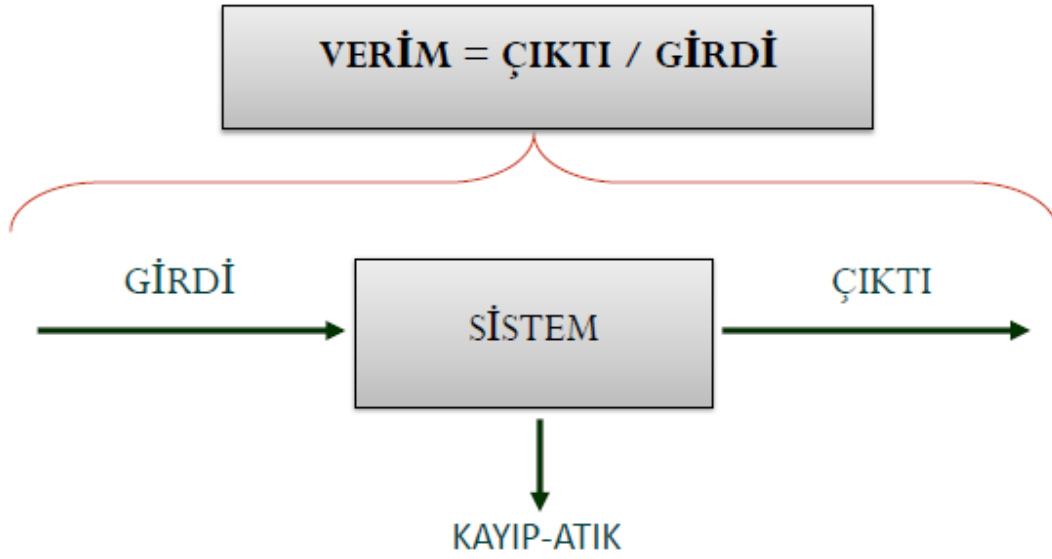
- Enerji verimliliği ; devletlerin enerji güvenliğini , çevresel sürdürülebilirliğini, ve ekonomik performansını artıran anahtar parametrelerden biridir [5].
- Enerji verimliliği ; enerji ile alakalı proseslerde enerjinin mümkün olduğunca etkin bir şekilde kullanılmasıdır [6].
- Enerji verimliliği ; yeni teknolojilerden faydalanılarak enerji tasarrufu sağlanmasıdır [7].

Enerji verimliliği ile alakalı en kapsamlı tanım ise aşağıdaki gibidir, enerji verimliliği tanımıda belirtilen ifadelerin kesişiminde yer alan bir kavramdır [8].

- Enerjiden kaynaklanan maliyetlerin ekonomiye olan etkisinin azaltılması
- Enerji arz güvenliğinin sağlanması
- Dışa bağımlılığa neden olan risklerin minimuma indirilmesi
- Karbon tüketiminin azaltılması
- Çevrenin korunması

Enerji verimliliği aynı zamanda matematiksel olarak da ifade edilebilmektedir. Basit olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. Şekil 2.1’de ise basit şekilde bir blok diyagram üzerinde gösterilmiştir.

- **Enerji Verimliliği(EV) : Çıktı / Girdi**



Şekil 2.1 : Enerji verimliliği matematiksel ifadesi.

2.2 Enerji Verimliliğinin Dünyada ve Türkiye’de Tarihçesi

Dünyada ilk EV çalışmaları 1970’li yıllarda başlamıştır, 1980’li yıllardan itibaren EV, bir strateji olarak devletler düzeyinde önem kazanmıştır. EV çalışmalarının 1970’li yıllarda başlamasının en büyük nedeni, enerji fiyatlarında negatif yönde tahmin edilemeyen dalgalanmalar, ve petrol üzerinde hakim olan devletlerin politikalarıdır. Başta birçok Avrupa devleti, Japonya, ve ABD bu duruma tepki göstermiştir, bu sayede EV projeksiyonu birçok ülkeye yayılma fırsatı bulmuştur. Dünya üzerinde Japonya, ve ABD tarafından oluşturulan politikalar birçok devlet için örnek teşkil etmiştir. Avrupa tarafında ise EV politikaların geliştirilmesi ile alakalı Avrupa Birliği örnek olmuştur. Birçok yeni mevzuat çıkartılarak Avrupa Birliği ülkelerinin bu mevzuatlara uyması zorunlu hale getirilmiştir, bu sayede EV bilinci oluşturulmaya çalışılmıştır [9].

Türkiye’de ise dünyadaki gelişmeler takip edilmiştir. İlk kez 1981 yılında Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) ‘nde yeni bir yapı oluşturulmuştur, bu sayede EV çalışmaları temel olarak başlatılmıştır. Ek olarak 1995-1996 yıllarında Japon uzman kişilerin desteğiyle beraber yeni çalışmalar yapılmıştır. Japonya ile devletler düzeyinde bir antlaşma imzalanmıştır. Yapılan bu antlaşma ‘ Türk Endüstrisinde Enerjinin Rasyonel Kullanımı ’ antlaşmasıdır, bu antlaşmayla beraber birçok farklı sanayi sektöründe çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak belirlenen sektörlerde enerji etütleri yapılmış, ve EV arttırıcı kalemler bulunmaya çalışılmıştır [10].

Ek olarak günümüz enerji verimliliği stratejileri için ülkemizde birtakım kanunlar, ve mevzuatlar yürürlüğe girmiştir. Yasal düzenlemeler ülkemizde EV'nin bir devlet politikası haline getirilmeye çalışıldığının bir göstergesidir. Birçok mevzuat, ve kanun devreye alınmasına rağmen aşağıda belirtilen üç tanesi en önemlileri olarak görülebilir. Bunlar kısaca ifade edilirse :

- **Enerji Verimliliği Kanunu** : 2007 yılında devreye alınmıştır [11].
- **Enerji Verimliliği Strateji Belgesi** : 2012 – 2023 yıllarını kapsar.
- **Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı** : 2017 – 2023 yıllarını kapsar [12].

2.3 Türkiye'nin Enerji Verimliliğinde Dünyadaki Durumu

Türkiye son yıllarda gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almaktadır. Bu durumu EV alanını da etkilemiştir. EV alanında Avrupa'da, ve diğer ülkelerde yapılan çalışmaları yakından takip etmektedir. EV'nde ülke puanı bazında yapılan değerlendirmede orta sıralarda kendine yer bulmuştur. Ülke puanı bazında yapılan değerlendirme, enerji alanında yetkin kurumlardan biri olan American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın verileri Çizelge 2.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1 : 2018 yılı enerji verimliliği ülke sıralamaları.

Sıralama	Ülke Adı	Ülke Puanı
1.	Almanya	75,5
2.	İtalya	75,5
3.	Fransa	73,5
4.	Birleşik Krallık	73
5.	Japonya	67
6.	İspanya	65,5
7.	Hollanda	65
8.	Çin	59,5
9.	Tayvan	57
10.	Kanada	55,5
11.	ABD	55,5
12.	Meksika	54
13.	Güney Kore	52,5
14.	Polonya	51
15.	Hindistan	50,5
16.	Türkiye	50
17.	Endonezya	45

Ek olarak ülke puanlarının alt kırılım detayları aşağıdaki gibidir, dört ana parametre bazında değerlendirme yapılmıştır.

Bu parametreler ulusal çaba, konut, sanayi, ve ulaşım'dır. Her parametreden alınabilecek maksimum puan sayısı 25 olarak belirlenmiştir. Dört parametre toplamı da 100 puan edecek şekilde planlanmıştır. Bu parametreler kısaca açıklanırsa :

- **Ulusal Çaba :** Ulusal Çaba kavramı ; Enerji yoğunluğu değerlendirilmesi, EV üzerine yapılan yatırımlar, enerji tasarrufu, vergi kolaylıkları , EV üzerine yapılan araştırma , ve geliştirme faaliyetleri vb. alanlar olarak ifade edilmektedir.
- **Konut :** Konut kavramı ; Donanım standartları, yapı yönetmelikleri, yapı güçlendirme çalışmaları, yapı enerji yoğunluğu değerlendirmesi vb. alanlar olarak ifade edilmektedir.
- **Sanayi :** Sanayi kavramı ; Enerji yoğunluğu, teşvik politikaları, verimlilik standartları, enerji denetlemeleri, araştırma, ve geliştirme faaliyetleri vb. alanlar olarak ifade edilmektedir.
- **Ulaşım :** Ulaşım kavramı ; Yakıtların verimlilik derecelendirmesi, araç kullanımı, enerji yoğunluğunun yük taşımacılığı açısından incelenmesi, toplu taşımanın değerlendirilmesi, araştırma, ve geliştirme faaliyetleri vb alanlar olarak ifade edilebilir.

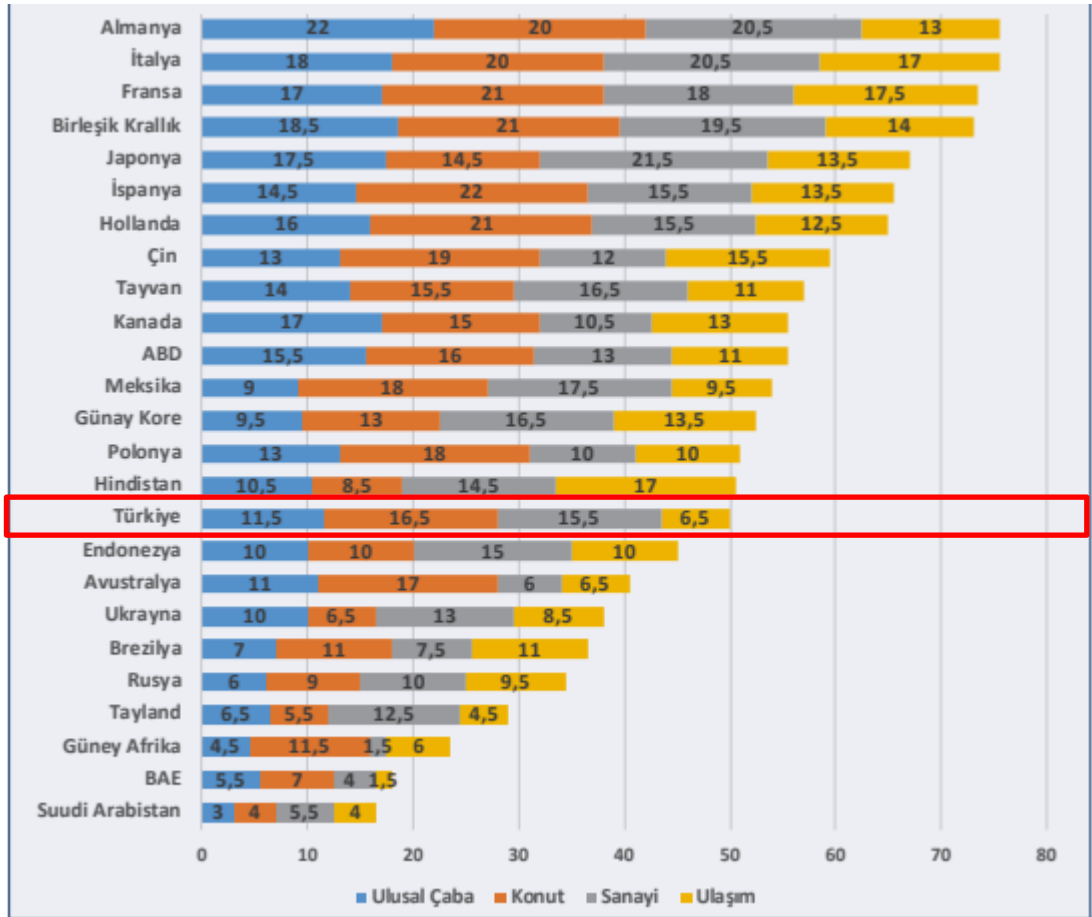
Şekil 2.2 de görüldüğü üzere Türkiye ilgili parametreler bazında ortanın altında yer almaktadır, bu da ülkemizin aslında gelişime açık olan birçok yönünün olduğunu göstermektedir.

Ulusal çaba anlamında 11,5 puanla düşük bir seviyede kendine yer bulmuştur, bu kavram bazında ülkemizin kendini geliştirmesi gerektiği gözükmemektedir.

Konut bazında 16,5 puanla üst sıralarda kendine yer bulmuştur, son yıllarda özellikle konut yapımının artmasıyla beraber EV çalışmaları da önem kazanmaya başlamıştır.

Sanayi anlamında 15,5 puanla orta sıralarda kendine yer bulmuştur. Türkiye gelişmekte olan ülkelerden olduğundan dolayı sanayi alanında yıllar içinde pozitif yönde bir gelişme yaşanmıştır.

Ulaşım açısından 6,5 puanla alt sıralarda kendine yer bulmuştur. Diğer üç parametreye kıyasla puan anlamında daha geride kalmıştır.



Şekil 2.2 : 2018 yılı enerji verimliliği ülke alt kırılımları [13].

2.4 Enerji Verimliliğinin Uygulama Alanları

EV çalışmaları sanayide birçok ekipman üzerinde uygulanmaktadır. Çalışmaların asıl amacı, sanayide hali hazırda kullanılan cihazların, enerjiyi verimli olarak kullanılmasının sağlanmasıdır. Bu cihazlar en genel anlamda elektrik sistemler, yakıtlar, kazanlar, buharlı sistemler, fırınlar, ve aydınlatma sistemleri olarak ifade edilebilir. Bu sistemler kısaca ifade edilirse : [14].

- **Elektrik Sistemler** : Elektrik enerjisinin tüketildiği, ve üretildiği sistemlerdir. EV çalışmalarının ana kaynağını oluşturmaktadır, her fabrikada mevcut elektrik sistemlerinin verimliliğin artırılması için yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Elektrik sistemlere örnek verilecek olursa :
 - Transformatörler
 - Bobinler
 - Senkron motorlar
 - Asenkron motorlar

- Elektrik motorları
- Doğrultucular
- Endüksiyon fırınları
- Ark fırınları
- Kaynak makinaları
- Dinamik faz kaydırıcılar
- Statik faz kaydırıcılar
- Kondansatörler
- Değişken hız sürücüleri
- Senkron kompazatörler
- **Yakıtlar** : Endüstride birçok faaliyetin yapılabilmesi için yakıt kullanımı şarttır, bu yüzden yakıtlar da EV'nin önemli bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Verimli yakıt kullanımı ile beraber sistemlerin verimi artmakta, ve daha iyi çıktılar elde edilmektedir. Yakıtlar temel olarak dört kategoride ifade edilebilir.
 - **Katı Yakıtlar** : Linyit, ve taş kömürü örnek olarak verilebilir.
 - **Sıvı Yakıtlar** : Petrol örnek olarak verilebilir.
 - **Gaz Yakıtlar** : Doğalgaz, sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) , kömür gazı, su gazı, ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) örnek olarak verilebilir.
 - **Atık Yakıtlar** : Prina, valonya, pamuk sapı, ağaç yongası, ve fındık kabuğu örnek olarak verilebilir.
- **Kazanlar** : Belirli bir basınç etkisinde çalışan, yakıtta bulunan enerjiyi ısı şeklinde ortaya çıkaran sistemlerdir, açığa çıkan ısıyı da bir akışkana verecek şekilde üretilmiştir. Sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca kazan tipleri için örnek verilecek olursa :
 - Çift alev borulu kazanlar
 - Ekonomik kazanlar
 - Paket kazanlar
 - Termal depolu kazanlar
 - Lokomotif kazanlar
 - Su borulu kazanlar
 - Cebri su sirkülasyonlu kazanlar
 - Dökme dilimli kazanlar

- **Buharlı Sistemler** : Buhar tanım olarak, suyun sıvı, ve gaz halinin bir arada olduğu faz durumudur. Buhar aynı zamanda bazı sistemlerde ısı enerjisi olarak da kullanılmaktadır.
- **Fırınlr** : Ana kullanım alanları ısıtma süreçleridir ,ısıtmanın olduğu birçok alanda kullanılmaktadır. Başlıca fırın tipleri ifade edilirse :
 - Direkt yanmalı fırınlar
 - Alttan yanmalı fırınlar
 - Üstten yanmalı fırınlar
 - Yandan yanmalı fırınlar
 - Mufl fırınları
 - Daldırılmalı tip fırınlar
 - Kesikli çalışan fırınlar
 - Sürekli çalışan fırınlar
- **Aydınlatma Sistemleri** : İşletmelerde EV'nin temel çalışma alanlarından biridir , temel aydınlatma elemanları olarak aşağıdaki örnekler verilebilir [15].
 - Deşarj lambaları
 - Enkandesen lambalar
 - Flüoresan lambalar
 - Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba
 - Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba
 - Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba
 - Metal halojen lamba
 - LED
 - Balast/Sürücü
 - Armatürler

2.5 Sanayide Enerji Verimliliği Arttırıcı Uygulamalar

Ülkemizde sanayide EV'ğini arttırmak için devlet düzeyinde 2011 yılında bir yönetmelik çıkarılmıştır. Enerji bakanlığının öncülüğünde çıkarılan bu yönetmelik, sanayide EV'nin arttırılması için bir örnek teşkil etmiştir. Bu yönetmelikte çalışma

alanları olarak aşağıda belirtilen alanlar ele alınmıştır, bu önlemler ifade edilirse :
[16].

- Atık ısıının tekrar kullanılması için yapılan çalışmalar.
- Yakma işlemlerinde yanma işleminin uygunluğunun kontrolü.
- İklimlendirme, ısıtma, ve soğutma işlemlerinde yüksek verim elde edilmesi.
- Isı yalıtımının uygun olarak sağlanması.
- Kayıp, ve kaçakların en aza indirilmesi.
- İnsan faktöründen kaynaklanan hataları mümkün mertebe en aza indirmek.
- Üretimde kullanılacak makinaların enerji verimliliği göz önünde bulundurularak seçilmesi
- Yenilenebilir enerji uygulamalarının geliştirilmesi
- Yüksek verimli aydınlatma elemanlarının (lambda,armatür,balast vb.) kullanılması
- Enerji harcayan sistemlerde enerji verimlilik kriterlerinin sağlanması

Ek olarak dünya genelinde yapılan çalışmalarda enerji verimliliğini arttırıcı uygulamalarda öne çıkan alanlar; değişken hız sürücüler kullanımı, atık ısıının tekrar kullanılması, verimi yüksek olan elektrik motorlarının tercih edilmesi , basınç düşüşleri , ve kompresör kaçaklarına bağlı olan kayıpların azaltılması alanlarıdır [17].

2.6 Türkiye’de Sanayide Örnek Çalışmalar

Türkiye’de firmalar tarafından birçok çalışma yapılmıştır, ve hali hazırda yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar otomotiv alanında yoğunlaşmıştır, bunun en önemli nedenlerinden biri Türkiye’nin özellikle otomotiv yan sanayi anlamında güçlü bir ülke konumunda bulunmasıdır. Birçok yerel firma otomotiv parçalarını ülke içinde üretip ihracat yapmaktadır. Devlet tarafından enerji verimliliği anlamında birçok teşvik verildiğinden enerji verimliliği çalışmaları firmalar arasında günden güne önem kazanmaktadır.

Sanayide gerçekleşen çalışmalar ağırlıklı olarak aydınlatma, ısı, buhar, kazan vb alanlarda gerçekleşmektedir.

Firmalar tarafından 2015 yılında yapılan verimlilik arttırıcı projelerden bazı örnekler Çizelge 2.2’de belirtilmiştir [18].

Çizelge 2.2 : Türkiye’den verimlilik arttırıcı proje örnekleri.

Proje Adı	Endüstriyel İşletme
İç Aydınlatmada Verimlilik Projesi	TOYOTA Otomotiv Sanayi
Aydınlatma Armatür Değişimi Verimlilik Arttırıcı Projesi	TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası
Boyahane Bölümü Fan Motorlarına Hız Sürücüsü Uygulaması	FORD Otomotiv Sanayi
Proses Soğuk Su Hattı Revizyonu	VALEO Otomotiv Sistemleri
Kompresörlerde Isı Geri Kazanımı	VALEO Otomotiv Sistemleri
Boyahane Fırın Atık Gazlarından Isı Geri Kazanımı	FORD Otomotiv Sanayi

2.7 Enerji Verimliliğinin Faydaları

EV’nin birçok alana doğrudan, ve dolaylı olarak faydası vardır, fayda açısından bakılırsa birçok alan örnek olarak verilebilir. Faydalar kısaca ifade edilirse : [19].

- İşletmede kaynakların yönetimi kolaylaşır.
- İşletme bütçesinde iyileşme sağlanır.
- İşletmede enerji tüketimi azalır.
- Çevre korunmuş olur.
- Endüstriyel üretkenlik artar.
- Enerji tasarrufu sağlanır.
- Enerjiye ödenen ücret azalır.
- Enerji tüketiminden sağlanan katkıyla farklı alanlara yatırım yapma imkanı oluşur.
- Enerji verimliliği sayesinde devlet tarafından destek, ve teşvik sağlanır.

3. YALIN ÜRETİM VE DEĞER AKIŞ HARİTALARI

3.1 Yalın Üretim Kavramı

Yalın üretim birçok kurum, ve kuruluş tarafından tanımlanmış bir kavramdır. İngilizce literatürde “Lean Production” olarak geçmektedir, Türkçe’ye yalın olarak çevrilmiştir. Bu tanımlar kısaca ifade edilirse :

- Yalın üretim ; verimlilik, ve kaliteyi arttırıp, maliyetleri azaltan, firmalara esnek bir çalışma sağlayan önemli bir kavramdır [20].
- Yalın üretim ; sistemin etkinliğinin devamlı olarak artmasını sağlayan, ve israfları yok etmeyi amaçlayan bir kavramdır [21].
- Yalın üretim : müşteri tarafından talep edilen ürünün , en uygun fiyatla , en kısa zamanda , ve israfların azaltılarak üretilmesidir [22].
- Yalın üretim ; diğer organizasyonlara karşı rekabet üstünlüğü sağlayan önemli bir parametredir [23].
- Yalın üretim ; tüm faktörleri en uygun şekilde kullanarak müşterinin talep ettiği ürünü en az kaynak kullanarak, en az hata ile, israf olmadan, ve üretimde değer katmayan tüm işlevleri ortadan kaldırarak üretmektir [24].

Görüldüğü üzere birçok şekilde ifade edilen yalın üretim, üretim sistemlerinde ürünün fabrikadan müşteriye teslim edilmesini kapsayan süreçteki tüm parametreler ile bağlantılı bir kavramdır, bu yüzden farklı şekilde, ve farklı bakış açıları ile tanımlanabilmektedir.

3.2 Yalın Üretimin Tarihçesi

Yalın üretim kavramı bir Japon firması olan Toyota ile anılmaktadır. Birçok kişi tarafından yalın üretim, Toyota üretim sistemi olarak da tanımlanmaktadır. Yalın üretimin gelişimine Toyota firmasından Kiichiro Toyoda, ve Taiichi Ohno’nun büyük katkıları olmuştur.

Yalın üretimin gelişimi 1950 yıllarının başına dayanır. 1920 yılında Ford firmasının sahibi Henri Ford'un öncülüğünde geliştirilen geleneksel üretim sistemi metodolojisi uzun yıllar kullanılmıştı. Geleneksel üretim yöntemine göre üretim büyük kitleler halinde yapılmaktaydı. Firmalar belli periyotlarda siparişi alıyor, ve üretim sürecini başlatıyorlardı. Sistem esnek değildi, ve kısa zamanlı sipariş taleplerine cevap veremiyordu. Ford üretim sistemi mantığı uzun süre devam etmiştir. 1950'li yıllarda Taiichi Ohno Amerika'ya giderek Ford üretim sistemini yerinde incelemiştir. Akabinde yeni bir sistem geliştirmek için çalışmalara başlamıştır. Yeni bir sistemin gerekliliği 1950'li yıllarda Japonya için çok önemliydi. Japonya II. Dünya Savaşı'nda ağır bir yenilgi almıştı, ve toparlanabilmesi için verimlilik esaslı bir sisteme ihtiyaç duymaktaydı. Taiichi Ohno, verimlilik esaslı, ve tüm israfları ortadan kaldıran sistemi dünyaya tanıttı, ve bu sistem Toyota Üretim Sistemi olarak adlandırıldı. 1970'li yıllarda Toyota Üretim sistemi tüm dünyada tanınır hale gelmeye başladı, bunun en önemli nedenlerinde biri 1970'li yıllarda yaşanan petrol kriziydi. Petrol krizi üzerine birçok firma yeni bir arayışa girdi, ve bu yeni Japon üretim sistemini benimsedi [25].

Yalın kavramı ilk kez 1988 yılında Krafcik tarafından tanımlandı. Yalın üretim kavramı ise ilk kez 1990 yılında James P. Womack , Daniel T. Jones, ve Daniel Roos tarafından kaleme alınan "The Machine that Change the World" kitabında kullanıldı [26]. Bu sayede resmi olarak yayınlanmış oldu. Bundan sonra yalın üretim, Toyota üretim sistemi olarak tanımlanmaya başlandı. 1994 yılında yine Womack, ve Jones tarafından kaleme alınan "Lean Thinking(Yalın Düşünce)" kitabı yalın üretim felsefesini detaylandırdı, ve birçok kesime ulaşmasını sağladı.

2006 yılında açıklanan istatistik verilerinde, Toyota firması Kuzey Amerika'da otomotiv üreticisi olarak birinci sıraya yerleşti, bu da firmanın yalın üretimle beraber katettiği mesafeyi gözler önüne sermektedir.

Tarihsel gelişimi içerisinde üretim sistemleri incelenirse günümüzdeki üretim sistemlerinin temeli 1900'lerin başında atılmıştır. Bu dönem zanaatkarlar dönemi olarak adlandırılmıştır. Sonrasında 1920'li yıllarda bahsedildiği gibi Saf Fordizm dönemi yaşanmıştır. 1960'lı yıllarda Fordizm sonrası dönem yaşanmıştır. 1980 sonrası ise yalın üretime geçilmiştir. Yıllar içinde kitlesel üretimden yalın üretime geçiş süreci gerçekleşmiştir. Bu dönemlerin bazı parametreler açısından özellikleri Çizelge 3.1'de belirtilmiştir [27].

Çizelge 3.1 : Üretim sistemlerinin karşılaştırılması.

Üretim	Zanaatkarlar Dönemi(1900+)	Saf Fordizm (1920’li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960’lı yıllar)	Yalın Üretim(1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Ekipler tarafından
Kontrol Alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretimdeki Gereksiz Unsurl.	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım Alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok Küçük
Ekip Çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

3.3 Yalın Üretimin Temel Değerleri

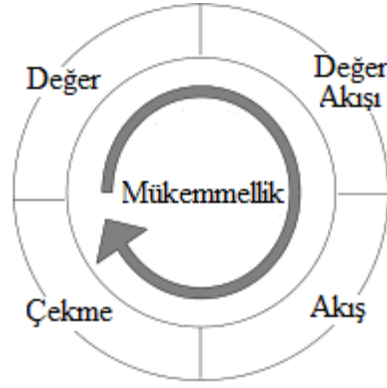
Yalın üretimin sahip olduğu temel değerler beş tane olarak ifade edilebilir, bu değerler yalın üretimin olmazsa olmaz parametreleridir. Bu parametreler kısaca ifade edilirse : [28].

- **Esneklik** : Yalın üretimin en temel değerlerindendir, üretim sistemi müşteriden gelen taleplere hızlı bir şekilde cevap verebilmek için esnek bir yapıya sahip olmalıdır. Esneklikten kastedilen, ürünün istenilen zamanda, istenilen şekilde, müşterinin isteği doğrultusunda üretilmesidir.
- **Hataları Ortadan Kaldırma** : Yalın üretimde israflar tamamen ortadan kaldırılmalıdır. İdeal bir yalın üretimde israf yoktur. Bir değer üreten firmalar ilk etapta süreçlerini iyileştirirler
- **Optimizasyon** : Tüm üretim sistemi bir denge halinde olmalıdır, bu da üretim sistemine istenilen zamanda müdahale edilebileceğini gösterir. Üretim sürecindeki tüm parametreler optimize edilmektedir.
- **Süreç Kontrolü** : Yalın üretim aslında israfların yok edildiği bir süreç olarak da tanımlanabilir, bu yüzden süreçler düzenli olarak kontrol edilmektedir, ve iyileştirmeler yapılmaktadır.
- **İşgücünün Etkin Kullanımı** : Hali hazırda işletmenin sahip olduğu işgücü en etkin şekilde kullanılmalıdır, çünkü fazladan işgücü, fazladan maliyet demektir.

3.4 Yalın Üretimin Temel İlkeleri

Yalın üretimin temel ilkeleri beş tanedir. Bu ilkeler yalın üretimin özünü oluşturur. Müşteriden talep geldikten sonra ürünün müşteriye teslim edilmesindeki süreci kapsar. Bu ilkeler Şekil 3.1’de belirtilmiştir [29].

- **Değer** : Son müşteri tarafından tanımlanan bir parametredir, müşterinin talep ettiği bir ihtiyaçtır, müşterinin talebi doğrultusunda değer üretilir.
- **Değer Akışı** : Ürünü elde etmek için gereken işlemlerdir.
- **Akış** : Bir ürünün talep edildiği kadar, ve istenilen zamanda üretiminin şekillendirilmesidir.
- **Çekme** : Ürünün tam olarak müşterinin istediği anda üretilmesidir.
- **Mükemmellik** : Yalın üretimde stok israf olarak kabul edildiğinden, varsa da stok az olduğundan gerekli düzeltmelerin kolaylıkla uygulanabilmesi sayesinde mükemmel ürüne ulaşılması amaçlanır.



Şekil 3.1 : Yalın üretimin temel ilkeleri [30].

3.5 Yalın Üretimde İsraf Kalemleri

Yalın üretimde, üretimi aksatan her şey israf olarak görülmektedir. Yalın üretimin temel amacı, tüm israfları ortadan kaldırarak nihai ürünü ortaya çıkarmaktır. İsraf kalemleri ‘Yalın Düşünce’ kitabının yazarları Womack, ve Jones tarafından tanımlanmıştır. İsraflar Şekil 3.2’de belirtilmiştir.

- **Fazla Üretim** : Müşterinin talep ettiği sayıda üretim yapılmalıdır, talep dışında yapılan her üretim fazla üretime girer , ve israf olarak kabul edilir.
- **Stok** : Yalın üretimin en temel felsefelerinden biri stok olmamasıdır. Stok israf olarak kabul edilmektedir. İdeal bir yalın üretim sisteminde stok adedinin 0 olması beklenir.

- **Bekleme** : Üretim esnasında üretim hatları en uygun şekilde planlanmalıdır. Herhangi bir bekleme olmamalıdır.
- **Taşıma** : Üretilecek ürünün ara işlemleri esnasında mümkün olan en az taşıma süresi yakalanmalıdır, hatta hiç taşıma olmamalıdır. Ürün belli bir akış içerisinde, taşıma olmadan üretilmelidir.
- **Gereksiz İşlem** : Ürünü üretirken gereksiz işlemlerden kaçınılmalıdır, en az sayıda, ve en optimum şekilde planlama yapılmalıdır.
- **Gereksiz Hareket & Yürüme** : Ürün üretilirken gereksiz hareketlerden kaçınılmalıdır. Üretim hattı gereksiz harekete mahal vermeyecek şekilde planlanmalı, ve üretim hattındaki ekipmanlar gereksiz hareketi engellemek için birbirine mümkün olduğunca yakın olmalıdır.
- **Tamir & Fireler** : Ekipmanların tamir süreleri optimum şekilde planlanmalıdır, ve israfa yol açmamalıdır. Fire sayısı minimuma indirilmelidir, hatta ideal yalın üretimde fire yoktur.



Şekil 3.2 : Yalın üretimde israf kalemleri.

3.6 Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretimin uygulanmasında birçok teknik kullanılmaktadır, bu teknikler yalın üretimin temel parametrelerindendir. En öne çıkanları kısaca ifade edilecektir. Bu teknikler kısaca ifade edilirse : [31].

- **Tam Zamanında Üretim (Just In-Time Production)** : Müşterinin talebi belirlendiği anda hammaddeden montaja kadar tüm işlem uygun şekilde planlanır, ve tam istenilen zamanda üretim yapılır.
- **Hücreyel İmalat (Cellular Manufacturing)** : Belirli bir ürün veya hizmeti elde etmek için gerekli tüm makinalar, ekipmanlar, ve operatörler bir yapı içerisinde bir araya getirilir. Bu yapı hücre olarak adlandırılır. Hücre içinde bulunan tüm birimler, en uygun şekilde düzenlenerek imalat yapılır.
- **Kanban** : Tam zamanında üretimin optimum şekilde uygulanabilmesi için uyarıcı niteliğinde olan, ve süreci hızlandıran bir tekniktir.
- **Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance)** : Ekipmanlara düzenli olarak bakım yapılır, ve anormal durumlar tespit edilir. Temel odak noktası ekipmanlarda bozulmaların giderilmesi değil, önlem alınmasıdır. Operatörler makinalar ile en yakın çalışan kişiler olduklarından bu sürecin en önemli parçasıdır.
- **Kurulum Zamanının Azaltılması (Set-Up Time Reduction)** : Makinanın kurulum zamanının azaltılması planlanır.
- **Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management)** : Müşterilerin talebi doğrultusunda sürekli gelişimi öngören bir sistemdir. Anahtar bileşenler ; çalışan kişilerin katılımı, ve eğitimi, problem çözme ekipleri, uzun vadeli hedefler, ve istatistik metotlardır. Ana odak noktası verimsiz durumların insan kaynaklı değil, sistem kaynaklı olduğunun düşünülmesidir.
- **5S** : Etkin bir çalışma ortamına sahip olunması hedefi vardır. Aynı zamanda odak noktası standart bir işleyiş prosedürü oluşturmaktır.
- **Kaizen** : Japonca'da iki kelimenin birleşiminden oluşmaktadır. Kai değişim, zen daha iyi olarak tanımlanmaktadır. Sürekli, ve kademeli olarak gelişimi öngörür. Her zaman daha iyiye ulaşmak amaçlanır [32].
- **Poka Yoke** : Hataların veya uygunsuz durumların üretim esnasında ortaya çıkmasının önlenmesi için geliştirilmiş bir stratejidir. Japonca'da Poka hata, yoke ise koruma, engelleme gibi bir anlama gelmektedir , hatanın önlenmesi olarak ifade edilebilir [33].
- **Shojinka** : Talebin değişimine bağlı olarak sahip olunan işgücünün arttırılarak veya azaltılarak dengeli bir seviyede tutulmasıdır [34].

3.7 Yalın Enerji Kavramı

Şu ana kadar enerji verimliliği, ve yalın üretimi genel hatlarıyla incelemiş olduk. Bu noktada bu iki konunun kesişim noktasını ele alacağız. Üretim sürecinde enerji en önemli girdilerden biridir, ve enerjinin mümkün olduğunca verimli kullanılması gerekir. İşte tam burada yalın enerji kavramı karşımıza çıkar.

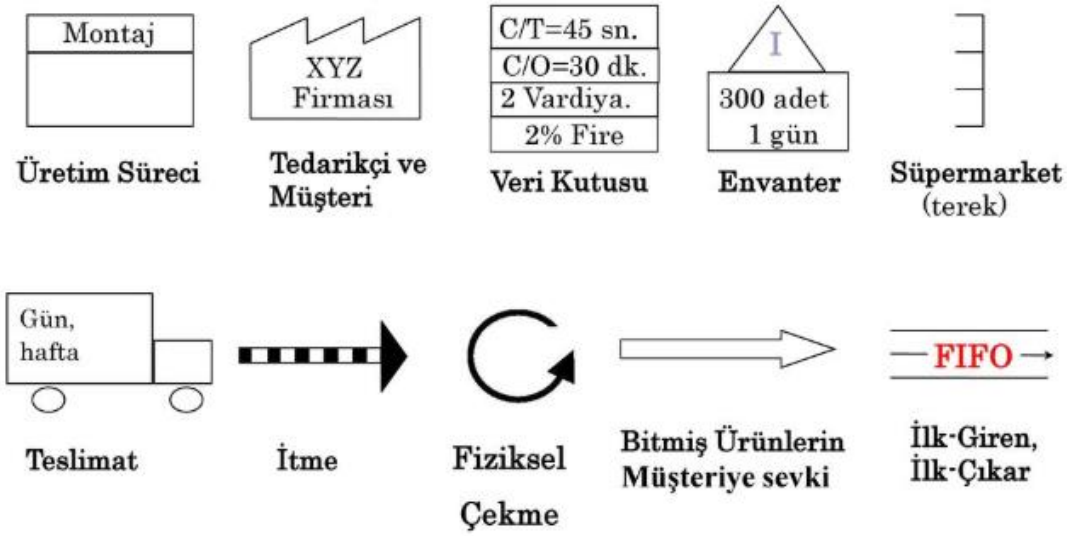
Yalın enerji, enerjinin kullanımının verimli hale getirilmesidir. Burada asıl hedeflenen birim ürün başına tüketilen enerjiyi azaltmaktır. Tez çalışmasının ana hedeflerinden biri de tüketimin fazla olduğu yerleri yani darboğazları, enerji verimliliği çalışmaları ile çözmektir. Bu bağlamda yalın enerji kavramı, yapılan bu tezin önemli bir kavramı olarak ön plana çıkmaktadır.

3.8 Değer Akış Haritalama Kavramı

Değer Akış Haritası (DAH) kavramı üretimin vazgeçilmez parametreleri arasındadır. Birçok kurum, kuruluş, ve kişi tarafından tanımlanmış bir kavramdır. Kısaca DAH tanımları ifade edilirse :

- DAH ; istenilen ürün, ve hizmeti elde etmek için bilgi akışının birtakım semboller yardımıyla gösterildiği, birçok firma tarafından kullanılan bir yalın üretim parametresidir [35].
- DAH ; bir ürünün imal edilebilmesi için gerekli, ve gereksiz tüm faaliyetlerin görselleştirildiği bir yalın üretim aracıdır [36].
- DAH ; Toyota firması tarafından dünyaya tanıtılmış, değer akışlarının görselleştirilmesini sağlayan, ve ürünün üretilmesi için gerekli, ve gereksiz tüm süreçleri kapsayan bir araçtır [37].
- DAH ; yalın, dinamik, ve müşteri odaklı bir sisteme ulaşılmasını sağlayan bir metottur [38].
- DAH ; üretim sistemindeki israfların ortadan kaldırılmasında rol alan, tüm üretim sisteminin incelenebilmesine olanak veren bir araçtır [39].

DAH'nın kendine ait bir dili vardır. Her sembol belirli bir anlam ifade etmektedir. Bu sembollerin anlamlarını bilen kişi, DAH'na baktığı zaman süreci rahatlıkla anlayabilir, ve hangi noktalarda darboğaz olabileceğini saptayabilir. Şekil 3.3'de tüm dünyada kabul edilen birtakım semboller gösterilmiştir [40].



Şekil 3.3 : Değer akış haritası sembolleri.

3.9 Değer Akış Haritalama Metodolojisi

DAH metodolojisi kabaca dört aşamadan oluşmaktadır. Bu bölümde bu aşamalar incelenecektir. Aslında bu aşamalar, DAH'nın en uygun biçimde oluşturulmasını sağlar. Bu aşamalar : verinin toplanması, güncel durum haritası, DAH araçları, ve gelecek durum haritasının çıkarılmasıdır [41].

3.9.1 Verinin toplanması

Veri toplanırken aşağıda belirtilen alanlardaki sorulara cevap verilmeli, ve buna uygun olarak DAH çizilmelidir. Bu alanlar :

- **Müşteri Talebi**
 - Ürün grubu nedir ?
 - Ne kadar ürün isteniyor?
 - İstenen ürünler ne zaman talep ediliyor ?
 - Bir seferde kaç adet ürün gönderilebilir ?
 - Ne tür bir paketleme talep ediliyor?
 - Teslimat noktası sayısı vb. diğer bilgiler
- **Bilgi Akışı**
 - Müşteri tarafından ne tür tahmini bilgi veriliyor?
 - Müşteri tarafından verilen bilgi firmada hangi departmana gidiyor.
 - Bu bilgi işlemiden önce ilgili departmanda ne kadar bekliyor?

- Tedarikçilere bilgi akışı nasıl gidiyor?
- Tedarikçiler tarafından ne tür tahmini bilgi veriliyor?
- Tedarikçiye göre sipariş miktarı nasıl şekilleniyor?
- **Fiziksel Akış**
- Kaç adet ürün isteniyor?
- Talep edilen ürünler ne zaman isteniyor?
- Bir seferde kaç adet ürün gönderilecek?
- Ürünlerin gönderimi hangi sıklıkla gerçekleştirilecek?
- Ne çeşit bir paketleme yapıyor?
- Ürünün gönderilmesi ne kadar sürer?
- Belirli bir parça için ekstra tedarikçi gerekir mi?

3.9.2 Güncel durum haritası

İlgili verilerin toplanması tamamlandıktan sonra güncel durum haritası çıkarılabilir. Güncel harita çıkarılırken aşağıdaki sıralama takip edilir.

- Müşteri talebi net olarak anlaşılır, ve uygulanır.
- Süreç akışı haritalanır.
- Bilgi akışı haritalanır.
- Malzeme akışı haritalanır.
- Zaman çizelgesi oluşturulur.

3.9.3 Değer akış haritası araçları

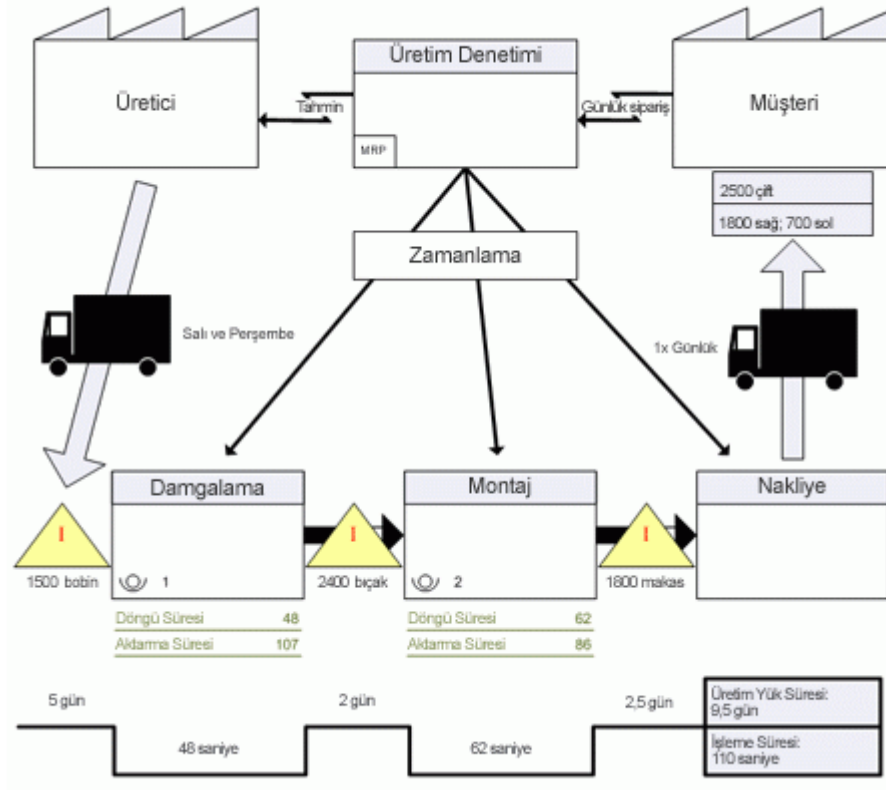
Farklı DAH araçları kullanılarak DAH'nın son hali şekillendirilir. Bu araçlar sayesinde etkin bir harita çıkarılır. Birçok DAH aracı mevcuttur. Bu araçlara örnek verilmek istenirse aşağıdaki örnekler verilebilir.

- Kalite filtre haritalama
- Proses eşleme haritalama
- Değer katan zaman profili

3.9.4 Gelecek durum haritası

Güncel durum haritası çıkarıldıktan sonra bu harita detaylı bir şekilde incelenir. Güncel haritadaki darboğazlar belirlenir, ve iyileştirme potansiyelleri çıkarılır. İyileştirme potansiyelleri ile beraber öngörülen gelecek durum haritası çıkarılır.

Şekil 3.4'te örnek bir değer akış haritası gösterilmiştir. Bu haritada temel olarak işleyiş, süreçler, müşteriler vb. bilgiler mevcuttur.



Şekil 3.4 : Değer akış haritası örneği [42].

Aynı şekilde DAH'na ek olarak Enerji Değer Akış Haritası(E-DAH) da aynı mantıktadır. DAH'na ek olarak en alt kısma enerji ile alakalı bir satır eklenir, ve enerjiyle alakalı parametreler değerlendirilir.

3.10 Değer Akış Haritalamanın Avantajları ve Dezavantajları

DAH işleminin avantajları, ve dezavantajları mevcuttur. Bu bölümde DAH tekniğinin farklı yönleri üzerinde durulacaktır. Her ne kadar yaygın olarak kullanılsa da birtakım olumsuz yönler de mevcut olabilmektedir. Bu yönler incelenirse :

- **Avantajlar**
 - İşletmede israfı önler, ve üretim süreçlerinin optimize edilmesini sağlar.
 - Tüm sürecin aynı anda görülebilmesini sağlar [43].

- Dağıtım kanallarının, tedarik zincirinin, ve bilgi akışlarının bir uyum içinde çalışmasını sağlar.
 - Malzeme, ve bilgi akışının entegre olmasını sağlar.
 - Şirketin stratejik olarak hareket etmesini kolaylaştırır, şirket içinde ilerleyen yıllar için planlamaların oluşturulmasını sağlar.
 - Bir firmada yalın uygulamaların etkili bir şekilde uygulanmasını sağlar.
 - Üretim planlamanın, talep tahmininin, ve ürünün elde edilme sürelerinin net olarak hesaplanmasını sağlar.
- **Dezavantajlar**
- Aynı malzeme akışının olmadığı farklı ürünlerin eşlenmesinde problem yaşanır.
 - Değer kavramı için ekonomik bir ölçüm mevcut değildir, ekonomi açısından direkt olarak bilgi vermez.
 - Bütçenin düşük olduğu durumlarda hızlı aksiyon alınamayabilir, bütçenin etkisi çok önemli düzeydedir [44].
 - Yalnızca bir ürün ailesi için uygulanabilir, bu yüzden çoklu akışlarda problem yaşanabilir.
 - Doğrudan üretimi etkilemeyen fakat üretim üzerinde etkisi olan parametreler görsel üzerinde gösterilmediğinden problem yaşanabilir [45].

4. DEĞER AKIŞ HARİTALARININ ENERJİDE KULLANIMI

DAH'nın enerji verimliliği çalışmalarında kullanılması için birtakım çalışmaların işletme içinde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar ana başlık halinde ifade edilirse üç kısımda incelenebilir. Bu başlıklar bu bölümde ele alınacaktır. Bu başlıklar kısaca ifade edilirse : [46].

- Yalın Analiz
- E-DAH için Enerji Etüdü
- Bayes Ağları ile Senaryo Çalışmaları

4.1 Yalın Analiz

Yalın analiz değerlendirmesi üç kısımdan oluşur. Bu kısımlar :

- **Veri Toplama** : İşletmenin analizini yapılabilmesi için üretim, ve enerji ile alakalı veriler toplanmalıdır. Veriler toplanırken işletmeden birçok kişi ile görüş alışverişinde bulunulur. Veri dendiği zaman illaki sayısal veri anlaşılmalıdır. Veri sayısal veriyi de içerir, ancak bunun yanında sayısal olmayan veriler de söz konusudur. Enerji anlamında veri örnekleri verilirse ; fabrikanın aylık, ve yıllık bazda enerji tüketim raporu , enerji ile alakalı muhasebe verileri , enerji ölçüm verileri , çalışan kişilerle görüşme sonucu şirketin enerji politikası vb veriler örnek olarak verilebilir. Verinin kaliteli olması, yapılan çalışmaları kolaylaştıracak, ve bu verinin analizinin yapılmasıyla firma için güzel sonuçlar ortaya çıkacaktır.
- **DAH Hazırlanması** : Değer akış haritası üretim prosesine uygun olarak hazırlanır. Üretim yapan işletmelerde bu harita mevcuttur.
- **İsrafların Belirlenmesi** : DAH üzerinde çalışılarak israf kalemleri belirlenir.

4.2 Enerji Verimliliği Etüdü

Yalın analiz işlemi tamamlandıktan sonra EV potansiyellerini belirlemek için enerji etüdü yapılır. Enerji etüdü EV çalışmalarında kullanılan en önemli yöntemlerden biridir.

Enerji etüdü kısaca tanımlanırsa : enerji etüdü enerji verimliliği çalışmalarında kullanılan, veri toplama, ölçme, değerlendirme, ve rapor oluşturma süreçlerinden oluşan çalışmaların tamamıdır. Enerji denetimi olarak da adlandırılır [47].

Enerji etüdü kapsamı açısından en genel anlamda ikiye ayrılır. İşletmedeki talebe göre bu iki etüt türü de uygulanabilir. Bu etütler ön etüt, ve detaylı etüttür. Bu kavramlar kısaca ifade edilirse : [48].

- **Ön Enerji Etüdü** : İşletmenin fabrikadaki süreçleri ile alakalı en genel anlamda değerlendirmesi yapılır, aslında ön enerji etüdü, detaylı enerji etüdü yapıp yapılmayacağının da bir göstergesidir.
- **Detaylı Enerji Etüdü** : Fabrikada bulunan, ve tüm enerji tüketen sistemler incelenerek detaylı enerji analiz çalışması yapılır. Bu çalışma sonucu verimlilik potansiyelleri belirlenir.

Enerji etüdü yapılmasının firmaya birçok katkısı vardır, bu faydalar kısaca irdelenirse : [49].

- Ekipmanların EV çalışmaları arttırılır.
- Enerji tüketimi azalır.
- Enerjiye ödenen ücret azalır.
- Bakım masrafları düşer.
- Süreçler optimize edilir, ve iyileştirilir.
- Çevre korunmuş olur.

Enerji etüdü tamamlandıktan sonra EV potansiyellerinin belirlenmesiyle beraber DAH, artık enerji tüketimi odaklı E-DAH'na dönüştürülür. Bu sayede enerji açısından darboğazlar harita üzerinde saptanabilir, ve alınacak önlemler belirlenebilir. Hazırlanan haritada üretim parametrelerinin yanında enerji ile alakalı parametreler de bulunur. Genel anlamda enerji tüketiminin fazla olduğu prosesler, enerji anlamında darboğazların olduğu proseslerdir. Bu süreçlerin iyileştirilmesi için çalışma yapılmaktadır.

4.3 Bayes Ağları

Yalın analiz, ve enerji etüdü çalışmaları tamamlandıktan sonra Bayes ağları ile senaryo çalışması yapılacaktır. Ancak Bayes ağ yapılarını kullanmadan önce Bayes ağ yapılarını tanımamız gerekir. Bu bölümde Bayes ağ yapıları anlatılacak, ve genel mantığı verilmeye çalışılacaktır. Tez kapsamında Bayes ağı(BA) ile ilgili yapılan çalışmalar uygulama bölümünde ele alınacaktır.

4.3.1 Bayes ağı kavramı

BA birçok kurum, kuruluş, ve kişi tarafından tanımlanmış bir kavramdır. Endüstri mühendisliğinin temel çalışma alanlarından birisidir. Kavramı anlamak için literatürdeki birtakım tanımlar ifade edilirse :

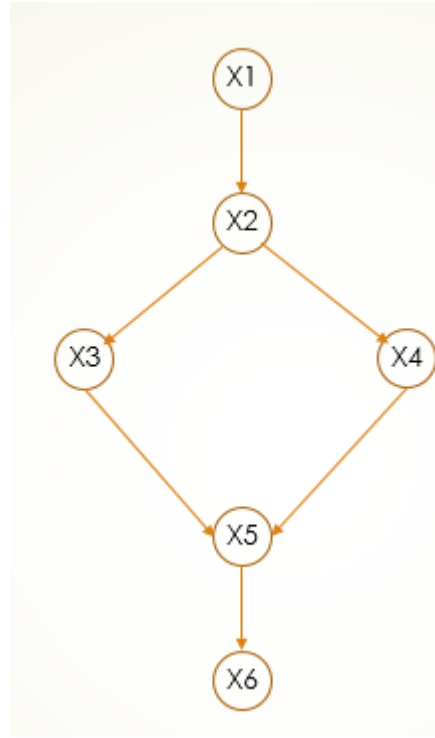
- BA ; aralarında belirsiz bir olasılık ilişkisi bulunan durumları modellemeye olanak sağlayan çizelge sistemidir. Aynı zamanda bir kümenin elemanlarını, ve bu elemanlar arasındaki ilişkileri, nicel yönden olasılık dağılımı olarak, nicel yönden ise grafik gösterimi olarak irdeleyen bir modelleme sistemidir [50].
- BA ; mevcut yapının, ve stratejik değişimlerin sonuçlarının gözlenmesini sağlayan, kompleks yapıları analiz etmek için kullanılan bir araçtır [51].
- BA ; karmaşık olasılık değerleri içeren sistemlerin kolaylıkla gösterilmesi, ve zor matematiksel denklemlerin rahatlıkla incebilmesini sağlayan bir modeldir [52].
- BA ; Hem niteliksel, hem de niceliksel verilerin incelenebildiği, ve modellenebildiği grafiksel yapılardır [53].

4.3.2 Bayes ağı yapısı

Bir BA yapısının en önemli özelliği çevrim olmamasıdır, yani BA tek yönlü bir diyagramdır. Bir BA temel olarak üç kısımdan oluşur. Bu kısımlar ifade edilirse :

- **Düğüm**ler : Değişkenleri ifade eder. Dört adet düğüm yapısı mevcuttur. Bu düğüm
- **Ebeveyn Düğüm** : Kendisinden ok çıkan düğüm tipidir.
 - **Çocuk Düğüm** : Kendisine ok gelen düğümlerdir.
 - **Kök Düğüm** : Kendisinden ok çıkan, ancak ok gelmeyen düğümdür.
 - **Yaprak Düğüm** : Kendisinden hiç ok çıkmayan düğümdür.

- **Oklar :** Değişkenler arası bağlantıyı gösterir.
- **Koşullu Olasılık Tabloları :** Her bir değişkenin olasılık dağılımı ifade edilir.



Şekil 4.1 : Bayes ağ yapısı.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere basit bir BA yapısı gösterilmiştir. Bu yapıda X1 ile X2 arasında ebeveyn düğüm – çocuk düğüm ilişkisi mevcuttur. X1 , X2’nin ebeveyni, X2 ise X1’in çocuk düğümüdür. X3, ve X4 ise X1’in torunudur. BA’ndaki ilişkiler, aynı insanlar arasındaki akrabalık ilişkisi gibidir, benzer mantıkta ifade edilirler.

4.3.3 Bayes teoremi

Bayes teoremi İngiliz matematikçi Thomas Bayes tarafından geliştirilmiştir. Teoremin önemi Thomas Bayes hayattayken anlaşılamamıştır. Bayes öldükten sonra bilim dünyasında önemi anlaşılmıştır.

Teoremin öneminin anlaşılması 1760’lı yıllara dayanır. Bayes’in ölümünden sonra teoremin farklı alanlarda kullanılmasıyla beraber bilim dünyasında tanınmıştır. Bu alanlardan biri de enerjidir.

Bilim dünyasında tanınmasını sağlayan, en büyük matematikçilerden biri olarak kabul edilen Laplace’dır. Bayes teoremi, temel olarak olasılık dağılımlarını ifade eden, matematiksel bir ifadedir. Birbiri ile ilişkili olan durumları tarif etmeye yarar. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B) * P(B)}{P(A)} \quad (4.1)$$

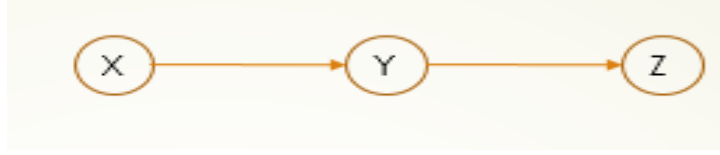
Denklem 4.1'deki ifadelerin anlamı aşağıda belirtilmiştir. Denklemde A, ve B olarak belirtilen iki farklı olay olarak ifade edilebilir. P ise olasılığı belirtir. Denklemlerdeki ifadelere ek olarak olasılık ile alakalı temel bilgiler de aşağıda belirtilmiştir.

- **P(A)** : A olayının meydana gelme olasılığı
- **P(B)** : B olayının meydana gelme olasılığı
- **P(A|B)** : B olayının gerçekleştiği durumda A olayının gerçekleşme olasılığı
- **P(A)** = A olayının sonuçları / Olası tüm sonuçlar ; olarak ifade edilebilir.
- Basit bir örnek verilirse : bir zar atıldığını varsayalım , zarın 5 gelme olasılığı 1/6'dır. Burada 5 sonucu bir durumu ifade eder, bir zarda da 6 sayı olduğundan dolayı tüm durumlar 6 adettir. Bu yüzden 1/6 olarak ifade edilir.
- **Birleşik Olay** : İki farklı olayın birleşimi olarak ifade edilebilir.
- P(AUB) olarak ifade edilir.
- **Ayrık Olay** : Farklı durumlar aynı anda meydana gelmiyorsa yani aynı anda gerçekleşmiyorsa bu olaylar ayrıktır.
- **Bağımlı Olay** : İki olayın gerçekleşmesi birbirine bağlı ise bu olaylar arasında bağımlılık ilişkisi mevcuttur.
- **Bağımsız Olay** : İki olayın gerçekleşmesi birbirine bağlı değilse bu olaylar arasında bağımsızlık ilişkisi mevcuttur.
- **Koşullu Olasılık** : Bir olayın olması durumunda diğer olayın gerçekleşme olasılığı koşullu olasılık olarak ifade edilir [55] .

4.3.4 Bayes ağlarında bağlantı tipleri

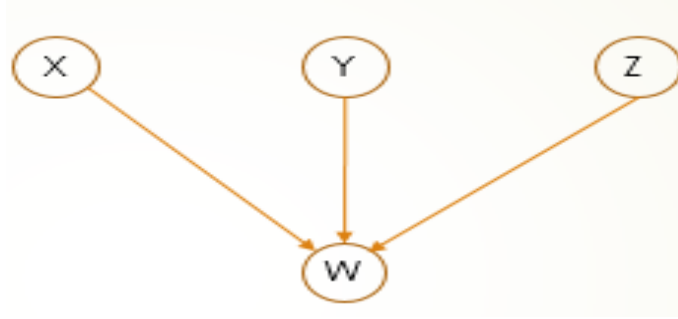
BA'nda düğümler arası ilişkileri tanımlamak için farklı bağlantı tipleri mevcuttur. Bu bağlantı tipleri üçe ayrılır. Bu bağlantı tipleri seri bağlantılar, yakınsayan bağlantılar, ve ıraksayan bağlantılardır. Bu bağlantı tipleri kısaca ifade edilirse : [56].

- **Seri Bağlantılar** : Birbiri ile ilişki olan X , Y , ve Z olaylarının mevcut olduğu farz edilsin. Eğer Z olayı üzerinde Y olayının, Y olayının üzerinde de X olayının etkisi mevcutsa bu tip bağlantılar seri bağlantılar olarak tanımlanır. Şekilsel gösterimi de aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Şekil 4.2'de seri bağlantı örneği verilmiştir.



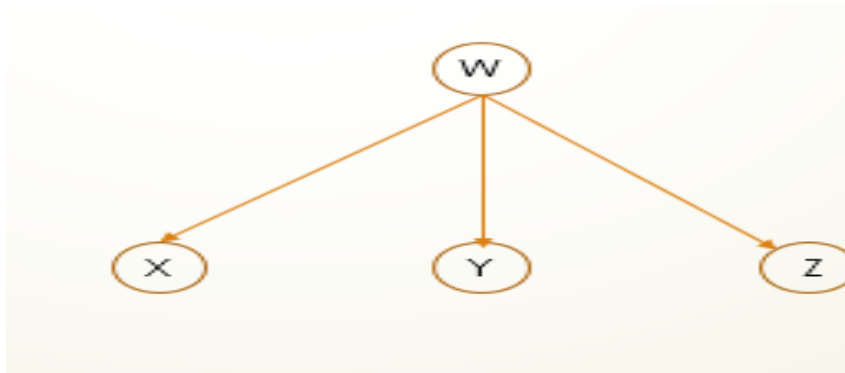
Şekil 4.2 : Seri bağlantı.

- **Yakınsayan Bağlantılar :** Birbiri ile herhangi bir ilişkisi olmayan X , Y , ve Z olaylarının W olayı üzerinde etkisi mevcut ise bu bağlantı tipi yakınsayan bağlantıdır. Buradaki anahtar nokta, W olayı üzerinde etkisi bulunan X , Y , ve Z olaylarının birbiri arasına herhangi bir ilişki bulunmamasıdır. Şekilsel gösterimi de Şekil 4.3’deki gibi ifade edilebilir.



Şekil 4.3 : Yakınsayan bağlantı.

- **İraksayan Bağlantı :** Bir W olayı mevcut olduğunu, ve bu W olayının birbiri üzerinde herhangi bir etkisi mevcut olmayan X , Y , ve Z olayları üzerinde etkisi olduğunu farz edelim. Bu tip bağlantılar ıraksayan bağlantılar olarak ifade edilmektedir. Şekilsel gösterimi de Şekil 4.4’teki gibi ifade edilebilir [57].



Şekil 4.4 : İraksayan bağlantı.

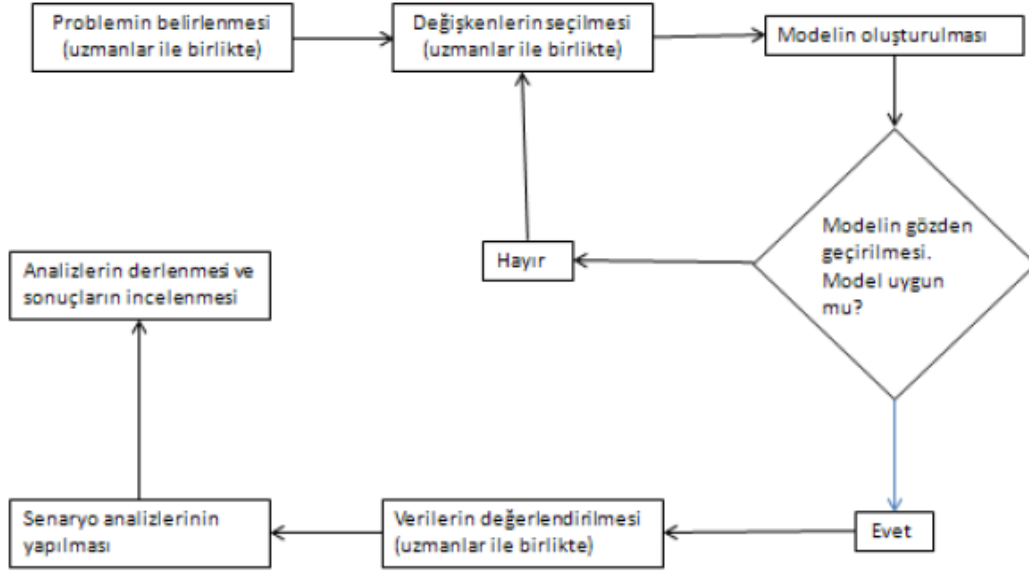
4.3.5 Bayes ağı oluşturma aşamaları

Bir BA oluşturulurken en genel anlamda altı aşamalı bir proses vardır. Çalışma konularına bağlı olarak süreçler değiştirilir, ve işletmelere uygun bir şekilde uyarlanabilir. Ancak genel olarak çatı bu altı aşamadan oluşur.

Çalışılacak konunun detaylarına göre, ilgili süreç de detaylandırılır. Bu kısımda ilk olarak altı aşama ifade edilecektir. Sonrasında tez kapsamında yapılacak BA oluşturma aşamaları ifade edilecektir. Bu aşamalar, ve tanımlamaları aşağıdaki gibidir.

Ek olarak aşamaların bazı kısımlarında tekrar değerlendirme yapılması gerekebilir. Bunun için ilgili aşamada aynı işlemler tekrar uygulanabilir, özetle döngüsel bir yapı söz konusudur. Gerekli durumlarda döngüsel yapıda geriye gidilerek yani aynı işlemin tekrar yapılması ile optimum modele ulaşılmaya çalışılacaktır. İfade edilen döngüsel yapı Şekil 4.5'te özetlenmiştir [58].

- **Problemin Belirlenmesi** : İlgili darboğazlar işletmedeki konunun uzmanları ile birlikte yapılan değerlendirmeler sonucu belirlenir. Darboğazların belirlenmesiyle beraber konunun odak noktası saptanmış olur.
- **Değişkenlerin Seçilmesi** : İlgili darboğazları çözmek için çözüm alternatifleri, konunun uzmanları ile belirlenecektir. Bu bölümde bahsedilen çözüm alternatifleri, darboğazları gidermek için önerilen çözümler olacaktır.
- **Modelin Oluşturulması** : Darboğazlar, çözüm alternatifleri, ve işletmenin sahip olduğu kaynaklar birleştirilerek model oluşturulacaktır. Model oluşturulurken belirlenen parametreler değerlendirilecektir. Birbirine yakın parametreler mümkünse tek çatı altında toplanacaktır.
- **Verilerin Değerlendirilmesi** : Model kurulduktan sonra modelle ilgili veriler uzmanlarla beraber değerlendirilecektir. Model veri olarak uzmanlarla yapılan anket çalışması sonucu çıkarılan olasılık değerlerini kapsamaktadır.
- **Senaryo Analizlerinin Yapılması** : Model, verileriyle beraber kullanılacak yazılıma aktarılacak, ve senaryolar çıkarılacaktır. Bu sayede farklı durumlar altında firmanın durumu saptanacaktır.
- **Analizlerin Derlenmesi ve Sonuçların İncelenmesi** : Analiz tamamlandıktan sonra ulaşılan sonuçlar değerlendirilecektir. Sonuçlar yorumlanacak, ve öneriler sunulacaktır.



Şekil 4.5 : Bayes ağı oluşturma aşamaları.

Yüksek lisans tezi kapsamında oluşturulan BA aşağıda belirtilen aşamaların tamamlanması ile hazırlanmıştır. Tez konusu enerji verimliliği üzerine olduğundan konu özelinde süreç detaylandırılmıştır. BA aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir. Aşamaların detayları bir sonraki bölüm olan “UYGULAMA” bölümünde ele alınacaktır.

- Soğutucu Üretim Prosesi İncelemesi
- Fabrika Değer Akış Haritasının(DAH) Çıkarılması
- Fabrika Enerji Değer Akış Haritasının(E-DAH) Çıkarılması
- Enerji Değer Akış Haritasında Darboğazların Belirlenmesi
- İşletmenin Sahip Olduğu Kaynakların Belirlenmesi
- Darboğazların Giderilmesi için Çözüm Alternatiflerinin Belirlenmesi
- Değişkenlerin Bayes Model Yapısına Uygun Hale Getirilmesi
- Olasılık Değerlerinin Anket Çalışması ile Belirlenmesi
- Modelin Oluşturulması
- Senaryo Analizlerinin Yapılması
- Çıkan Sonuçların Değerlendirilmesi
- Önerilerin Yapılması

4.3.6 Bayes ağlarının avantajları

BA'nın kullanılmasının birçok avantajı vardır. Bu avantajlar ifade edilirse :

- İstatistik metotlarına göre yapılan işlemlerde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.
- Bilgilerin işlenmesini kolaylaştırır.
- Kompleks sistemlerin rahatlıkla değerlendirilmesini sağlar [59].
- Konunun uzmanları ile çalışılmasından dolayı işletmenin durumu ile ilgili gerçekçi sonuçlara ulaşılmasını sağlar [60].
- İlişkileri belirleyen ağ yapıların kolayca oluşturulmasını sağlar.
- Halihazırda oluşturan modelde, model oluşturulduktan sonra dahi yeni değişimler sisteme entegre edilebilir, örnek verilecek olursa; modelin istenilen kısmına yeni bir değişken atanabilir [61].
- Veri kümesinde herhangi bir eksik veri bulunsu dahi BA çalışmaya devam eder, bunu sistemde mevcut olan değişkenlerin olasılık değerlerini işleme alarak yapar.

4.3.7 Bayes ağlarının dezavantajları

Her ne kadar BA avantajlı bir yöntem olarak gözüксе de, birtakım dezavantajları mevcuttur. bu dezavantajlar ifade edilirse :

- İyi bir çalışmanın elde edilebilmesi için konu kapsamında çalışılan uzmanlara bağımlılık vardır, bu da bazı durumlarda iyi bir model elde edebilmek için bir kısıt olarak gözükmektedir.
- BA yapısında kullanılacak nicel verilerin bazı durumlarda saptanmasının zor olması, ve doğruluğunun net olarak belirlenememesi problemleri mevcuttur [62].
- Değişken sayısının fazla olması nedeniyle verilerin toplanmasının zor olması, ve aynı zamanda koşullu olasılık tablolarının doldurulmasının zor olması. Özellikle olasılık değerlerinin girilmesi çok vakit almaktadır.
- Hangi düğümlerin birbiriyle ilişkili olduğunun saptanması, ve gereksiz ilişkilerin elimine edilmesinin zorlaşması, bu durum BA için komoleksiteyi arttırmaktadır.
- Büyük çaplı bir analiz yapıldığında, ilişki matrisinin doldurulmasının zorlaşması [63].

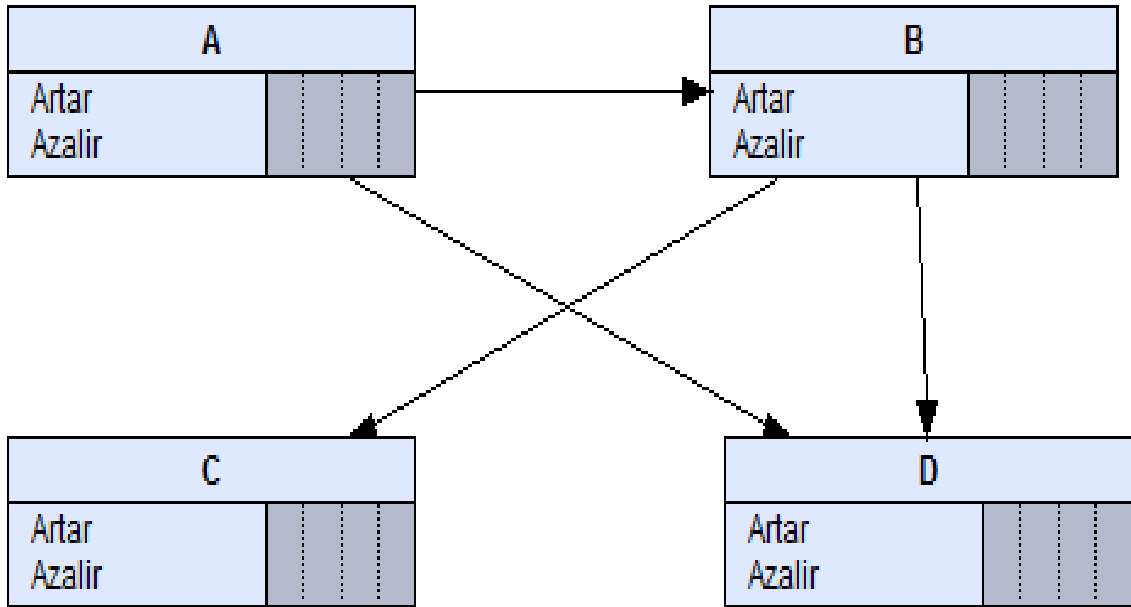
4.3.8 Bayes ağı modelleme programı : netica

Bu çalışmada modelleme programı olarak NETICA isimli yazılım programı kullanılacaktır. NETICA programı Norsys firması tarafından geliştirilmiştir. Yazılım ile alakalı genel bilgilere firmanın internet sitesinden ulaşılabilir.

Yazılımı kullanmak için belirli bir ücret ödemek gerekir, ancak “LIMITED MODE” seçeneği sayesinde 16 düğüme kadar ücretsiz olarak kullanılabilir. Yazılım firmanın web sayfasından indirildikten sonra “LIMITED MODE” seçeneği seçilerek çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Yazılım ile alakalı örnek verilecek olursa, basit bir BA yapısının örneği Şekil 4.6’da, verilmiştir. Çalışma yapacak kişiler internette bulunan “TUTORIAL” örnekleri sayesinde programı kolaylıkla öğrenebilirler. Örnek uygulamalar sayesinde kullanıcılar kendi sistemlerini en uygun şekilde yazılıma aktarabilirler.

Olasılık dağılımlarının girildiği bölümün ekran görüntüsü ise Şekil 4.7’de verilmiştir. Birbiri ile ilişkili tüm olasılık dağılımları yazılıma girilebilir, bu sayede birbirini etkileyen tüm durumlar sisteme yansımış olur.



Şekil 4.6 : NETICA bayes ağı gösterimi.

A	B	C	D	
Artar	Artar	Artar		
Artar	Artar	Azalir		
Artar	Azalir	Artar		
Artar	Azalir	Azalir		
Azalir	Artar	Artar		
Azalir	Artar	Azalir		
Azalir	Azalir	Artar		
Azalir	Azalir	Azalir		

Şekil 4.7 : NETICA koşullu olasılık değerleri girilmesi.

5. UYGULAMA

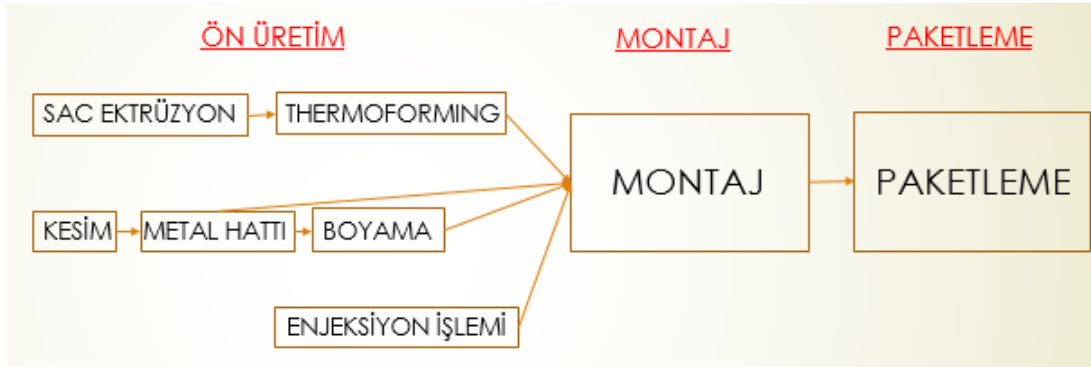
Bu bölümde fabrikada yapılan çalışmanın detaylarına girilecektir. Uygulama çalışması soğutucu üretim prosesi ile başlayıp, senaryo analizi çalışmasına kadar devam edecektir. Sonuçlar kısmında ise, elde edilen sonuçlar yorumlanacak, ve duyarlılık analizleri yapılacaktır.

5.1 Soğutucu Fabrika Üretim Prosesi

Soğutucu fabrikasında üretim prosesi üç kısımdan oluşmaktadır. Bu aşamalar ön üretim, montaj, ve paketlemedir. Bu aşamalar basitçe ifade edilecektir. Süreçler kısaca açıklanacaktır. Sürecim basit şeması Şekil 5.1’de görülmektedir.

- **ÖN ÜRETİM** : Soğutucunun içerdiği parçaları, montaja hazır hale getirebilmek için gerekli süreçtir. Alt kademelerden oluşur. Bu kademeler :
 - **Sac Ekstrüzyon** : Bir metalin, belirli bir etki sonucu itilerek kalıbın içinden geçirilmesi, ve sonrasında şekillendirilmesi işlemidir. İşlem başlamadan önce metal sac, kılavuz plaka, ve kalıp arasına sıkıca tutturulur. Sonrasında zımba, metal saca nüfuz eder, ve sacı kalıbın ekstrüzyon çıkışına doğru yönlendirir. Bu sayede ekstrüzyon yapılmış olur [64].
 - **Thermoforming** :Ekstrüzyondan gelen parça thermoforming işlemine tabi tutulur. Temel olarak ısıyla şekillendirme işlemidir. Isıtılan levhanın vakum, basıncı hava veya mekanik yöntemler yardımıyla şekillendirilmesidir.
 - **Kesme İşlemi** : İlgili parçalar üretimde gerekli olacak şekilde kesilir, ve metal hatlarına işlem görmek üzere gönderilir.
 - **Metal Hatları** : Metal hatlarında son şekillendirmeler yapılır, boyanacak parçalar boyahaneye gönderilir. Boyama işlemi yapılmayacak olan parçalar ise direkt olarak montaj hattına gönderilir.

- **Boyahane** : Metal hatlarından gelen parçalar boyanarak montaj hattına gönderilir. Boyama aşaması ön işlem, kumlama, boyama, ve son kontrol aşamalarından oluşur. Üretim sürecinin önemli aşamalarından biridir [65].
- **Enjeksiyon İşlemi** : Belirlenen sıcaklığa ulaşması sağlanan eritilmiş malzeme, belirli bir basınçla beraber kalıba enjekte edilir. Parçanın yeteri derecede soğuması beklendikten sonra parça kalıptan alınır. Soğutucunun birçok aksesuarı (kapı rafları, çekmeceler vb) bu şekilde imal edilir.
- **MONTAJ** : Farklı bölümlerden gelen tüm parçalar montaj işleminde birleştirilir, ve soğutucu son halini alır.
- **PAKETLEME** : Montajı tamamlanan ürünler paketleme işlemine tabi tutulur. Paketlemesi tamamlanan ürün ise lojistik depoya alınarak ilgili yerlere gönderilmek üzere hazır tutulur.

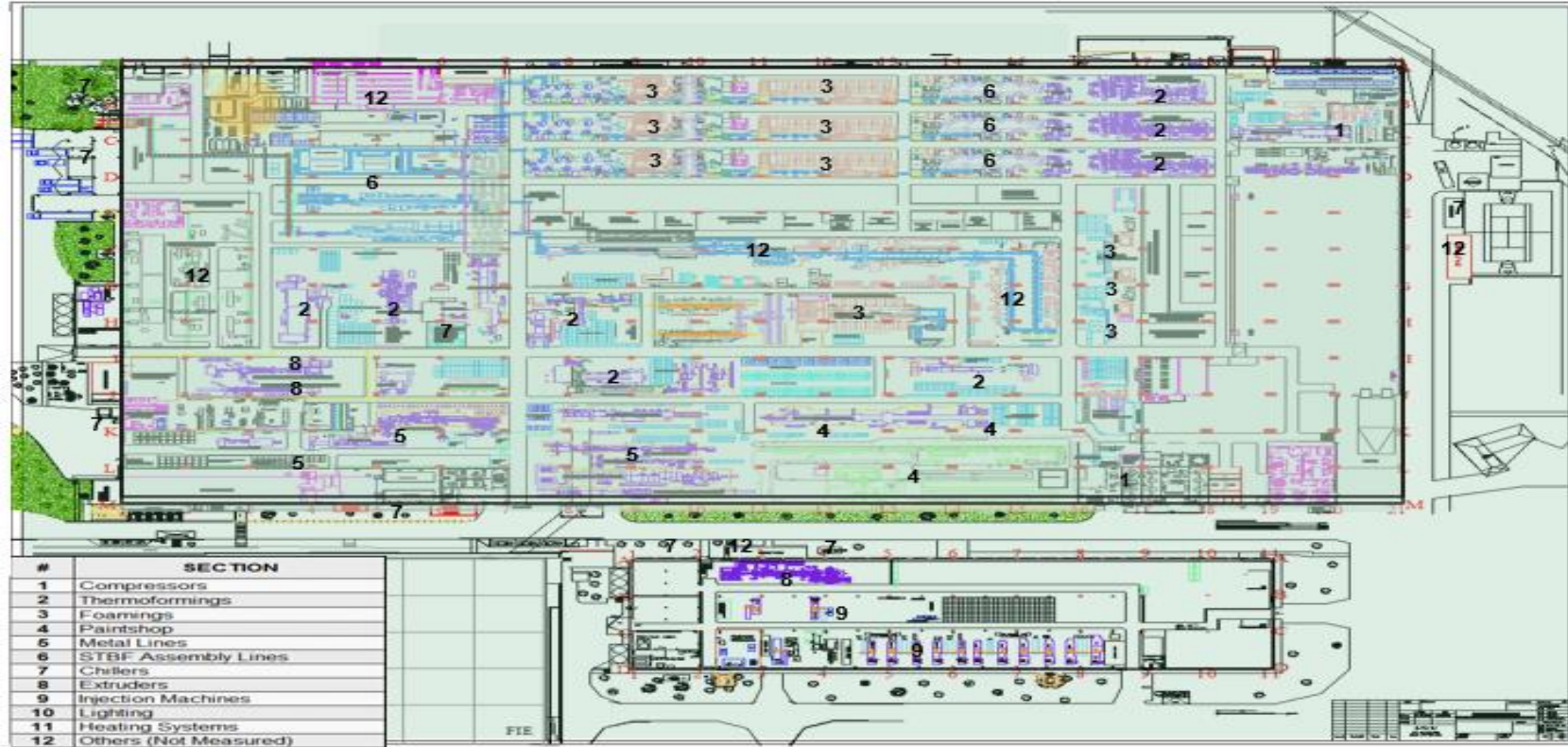


Şekil 5.1 : Fabrika üretim prosesi şeması.

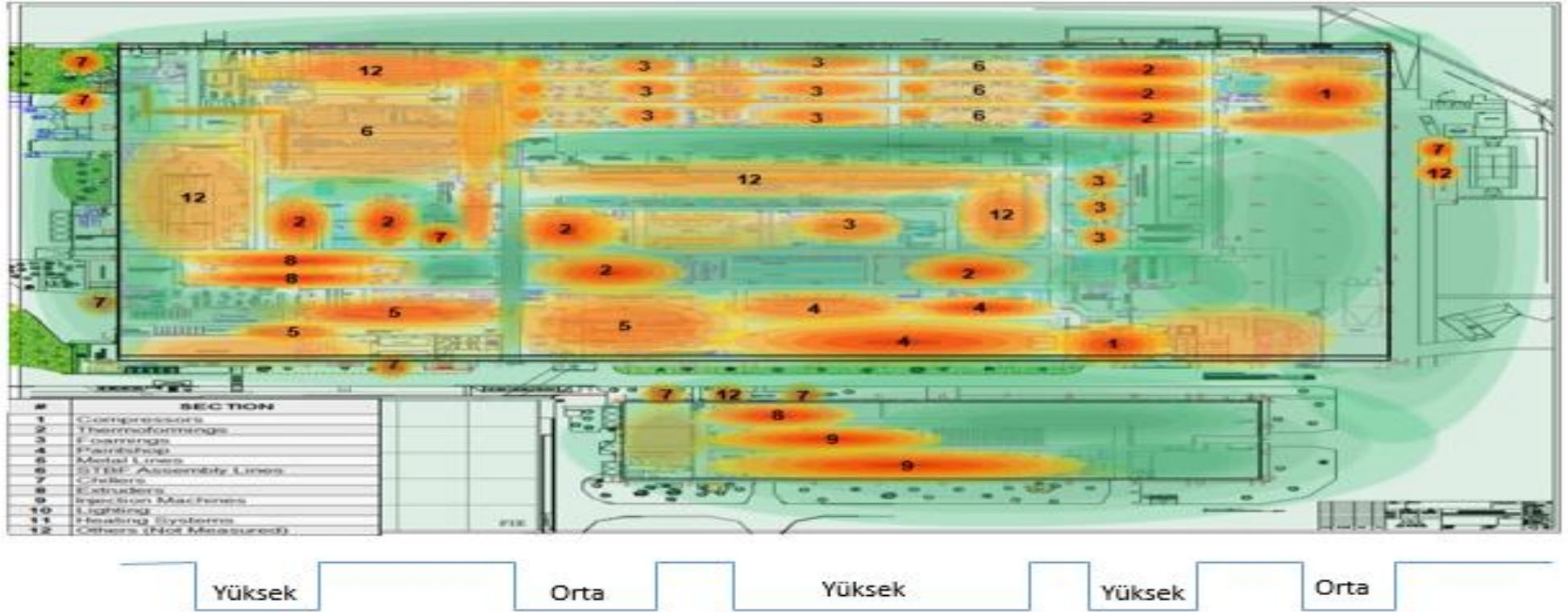
Üretim süreçlerinin anlatılmasıyla beraber DAH, ve E-DAH haritaları verilecektir. Bu sayede enerji darboğazları belirlenebilecektir. İlgili haritalar Şekil 5.2’de fabrika değer akış haritası,ve Şekil 5.3’de fabrika enerji değer akış haritası bölümlerde verilmiştir.

Şekil 5.2’de fabrikanın güncel prosesi görülmektedir.. Bu haritada fabrikadaki temel süreçler, ve hangi bölümde hangi işlemlerin yapıldığı anlaşılmaktadır.

Şekil 5.3’de ise fabrikanın güncel E-DAH gösterilmiştir. Bu haritada enerji tüketiminin yoğun olduğu alanlar koyu kırmızı renkle, enerji tüketiminin az olduğu alanlar ise turuncu veya açık kırmızı renklerle ifade edilmiştir. Haritanın alt kısmında yer alan orta, yüksek yazıları ise ilgili kısımlardaki enerji tüketiminin genel değerlendirmesini göstermektedir. Yüksek olan noktalar ana odak noktaları olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.2 : Fabrika değer akış haritası.



Şekil 5.3 : Fabrika enerji değer akış haritası

5.2 Enerji Değer Akış Haritasında Darboğazların Belirlenmesi

E-DAH'na bakıldığında kırmızı rengin yoğun olduğu bölümler enerji tüketiminin fazla olduğu bölümlerdir, bu yüzden bu bölgeler darboğaz potansiyel bölgeleridir. Uzmanlarla konuşularak, ve yıllık enerji tüketim verilerine bakılarak aşağıda belirtilen üç proses darboğaz olarak seçilmiştir. Bu üç proseste enerji tüketiminin fazla olduğu saptanmıştır.

- Enjeksiyon Makinası Enerji Tüketimi
- Thermoforming Enerji Tüketimi
- Boyahane Enerji Tüketimi

Karar noktasında ise enjeksiyon makinası, ve thermoforming işlemi üzerinde karar verilecektir. Karar verme ifadesi BA ile ilgilidir. Yapılacak BA analizi sonucu fabrikada yatırım yapılacak kalem ya enjeksiyon makinası, ya da thermoforming olarak belirlenecektir. İkisinden biri seçilecektir. Boyahane enerji tüketiminin eklenmesinin nedeni de, diğer bir tüketimin fazla olduğu süreç üzerinde potansiyel bulunup bulunamayacağının belirlenmek istenmesidir. Nihayetinde temel iki darboğaz aşağıdaki gibidir.

- Enjeksiyon Makinası Enerji Tüketimi
- Thermorforming Enerji Tüketimi

5.3 İşletmenin Sahip Olduğu Kaynaklar

Bayes analizindeki önemli parametrelerden biri de işletmenin hali hazırda sahip olduğu kaynaklardır. Bu kaynaklar darboğazların çözümünde önemli bir rol üstlenmektedir.

Uzmanlarla yapılan görüşmeler, ve literatür taraması sonucu işletmenin sahip olduğu kaynak değişkenleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir. Kaynak değişkenleri ifade edilirse :

- **Bütçe :** Bütçe kaynak değişkeni olarak en önemli parametrelerden biridir. Birçok durumda verilecek kararı direkt olarak etkilemektedir. Firmanın

yatırım yapılıp yapılmama durumunun değerlendirilmesini sağlayan bütçe, ilk kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.

- **Üretim Adedi** : Üretim adedi tüketimi etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Basit bir mantıkla düşünülürse, daha fazla ürün üretilirse, daha fazla enerji tüketilmiş olur, bu yüzden yıllık adet planlamaları tüketimi etkilemektedir. Bu yüzden üretim adedi ikinci kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.
- **Ekipman** : İşletme talep edilen ürünü üretebilmek için birçok ekipmana ihtiyaç duyar. Planlamaya bağlı olarak ekipman sayısı değişkenlik göstermektedir. Bu yüzden ekipman sayısı üçüncü kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.
- **Kalite** : Her ne kadar kalite kavramı direkt olarak kaynak gibi düşünülmesine de , aslında en önemli kaynak değişkenlerinden biridir. BSH özelinde bakarsak bir Alman firması olduğundan dolayı, kalite en üst derecede önemli bir konudur. Birçok BSH kalite standardı mevcuttur, hatta bazen bu standartlar dünyada saygın kurumlar tarafından kabul edilen sınır noktaların üzerindedir, bu yüzden kalite dördüncü kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.
- **Pazar Payı** : İşletmenin pazardaki konumu birçok işleyişi etkilemektedir. Pazar payının değişkenlik göstermesi fabrika tarafında enerji tüketimini etkilemektedir. Bu yüzden Pazar payı beşinci kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.
- **Kişi Sayısı** : İşletmenin sahip olduğu çalışan sayısı, işletmenin sahip olduğu önemli bir kaynaktır , üretimin en iyi şekilde devam edebilmesi için birçok çalışana ihtiyaç duyulmaktadır , bu yüzden kişi sayısı altıncı kaynak değişkeni olarak seçilmiştir.

5.4 Darboğazlar İçin Çözüm Alternatifleri

Bayes analizinde diğer önemli parametrelerden biri de çözüm alternatifleridir. Çözüm alternatifleri ile beraber darboğaz noktaları çözülmeye çalışılacaktır.

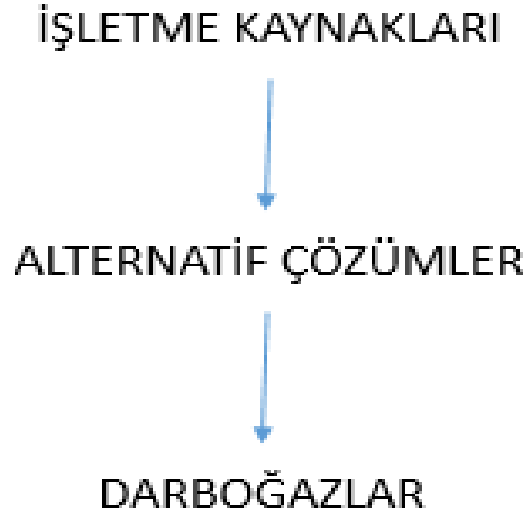
Çözüm alternatifleri uzmanlarla yapılan görüşmeler, literatür taraması, ve danışmanların önerisi ile belirlenmiştir. Çözüm alternatifleri aşağıdaki gibidir.

- **Enerji Verimli Yeni Makine Yatırımı** : Tüketim problemini çözebilmek için enerji verimli yeni makine satın alınması önerilmiştir, bu sayede ilgili darboğazlarda tüketimin azaltılması öngörülmüştür.
- **Enerji Verimli Proses Değişimi** : Hali hazırda sürdürülen proses yerine, enerji verimli bir proses önerilmiştir , burada odak noktası prosesin değiştirilmesidir , bu sayede tüketimin azaltılacağı öngörülmüştür.
- **Enerji Verimli Otomasyon/Robot Kullanımı** : Fabrikaya üretim esnasında kullanılacak, enerji verimli otomasyon/robot sistemlerinin alınması planlanmıştır, bu sayede tüketimin azaltılacağı öngörülmüştür.
- **Enerji Verimliliği Projeleri** : Fabrikada enerji verimliliği çalışmaları projelendirilerek uygun bir süreç içinde yürütülecektir, bu sayede enerji tüketiminin azaltılması öngörülmüştür.
- **Makine Enerji Verimliliği Artışı** : Hali hazırda mevcut olan yani işletmenin sahip olduğu makineler üzerinde enerji verimliliği çalışması yürütülecektir, bu sayede tüketimin azaltılması planlanmaktadır.
- **Enerji Verimliliği Çalışan Bilinçli Kullanım** : İşletmede çalışan kişilerin enerji verimliliği konusunda bilinçlendirilmesi çalışması yürütülecektir, bu sayede tüketimin azaltılması planlanmaktadır. Aslında yapılan çalışmadan kastedilen firmada gerçekleşecek enerji verimliliği eğitim çalışmasıdır. Alınacak eğitimle beraber bilinçli kullanımın yaygınlaştırılması öngörülmüştür.

5.5 Değişkenlerin Bayes Yapısına Uygun Hale Getirilmesi

Belirlenen değişkenlerin BA yapısına uygun bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. BA öncül yapısı Şekil 5.4’de görüldüğü gibidir. Öncül yapının en üst kısmında işletme kaynakları yer almaktadır, orta kısımda çözüm alternatifleri, en alt kısımda ise darboğazlar mevcuttur. Sistem bu şekilde incelenecektir.

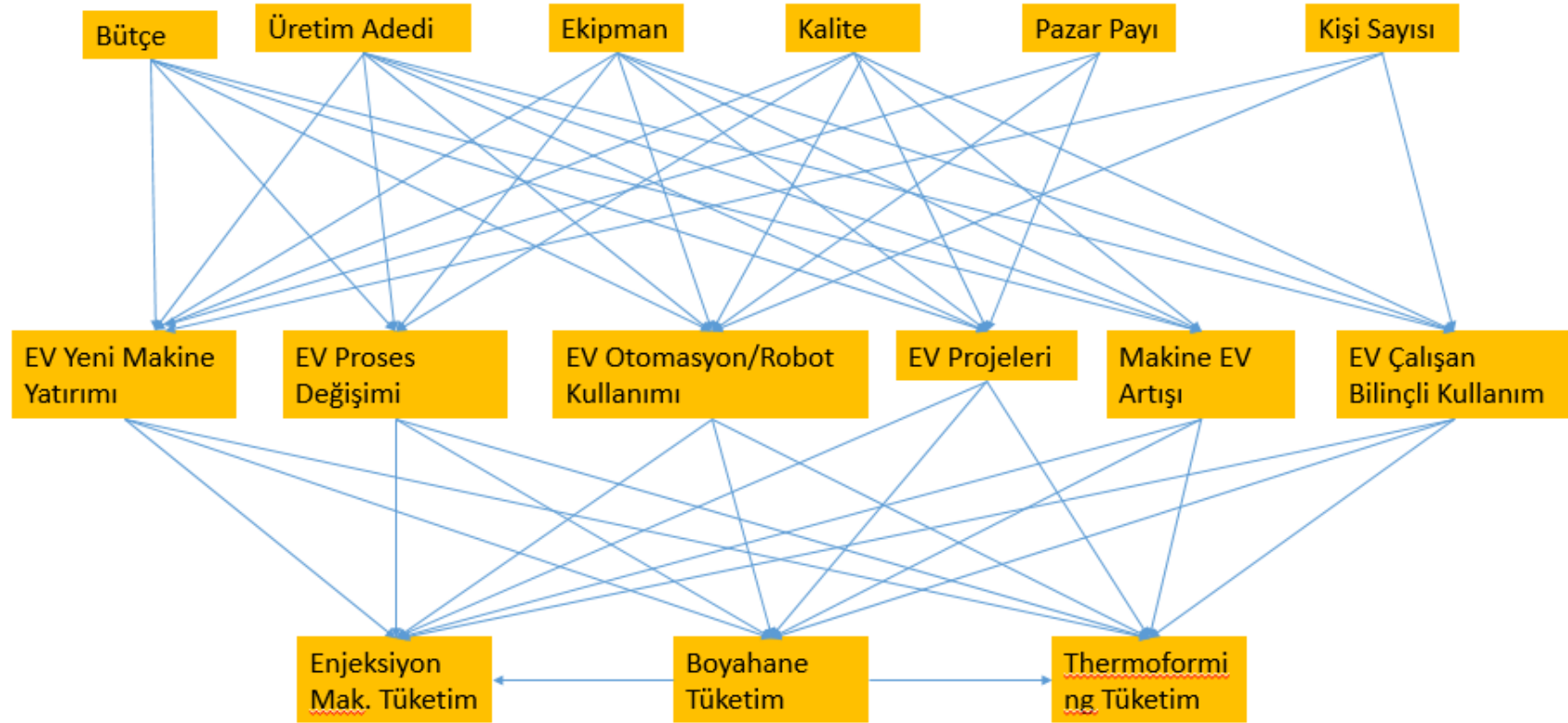
BA yapısında değerlendirme yapılırken ikili değerlendirme esas alınmıştır. İkili değerlendirmeden kastedilen işletme kaynakları ile çözüm alternatifleri değerlendirilecek, sonrasında çözüm alternatifleri ile darboğazlar değerlendirilecektir. Bu sayede kompleks yapı bir nebze azalacak, ve değerlendirme kolaylaşacaktır. Ekler bölümünde yer alan Şekil A.1’de ise öncül yapısı düzeninde değişkenler yerleştirilmiştir.



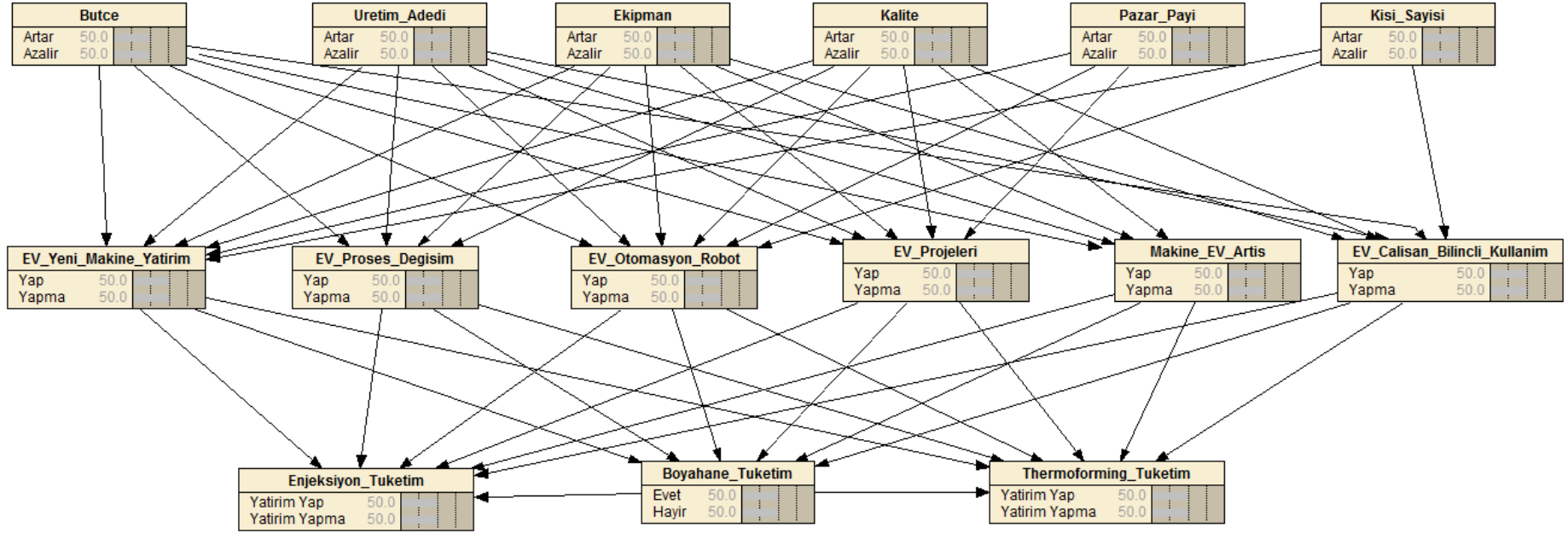
Şekil 5.4 : Bayes öncül yapısı.

BA yapısı oluşturulduktan sonra değişkenler arası bağlantılar kurulmalıdır. Hangi değişken birbiriyle ilişkiliyse oklar ile birbirine bağlanacaktır.

İlişkileri belirlemek için ise ilişki matrisinden yararlanılmıştır. İlişki matrisi çok büyük olduğundan daha önce belirtildiği gibi ikili şekilde değerlendirme yapılmıştır. İlişki matrisinde ilişkiler değerlendirilirken üç ihtimal söz konusudur. Durum “1” olduğu zaman, satırdaki parametre artarsa sütundaki parametre de artar demektir, yani doğru orantılı bir durum söz konusudur. Durum “0” olduğu zaman, satırdaki parametre ile sütundaki parametre ilişkili değil demektir. Durum “-1” olduğunda ise satırdaki parametre artarken, sütundaki parametre azalır demektir, yani ters orantı vardır. İlişki matrisinin değerlendirilmesi ekler bölümünde yer alan Çizelge A.1’de işletme kaynakları – çözüm alternatifleri, ve Çizelge A.2’de çözüm alternatifleri – darboğazlar değerlendirilmesi ile beraber tamamlanmıştır. İlişki matrisinin değerlendirilmesi tamamlandıktan sonra öncül model uyarınca birtakım ilişkilerin elenmesi söz konusudur. Eleme işlemleri yapıldıktan sonra elde edilen son hal Şekil 5.5’da gösterilmiştir. Şekil 5.6’de ise modelin son hali, olasılık verileri olmadan NETICA programına girilmiş olarak gösterilmiştir. Bu aşamanın tamamlanması ile beraber olasılık değerlerini elde etmek için uzmanlarla beraber anket çalışması yapılmıştır.



Şekil 5.5 : Bayes öncül modelin son hali.



Şekil 5.6 : Bayes ağı modelinin NETICA'ya girilmiş hali.

5.6 Olasılık Değerleri İçin Anket Çalışması

Bayes öncül modeli kurulduktan sonra son olarak olasılık değerlerinin elde edilmesi için işletmede uzmanlarla beraber anket yapılmıştır. Anket üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda işletme kaynakları değerlendirilmiştir. İkinci kısımda işletme değişkenlerine bağlı olarak çözüm alternatifleri değerlendirilmiştir, son kısımda ise çözüm alternatiflerine bağlı olarak darboğazlar değerlendirilmiştir.

5.6.1 İşletme kaynak değişkenleri anketi

Bu bölümde işletme kaynak değişkenleri uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Her bir parametre değerlendirilirken kavramlar kendi içinde düşünülmüş, ve fabrikanın güncel durumu yansıtılmaya çalışılmıştır.

Anketin değerlendirme mantığı şu şekildedir, örneğin bütçe değişkenini ele alırsak, bütçe için iki alternatif belirlenmiştir, bu olasılıklar bütçenin artması, ve bütçenin azalması durumudur. Uzmanlara bütçenin artma olasılığı nedir, bütçenin azalma olasılığı nedir diye sorulmuştur. Olasılık verileri bu şekilde çıkartılmıştır. Önemli nokta her durumda olasılıklar toplamı %100 olmalıdır.

Çizelge 5.1’te işletme kaynak anketinin sonuçları gösterilmiştir. Anketin detayları , “EKLER” kısmında yer alan EK A.3 bölümünde görülebilir.

Çizelge 5.1 : İşletme kaynak değişkenleri anketi.

Parametreler	Durumlar	Olasılık
Bütçe	Artar	46,5
	Azalı	53,5
Üretim Adedi	Artar	45
	Azalı	55
Ekipman	Artar	65,5
	Azalı	34,5
Kalite	Artar	58,9
	Azalı	41,1
Pazar Payı	Artar	46,5
	Azalı	53,5
Kişi Sayısı	Artar	47
	Azalı	53

5.6.2 Çözüm alternatifleri anketi

Bu bölümde çözüm alternatif değişkenleri uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Temel mantık işletme kaynak anketinde ifade edilene benzer bir mantıktır. Örneğin bütçe, ve EV yeni makine yatırımı örneğini ele alırsak; önceki durumdan farklı olarak bu sefer ikiden fazla olasılık kombinasyonu mevcut olacaktır. Bütçe için artar, ve azalır, EV yeni makine yatırımı için de yap, yapma alternatifleri mevcuttur. Yap, ve yapma alternatiflerinden kasıt, yap olduğu zaman makine yatırımı yap, yapma olduğu zaman ise makine yatırımı yapma şeklindedir. Çizelge 5.2’te anketten örnek bir kısım verilmiştir. Anket detaylarına “EKLER” bölümünde yer alan EK A.4 bölümünden ulaşılabilir.

Çizelge 5.2 : Çözüm alternatifleri anketi örneği.

Parametreler	Durumlar	EV Yeni Makine Yatırımı	
		Yap	Yapma
Bütçe	Artar	43,1	56,9
	Azalır	19,6	80,4
Üretim Adedi	Artar	42,5	57,5
	Azalır	19,1	80,9
Ekipman	Artar	38	62
	Azalır	29,6	70,4
Kalite	Artar	51,5	48,5
	Azalır	37,1	62,9

5.6.3 Darboğaz anketi

Bu bölümde darboğaz değişkenleri uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Mantık çözüm alternatifleri ile aynıdır.

Örnek verilecek olursa; yeni makine yatırımı ele alalım. Yeni makine yatırımı için iki alternatif söz konusudur, yap, ve yapma. Darboğaz olarak ise enjeksiyon makinesini ele alalım.

Enjeksiyon makinesindeki tüketim sorununu çözebilmek için yatırım yap, ve yatırım yapma olasılıkları mevcuttur. Yeni makine yatırımı yapıldığı durumda enjeksiyon makinesi tüketimi sorununun çözülmesi için yatırım yap, ve yatırım yapma olasılıkları nedir. Bu şekilde temel olarak olasılık dağılımları çıkarılmıştır. Darboğaz anketinin bir bölümü Çizelge 5.3’da verilmiştir. Anket detaylarına “EKLER” bölümünde yer alan EK A.5 bölümünden ulaşılabilir.

Çizelge 5.3 : Darboğaz anketi örneği.

Parametreler	Durumlar	EV Yeni Makine Yatırımı	
		Yatırım Yap	Yatırım Yapma
EV Yeni Makine Yatırımı	Yap	68,1	31,9
	Yapma	28,1	71,9
EV Proses Değişimi	Yap	47,5	52,5
	Yapma	34,1	65,9
EV Otomasyon/Robot Kullanımı	Yap	46,5	53,5
	Yapma	33,1	66,9

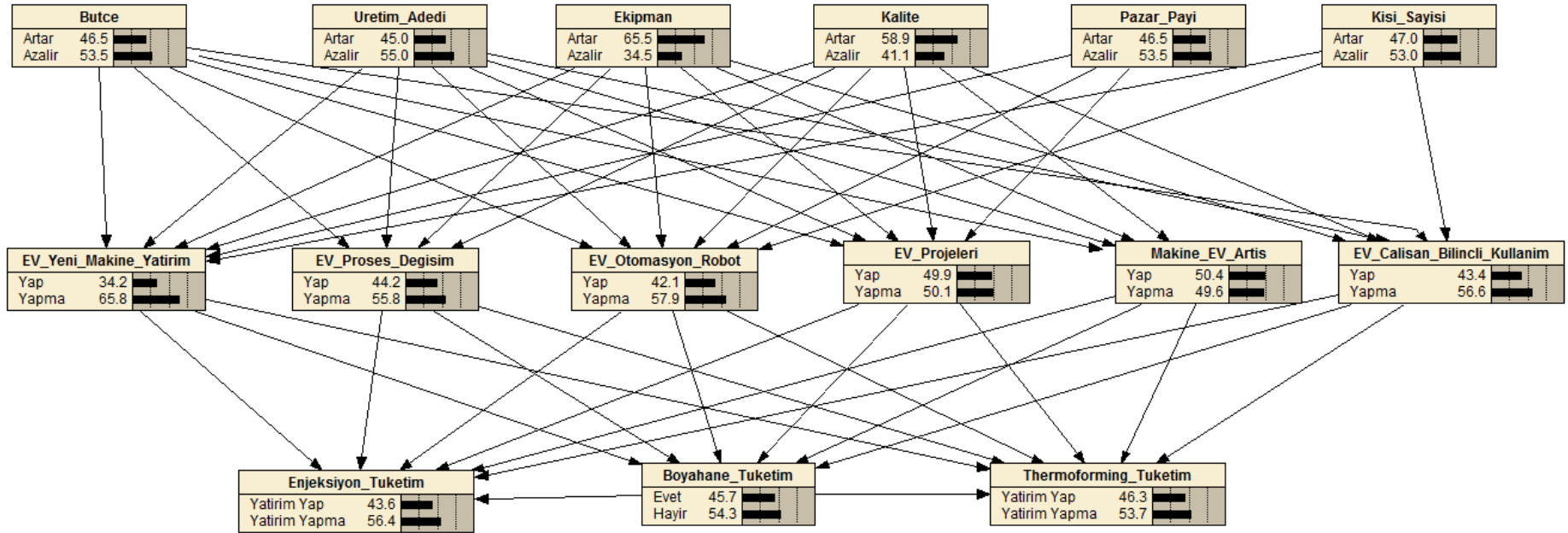
5.7 Senaryo Analizlerinin Elde Edilmesi

Tüm anket işlemlerinin tamamlanmasından sonra anket verileri NETICA'ya uygun biçimde aktarılmıştır. NETICA programında temel olarak üç senaryo çalışılmıştır, bu senaryolar güncel durum senaryosu, en iyi durum senaryosu, ve en kötü durum senaryosudur.

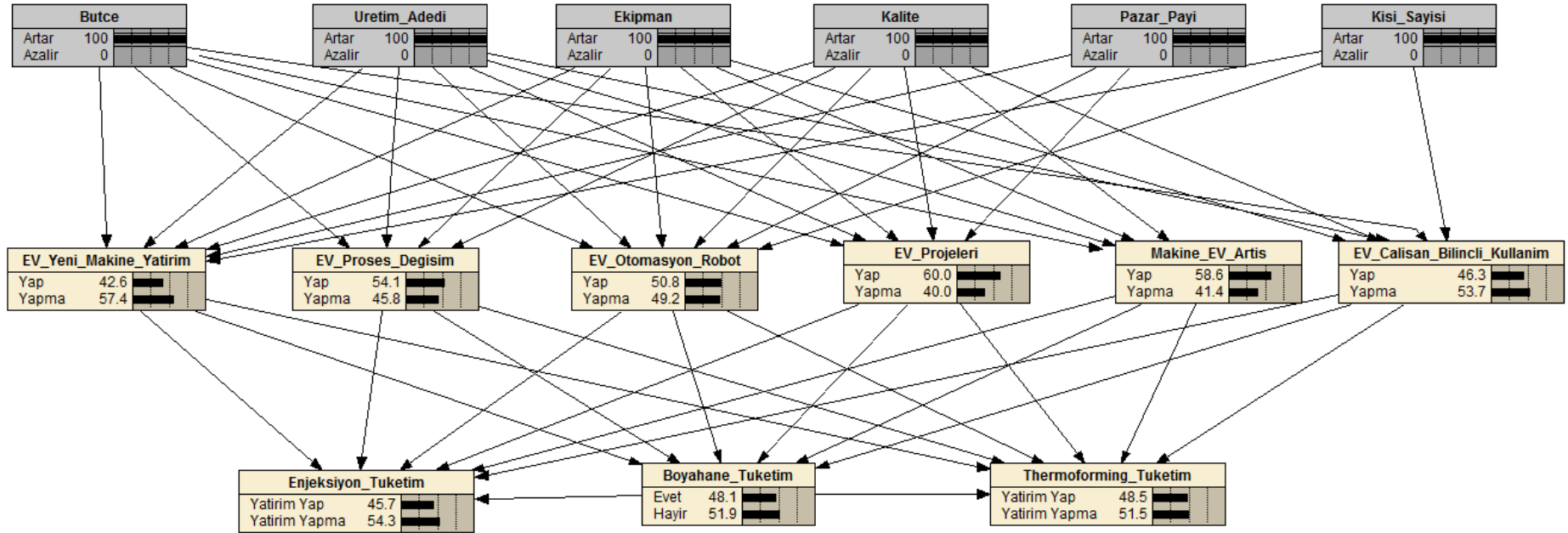
Bu şekilde çalışılmasının nedeni öncelikle güncel durumu değerlendirmek, ve maksimum, ve minimum noktadaki durumları saptayabilmektir. Bu sayede genel durum değerlendirmesi yapılabilir, ve şirketin stratejisi oluşturulabilir. Senaryolar kısaca açıklanırsa :

- **Güncel Durum :** İşletme kaynakları, güncel durum baz alınarak programa girilmiştir. Güncel durumdan kastedilen ise uzmanlarla yapılan anket değerlendirmesidir. Uzmanlarla parametreler üzerinde detaylı değerlendirmeler yapılmıştır. Şekil 5.7'de belirtilmiştir.
- **En İyi Senaryo :** İşletme kaynak değişkenlerinin tamamında pozitif yönde %100 olacak şekilde işletme değişkenleri NETICA'ya girilmiştir. Şekil 5.8'da belirtilmiştir.
- **En Kötü Senaryo :** İşletme kaynak değişkenlerinin tamamında negatif yönde %100 olacak şekilde işletme değişkenleri NETICA'ya girilmiştir. Şekil 5.9'da belirtilmiştir.

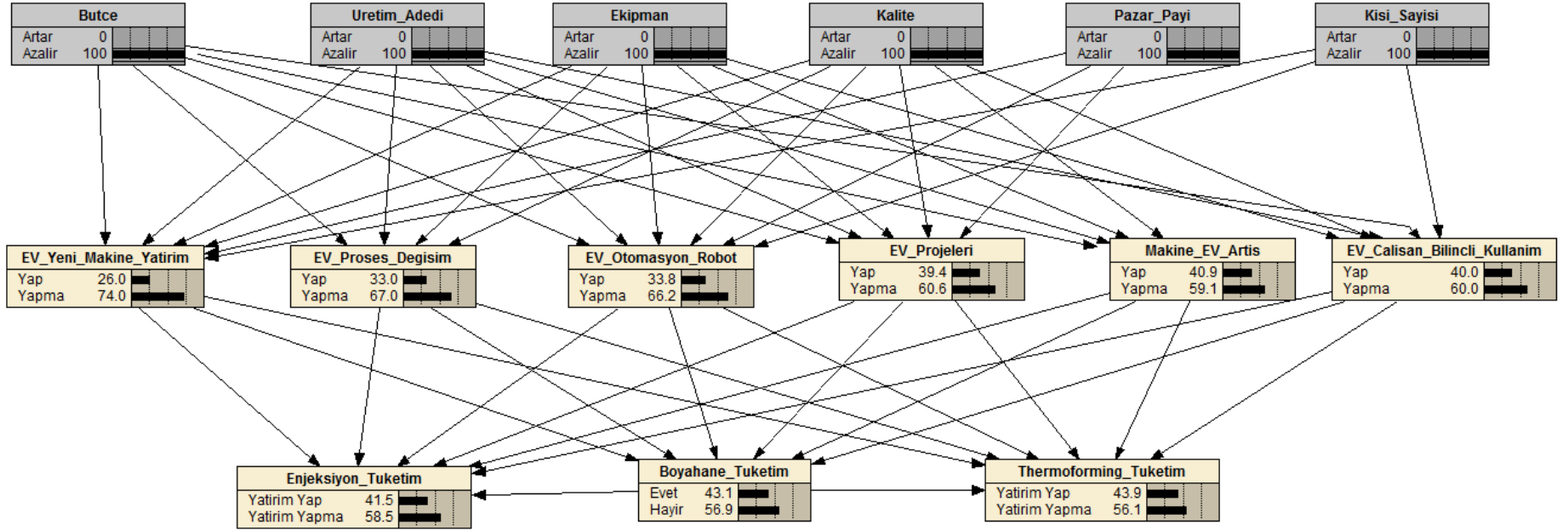
Aşağıda güncel durum, en iyi durum, ve en kötü durum için NETICA'dan elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Bu sonuçlar tezin bir sonraki bölümü olan “SONUÇLAR VE ÖNERİLER” kısmında detaylı olarak incelenecektir.



Şekil 5.7 : Güncel durum NETICA modeli.



Şekil 5.8 : En iyi durum senaryosu NETICA modeli.



Şekil 5.9 : En kötü durum senaryosu NETICA modeli.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde senaryo analizleri sonucu elde edilen sonuçlar detaylı olarak yorumlanacaktır. Senaryo yorumları bittikten sonra duyarlılık analizleri yapılarak alt kırılım detayları incelenecektir. Son olarak ise öneriler ifade edilip tez yazım işlemi tamamlanacaktır.

6.1 Senaryoların Değerlendirilmesi

6.1.1 Güncel durum senaryosu

Bu bölümde güncel durum senaryosunda elde edilen veriler yorumlanacaktır. Yorumlarda bahsedilen olasılık verileri Şekil 5.8’de belirtilmiştir. Güncel durum senaryosu parametre değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir.

- **Bütçe** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu bütçenin artma olasılığı %46,5 , azalma olasılığı ise %53,5 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere bütçenin artma olasılığı daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak ise bütçenin senenin belli dönemlerinde planlanması, ve firmada görülen bütçe düşürme stratejisidir. Bütçe senenin bazı dönemlerinde planlandığından bütçenin artma ihtimali zordur. Ek olarak firmanın son dönemlerde izlediği strateji nedeniyle birçok kalemdede azalma öngörülmüştür.
- **Üretim Adedi** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu üretim adedinin artma olasılığı %45 , azalma olasılığı ise %55 olarak belirlenmiştir. Fabrikada üretim adedinin azalacağı öngörülmektedir. Bunun en önemli nedeni karlı olmayan ürünlerin satış dışı bırakılacak olması, ve daha karlı ürünlerin ön plana çıkacak olmasıdır. Ek olarak beyaz eşya pazarında meydana gelen genel küçülme durumu üretim adedini negatif yönde etkilemiştir.
- **Ekipman** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu ekipman sayısının artma olasılığı %65,5 , azalma olasılığı ise %34,5 olarak belirlenmiştir. Genel olarak düşünce ekipman sayısının artacağı yöndedir. Bu genel bir trend olarak

belirtilebilir. Üretim 24 saat boyunca kesintisiz devam ettiğinden dolayı devamlı olarak yeni ekipman gerekli olacaktır.

- **Kalite** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu kalite anlayışının artma olasılığı %58,9 , azalma olasılığı ise %41,1 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere kalite anlayışı artmaktadır. Bunun en önemli nedeni, BSH firmasının bir Alman firması olmasından dolayı kalitenin en önem verilen parametrelerden biri olmasıdır. Firmanın Pazar üzerindeki etkisi, kalite anlayışından gelmektedir. Pazarda örneğin BSH firmasının markalarından biri olan BOSCH denildiği zaman akla kalite gelmektedir.
- **Pazar Payı** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu pazar payının artma olasılığı %46,5 , azalma olasılığı ise %53,5 olarak belirlenmiştir. BSH firmasının pazar payı azalan yöndedir, bunun en önemli nedeni en önemli rakiplerden biri olan Arçelik firmasının agresif pazar stratejileridir.
- **Kişi Sayısı** : Uzmanlarla yapılan anket sonucu kişi sayısının artma olasılığı %47 , azalma olasılığı ise %53 olarak belirlenmiştir. Görülen kişi sayısının belli bir seviyede kalacağıdır, artma, ve azalma olasılığı birbirine çok yakındır.
- **Enerji Verimli Makine Yatırımı** : EV yeni makine yatırımı yapılma olasılığı %34,2 , yapılmama olasılığı %65,8 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere yeni makine yatırımı yapma olasılığı düşük çıkmıştır. Bunun en önemli nedeni, üretimde yeni makine alınacağı zaman ana odak noktasının enerji verimliliği olmamasıdır. Yeni makine yatırımı yapılabilir, ancak enerji verimli yeni makine yatırımı yapılma olasılığı düşüktür.
- **Enerji Verimli Proses Değişimi** : EV proses değişimi yapılma olasılığı %44,2 , yapılmama olasılığı %55,8 olarak belirlenmiştir. Hali hazırda takip edilen proseste değişim yapılması olasılığı düşük olarak saptanmıştır. Bunun en önemli nedeni proses işlemlerinin belli bir çerçevede tanımlanmış olmasıdır.
- **Enerji Verimli Otomasyon/Robot Kullanımı** : EV otomasyon/robot kullanımı yapılma olasılığı %42,1 , yapılmama olasılığı %57,9 olarak belirlenmiştir. Bu parametrenin olasılığının düşük olmasının nedeni yeni makine yatırımı ile paraleldir. Ana odak noktası verimlilik değildir, odak noktası üretim sayı hedeflerine ulaşabilmektir.

- **Enerji Verimliliği Projeleri** : EV projelerinin yapılma olasılığı %49,9 , yapılmama olasılığı %50,1 olarak belirlenmiştir. Güncel durum senaryosunda yüksek olasılıklardan biridir. Proje kavramı firma için önemlidir. Zaten birçok işlemin faaliyete geçirilebilmesi için projelendirilmesi gerekmektedir.
- **Makine Enerji Verimliliği Artışı** : Makine enerji verimliliği artışı çalışması yapılma olasılığı %50,4 , yapılmama olasılığı %49,6 olarak belirlenmiştir. Güncel durum senaryosunda yüksek olasılıklardan birisidir. Hali hazırda mevcut olan makinelerin verimliliğini arttırmak için çalışma yapmak olasıdır.
- **Enerji Verimliliği Çalışan Bilinçli Kullanım** : Çalışanların EV açısından bilinçli olması için çalışma yürütülmesi olasılığı %43,4 , olmama olasılığı %56,6 olarak belirlenmiştir. Buradaki yorum, EV açısından kişilerin bilinçli olmasının etkisinin düşük olduğudur.
- **Enjeksiyon Enerji Tüketimi** : Enjeksiyon makinelerinin enerji tüketim probleminin çözülmesi için yatırım yapılma olasılığı %43,6 , yapılmama olasılığı %56,4 olarak belirlenmiştir. Güncel durumda yatırım yapılma olasılığı düşük gözükmemektedir.
- **Boyahane Enerji Tüketim** : Boyahanede enerji tüketim sorununun çözülme olasılığı %45,7 , çözülmemeye olasılığı %54,3 olarak belirlenmiştir. Güncel durumda problemin çözülme olasılığı düşük olarak görülmektedir.
- **Thermoforming Enerji Tüketimi** : Thermoforming işlemini yapan makinelerinin enerji tüketim probleminin çözülmesi için yatırım yapılma olasılığı %46,3 , yapılmama olasılığı %53,7 olarak belirlenmiştir. Yatırım yapılma olasılığı bir nebze daha fazladır.

Güncel durum genel olarak değerlendirilirse ; çözüm alternatiflerinden enerji verimliliği projeleri, ve hali hazırda kullanılan makinelerin EV artışı parametreleri ön plana çıkmıştır. Yatırım yapılma açısından thermoforming için yatırım yapılma olasılığı, enjeksiyon makinesine göre daha yüksek olarak gözükmemektedir.

6.1.2 En iyi durum senaryosu

Bu bölümde en iyi durum senaryosunda elde edilen veriler yorumlanacaktır. Yorumlarda bahsedilen olasılık verileri Şekil 5.9'da belirtilmiştir. En iyi durum senaryosu parametre değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir. En iyi durum senaryosunda tüm işletme kaynaklarının artar olasılığı %100 olarak alınmıştır.

- **Enerji Verimli Yeni Makine Yatırımı :** Güncel durumda EV yeni makine yatırımı yapılma olasılığı %34,2 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber yatırım yapılma olasılığı %42,6 olarak öngörülmüştür. Yatırım yapılma olasılığında artış görülmüştür. Kaynaklarda iyileşme olması yeni makine yatırımı yapılma ihtimalini arttırmıştır.
- **Enerji Verimli Proses Değişimi :** Güncel durumda EV proses değişimi yapılma olasılığı %44,2 olarak belirtilmişti , en iyi senaryo ile beraber değişim yapılma olasılığı %54,1 olarak öngörülmüştür. Görüldüğü üzere yatırım yapılması olasılığı %50'nin üzerine çıkmıştır. Kaynaklarda yapılan iyileşme, proses değişiminin yapılabileceğini göstermiştir.
- **Enerji Verimli Otomasyon/Robot Kullanımı :** Güncel durumda EV otomasyon/robot kullanımı yapılma olasılığı %42,1 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber yatırım yapılma olasılığı %50,8 olarak öngörülmüştür. Görüldüğü üzere yatırım yapılması olasılığı %50'nin üzerine çıkmıştır. Kaynaklarda yapılan iyileşme, otomasyon/robot kullanımının yapılabileceğini göstermiştir.
- **Enerji Verimliliği Projeleri :** Güncel durumda EV projeleri yapılma olasılığı %49,9 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber EV yapılma olasılığı %60 olarak öngörülmüştür. Proje parametresi %60 ile yüksek bir değere ulaşmıştır.
- **Makine Enerji Verimliliği Artışı :** Güncel durumda makine enerji verimliliği artışı yapılması için çalışma olasılığı %50,4 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber makine EV artışı yapılması için çalışma olasılığı %58,6 olarak öngörülmüştür. Hali hazırda kullanılan makinelerin EV artışı olasılık olarak yüksek bir değere ulaşmıştır.
- **Enerji Verimliliği Çalışan Bilinçli Kullanım :** Güncel durumda EV çalışan bilinçli kullanım için çalışma yapılma olasılığı %43,4 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber çalışan EV bilinçli kullanım için çalışma yapılma olasılığı %46,3 olarak öngörülmüştür. Burada görülen kaynaklardaki iyileşme, bu parametreyi gözle görülür biçimde arttırmamıştır.
- **Enjeksiyon Enerji Tüketimi :** Güncel durumda enjeksiyon makinelerindeki tüketim problemini çözmek için yatırım yapılma olasılığı %43,6 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber bu olasılık %45,7 olarak öngörülmüştür. Bir nebze iyileşme sağlanmıştır.

- **Boyahane Enerji Tüketim** : Güncel durumda boyahanedeki enerji tüketim problemini çözme olasılığı %45,7 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber bu olasılık %48,1 olarak öngörülmüştür. Bir nebze iyileşme sağlanmıştır.
- **Thermoforming Enerji Tüketim** : Güncel durumda thermoforming makinelerindeki enerji tüketim problemini çözmek için yatırım yapılma olasılığı %46,3 olarak belirlenmişti , en iyi senaryo ile beraber bu olasılık %48,5 olarak öngörülmüştür. Bir nebze iyileşme sağlanmıştır.

En iyi senaryo verileri genel olarak değerlendirilirse ; çözüm alternatiflerinden EV proses değişimi, EV otomasyon/robot kullanımı, EV projeleri, makine EV artışı ön plana çıkmıştır . Ek olarak thermoforming enerji tüketimini çözmek için yatırım yapılma olasılığı, enjeksiyona göre yüksek çıkmıştır.

6.1.3 En kötü durum senaryosu

Bu bölümde en kötü durum senaryosunda elde edilen veriler yorumlanacaktır. Yorumlarda bahsedilen olasılık verileri Şekil 5.10'da belirtilmiştir. En kötü durum senaryosu parametre değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir. En kötü durum senaryosunda tüm işletme kaynaklarının azalır olasılığı %100 olarak alınmıştır.

- **Enerji Verimli Yeni Makine Yatırımı** : Güncel durumda EV yeni makine yatırımı yapılma olasılığı %34,2 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %26 olarak öngörülmüştür , işletme kaynaklarına bağlı olarak yüksek bir düşüş gerçekleşmiştir.
- **Enerji Verimli Proses Değişimi** : Güncel durumda EV proses değişimi yapılma olasılığı %44,2 olarak belirtilmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %33 olarak öngörülmüştür , işletme kaynaklarına bağlı olarak yüksek bir düşüş gerçekleşmiştir.
- **Enerji Verimli Otomasyon/Robot Kullanımı** : Güncel durumda EV otomasyon/robot kullanımı yapılma olasılığı %42,1 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %33,8 olarak öngörülmüştür , işletme kaynaklarına bağlı olarak yüksek bir düşüş gerçekleşmiştir.
- **Enerji Verimliliği Projeleri** : Güncel durumda EV projeleri yapılma olasılığı %49,9 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık

%39,4 olarak öngörülmüştür, işletme kaynaklarına bağlı olarak yüksek bir düşüş gerçekleşmiştir.

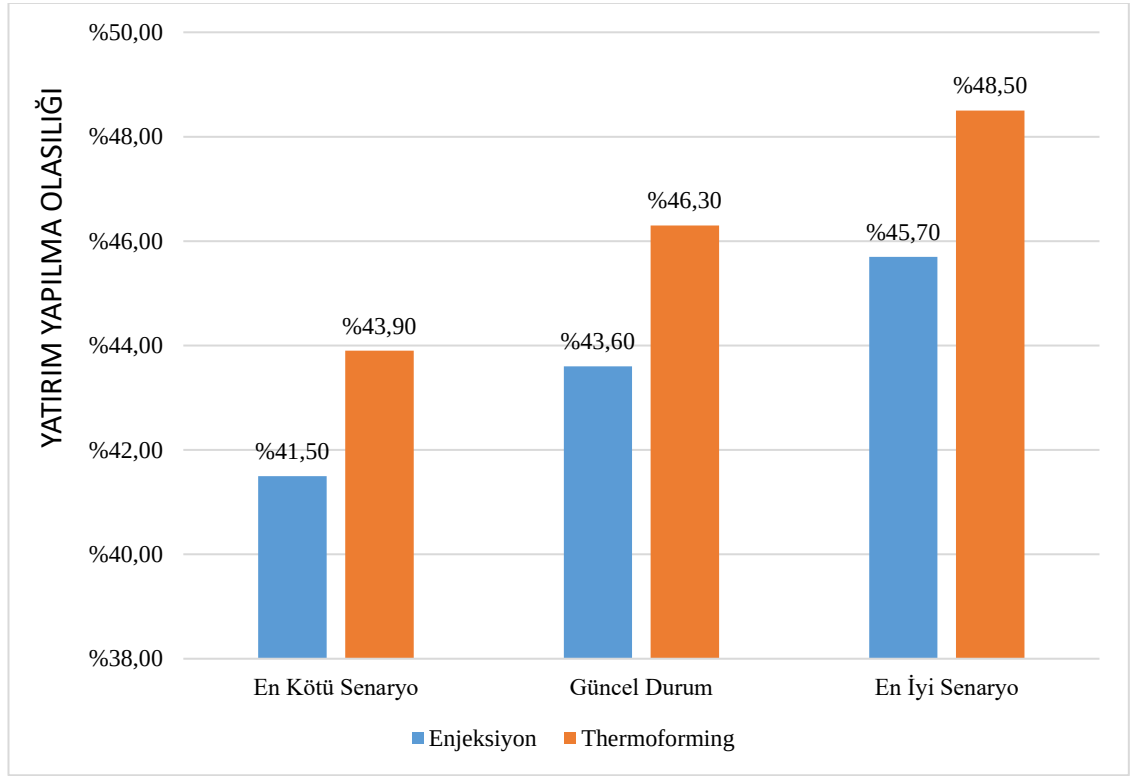
- **Makine Enerji Verimliliği Artışı** : Güncel durumda makine enerji verimliliği artışı yapılması için çalışma olasılığı %50,4 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %40,9 olarak öngörülmüştür, işletme kaynaklarına bağlı olarak yüksek bir düşüş gerçekleşmiştir.
- **Enerji Verimliliği Çalışan Bilinçli Kullanım** : Güncel durumda EV çalışan bilinçli kullanım için çalışma yapılma olasılığı %43,4 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %40 olarak öngörülmüştür , işletme kaynaklarına bağlı olarak bir nebze düşüş gerçekleşmiştir.
- **Enjeksiyon Enerji Tüketimi** : Güncel durumda enjeksiyon makinelerindeki tüketim problemini çözmek için yatırım yapılma olasılığı %43,6 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %41,5 olarak öngörülmüştür, bir nebze azalış söz konusudur.
- **Boyahane Enerji Tüketim** : Güncel durumda boyahanedeki enerji tüketim problemini çözme olasılığı %45,7 olarak belirlenmişti , en kötü senaryo ile beraber bu olasılık %43,1 olarak öngörülmüştür, bir nebze azalış söz konusudur.
- **Thermoforming Enerji Tüketim** : Güncel durumda thermoforming makinelerindeki enerji tüketim problemini çözmek için yatırım yapılma olasılığı %46,3 olarak belirlenmişti, en kötü senaryo ile beraber bu olasılık 43,9% olarak öngörülmüştür, bir nebze azalış söz konusudur.

En kötü senaryo verileri değerlendirilirse ; tüm parametrelerin gerçekleşme olasılıklarında düşüş gözlenmiştir.Bazı kalemlerde düşüş daha fazla olmuştur. Ek olarak thermoforming enerji tüketimini çözmek için yatırım yapılma olasılığı, enjeksiyona göre yüksek çıkmıştır.

Tüm senaryo verileri değerlendirildiğinde thermoforming makinelerinde tüketim problemini çözmek için yatırım yapma olasılığı, enjeksiyon makinelerine göre daha yüksek çıkmaktadır, bu yüzden yatırımın thermoforming makineleri üzerine olması daha mantıklı gözükmektedir. Bu sayede tezin önemli parametrelerinden biri olan karar parametresi saptanmış oldu.

Aşağıda Çizelge 6.1’de genel değerlendirme verisi özetlenmiştir.

Çizelge 6.1 : Genel değerlendirme.



6.2 Duyarlılık Analizleri

Bu bölümde bazı parametrelerin etkisini gözlemleyebilmek için duyarlılık analizleri yapılacaktır. Birçok parametre olduğundan dolayı seçilen parametrelerin duyarlılık analizleri yapılacaktır. Seçilen parametreler bütçe, enerji verimli yeni makine yatırımı, enerji verimliliği projeleri , makine enerji verimliliği artış, ve thermoforming enerji tüketimidir. Duyarlılık analizinde, seçilen parametre değiştirilirken diğer parametreler sabit kalacak şekilde kabul yapılmıştır. Diğer parametrelerin değerleri, güncel durum verilerindeki değerlerdir.

6.2.1 Bütçe duyarlılık analizi

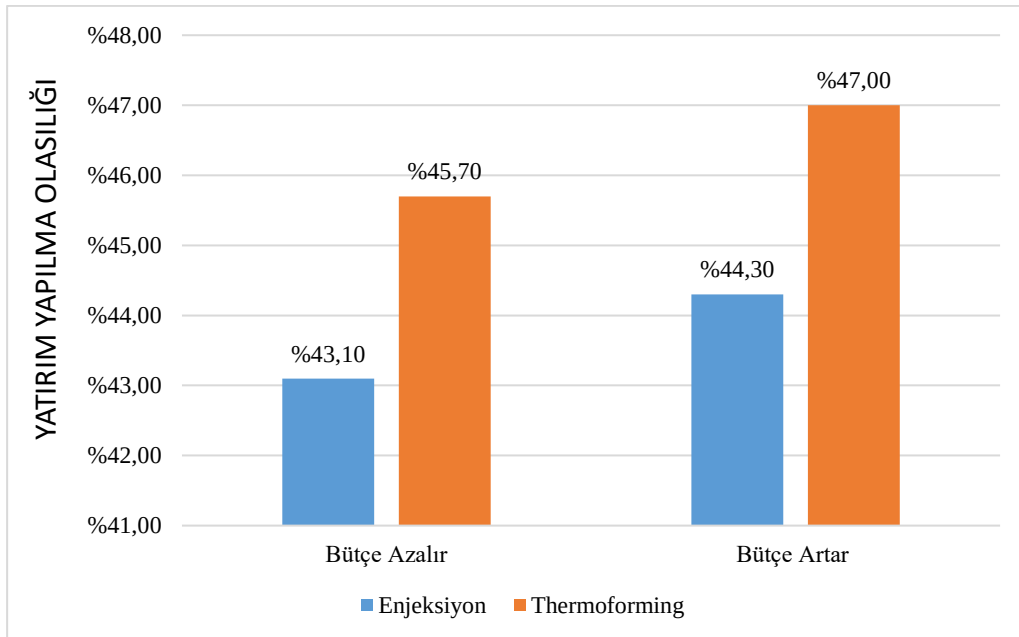
Bütçe duyarlılık analizinde bütçenin iki durumu için analiz yapılmıştır. İlk durumda bütçenin artma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Diğer durumda ise bütçenin azalma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Çözüm alternatiflerinin, ve darboğazların yapılma durumu için veriler Çizelge 6.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 6.2 : Bütçe duyarlılık analizi : parametreler.

Değişken	Değişken Durumu	Güncel Durum	Bütçe Azalır	Bütçe Artar
EV Yeni Makine Yatırımı	Yap	%34,20	%32,40	%36,30
EV Proses Değişimi	Yap	%44,20	%41,20	%47,80
EV Otomasyon Robot Kullanımı	Yap	%42,10	%40,10	%44,50
EV Projeleri	Yap	%49,90	%47,50	%52,70
Makine Verimliliği Artışı	Yap	%50,40	%47,70	%53,60
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	Yap	%43,40	%42,30	%44,80
Enjeksiyon Maki. Enerj. Tüketimi	Yatırım Yap	%43,60	%43,10	%44,30
Boyahane Ener. Tüketimi	Evet	%45,70	%45	%46,40
Thermoforming Ener. Tüketimi	Yatırım Yap	%46,30	%45,70	%47

Bütçenin olasılığının artar olmasıyla beraber bazı parametrelerin gerçekleşme olasılığı %50'nin üzerine çıkmıştır, bu parametreler çizelgeden anlaşılacağı üzere enerji verimliliği projeleri, ve Makine EV artışıdır. Bütçenin artmasıyla beraber en yüksek olasılıklı parametre Makine EV artış parametresi olarak belirlenmiştir. Ayrıca çözüm alternatiflerindeki değişkenlerin değişimi fark edilebilir düzeydedir, ancak darboğazlar daha az değişmiştir. Ek olarak darboğaz parametrelerindeki etkisi Çizelge 6.3'te belirtilmiştir. Ayrıca bütçe duyarlılık analizi detayları için "EKLER" bölümünde EK A.6 ve EK A.7 incelenebilir.

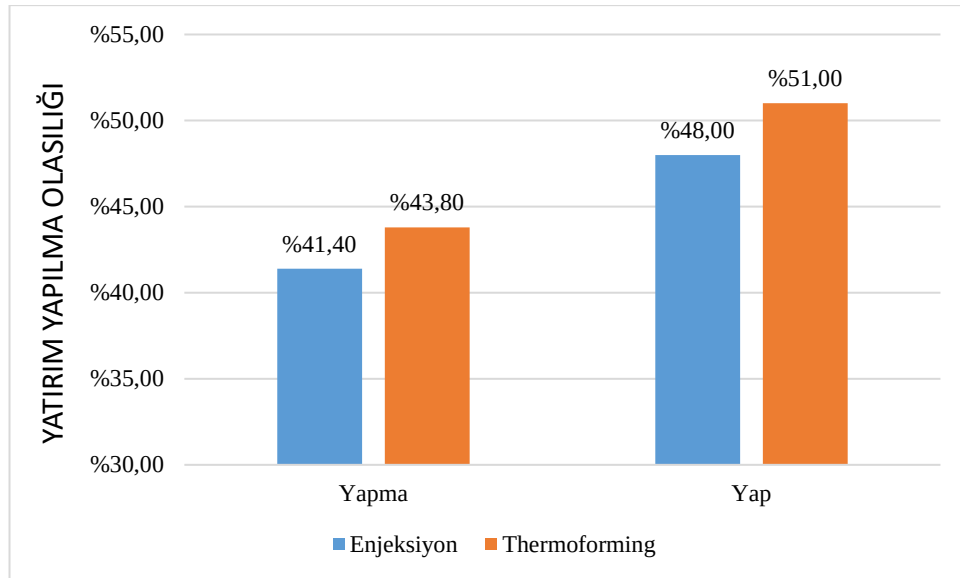
Çizelge 6.3 : Bütçe duyarlılık analizi : darboğazlar.



6.2.2 Enerji verimli yeni makine duyarlılık analizi

EV yeni makine duyarlılık analizinde iki durum için analiz yapılmıştır. İlk durumda seçilen parametrenin artma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Diğer durumda ise ilgili parametrenin azalma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Görüldüğü üzere EV yeni makine yatırımı yapıldığı zaman, thermoforming için yatırım yapılma olasılığı 50% bandının üzerine çıkmıştır. Değerlendirme sonuçları Çizelge 6.4’te belirtilmiştir. Ayrıca EV yeni makine duyarlılık analizi detayları için “EKLER” bölümünde EK A.8 ve EK A.9 incelenebilir.

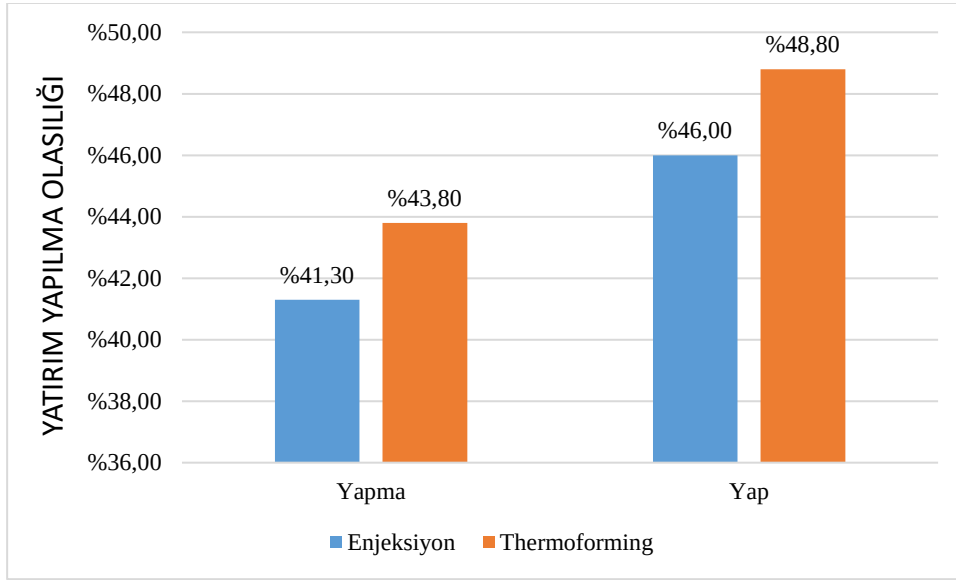
Çizelge 6.4 : Enerji verimli yeni makine duyarlılık analizi.



6.2.3 Enerji verimliliği projeleri duyarlılık analizi

EV projeleri duyarlılık analizinde iki durum için analiz yapılmıştır. İlk durumda seçilen parametrenin artma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Diğer durumda ise ilgili parametrenin azalma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Görüldüğü üzere EV projeleri ile thermoforming işleminde %50 barajına yaklaşılmıştır. Değerlendirme sonuçları Çizelge 6.5’te belirlenmiştir. Ayrıca EV yeni makine duyarlılık analizi detayları için “EKLER” bölümünde EK A.10 ve EK A.11 incelenebilir.

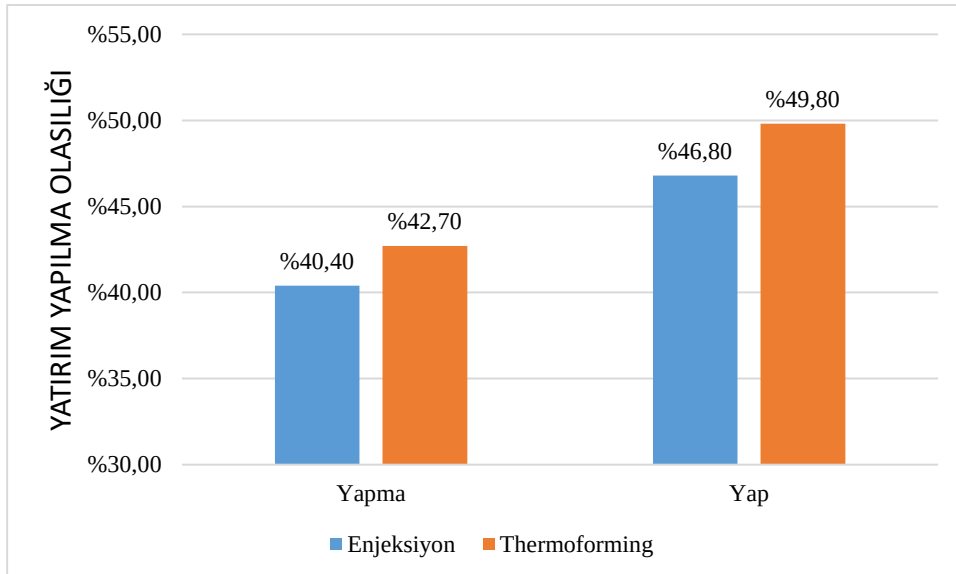
Çizelge 6.5 : Enerji verimliliği projesi duyarlılık analizi.



6.2.4 Makine enerji verimliliği artışı duyarlılık analizi

Makine EV artışı duyarlılık analizinde iki durum için analiz yapılmıştır. İlk durumda seçilen parametrenin artma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Diğer durumda ise ilgili parametrenin azalma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Görüldüğü üzere thermoforming işleminde %50 barajına yaklaşılmıştır. Değerlendirme sonuçları Çizelge 6.6’da belirtilmiştir. Ayrıca makine EV artışı duyarlılık analizi detayları için “EKLER” bölümünde EK A.12 ve EK A.13 incelenebilir.

Çizelge 6.6 : Makine enerji verimliliği artışı duyarlılık analizi.



6.2.5 Thermoforming duyarlılık analizi

Thermoforming duyarlılık analizinde iki durum için analiz yapılmıştır. İlk durumda seçilen parametre için yatırım yapma olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Diğer durumda ise ilgili parametrenin yatırım yapmama olasılığı %100 olarak alınmış, ve diğer tüm parametrelerin güncel durumdaki veri değerleri alınmıştır. Genel olarak işletme kaynaklarındaki değişim daha az düzeyde kalmıştır. Çözüm alternatifleri ise daha çok değişmiştir, %50 bandının üzerine çıkan parametreler olmuştur. Değerlendirme sonuçlarının bir kısmı Çizelge 6.7’de belirtilmiştir. Ayrıca thermoforming duyarlılık analizi detayları için “EKLER” bölümünde EK A.14 ve EK A.15 incelenebilir.

Çizelge 6.7 : Thermoforming duyarlılık analizi.

Değişken	Değişken Durumu	Güncel Durum	Yatırım Yapma	Yatırım Yap
Bütçe	Artar	%46,50	%45,90	%47,20
Üretim Adedi	Artar	%45,00	%44,50	%45,60
Ekipmanlar	Artar	%65,50	%65,20	%65,90
BSH Kalite Anlayışı	Artar	%58,90	%58,60	%59,30
Pazar Payı	Artar	%46,50	%46,20	%46,80
Kişi Sayısı	Artar	%47,00	%47,00	%47,00
EV Yeni Makine Yatırımı	Yap	%34,20	%31,20	%37,70
EV Proses Değişimi	Yap	%44,20	%43,00	%45,60
EV Otomasyon Robot Kullanımı	Yap	%42,10	%40,90	%43,50
EV Projeleri	Yap	%49,90	%47,60	%52,60
Makine Verimliliği Artışı	Yap	%50,40	%47	%54,30
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	Yap	%43,40	%41,70	%45

6.3 Öneriler

Duyarlılık analizleri ile tez çalışması tamamlanmıştır. Bu bölümde ise gelecek çalışmalar için bazı öneriler sıralanacaktır, bu önerilerle beraber daha iyi sonuçlara ulaşmak olasıdır. Bu öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Bayes ağı yapısındaki parametre sayısı arttırılabilir, veya farklı uzmanların da önerileriyle farklı parametreler eklenebilir, bu sayede çalışmanın kapsamı genişletilmiş olur.

- Bu çalışmada bir adet Bayes ağı kurulmuştur, bunun yerine birçok farklı Bayes ağı kurulup çok kademeli analiz yapılabilir , ve bu analizler birbirine bağlanarak çok değişkenli , ve hassas bir analiz elde edilebilir.
- Bu çalışmada parametre seçenekleri olarak artar veya azalır seçenekleri belirlenmiştir. Bunun yerine gelecekte yapılan çalışmalarda farklı seçenekler de eklenerek daha hassas bir analiz yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] **Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ.** (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*.
- [2] **International Energy Agency.** (2017). IEA statistics : World energy balances overview 2017.
- [3] **URL1** <<https://www.oka.org.tr/assets/upload/dosyalar/turkiyede-saglanan-tesvik-ve-destekler-25-78.pdf>> Alındığı Tarih : 28.10.2019
- [4] **Türkyılmaz, O., & Özgiresun, C.,** (2013). Türkiye Enerji Görünümü 2013. Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği
- [5] **Tanaka, K.** (2011). Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector. *Energy policy*, 39(10), 6532-6550.
- [6] **Kubilay, K.** (2005). Dünyada Ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi. *DPT Yayını, Eylül*.
- [7] **Aydın, M.** (2016). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14(28), 409-441.
- [8] **Onaygil, S.** (2015). Sanayide Verimlilik , Enerji Yönetimi , ve Tasarruf. 5. *Ulusal Verimlilik Kongresi*.
- [9] **European Commission.** (2004). Energy Framework Programme.
- [10] **Elektrik İşleri Etüd İdaresi.(EİE)** (2004). Sanayide Enerji Verimliliği.
- [11] **Olgun, B., Kurtuluş, O., Gültek, S., & Heperkan, H. A.** (2009). Enerji Verimliliği ve Türkiye’deki Mevzuat. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 6-9.
- [12] **Onaygil, S.** (2019). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planının Değerlendirilmesi. *V. Enerji Verimliliği Günleri, İzmir*.
- [13] **ACEEE.** (2018). The 2018 International Energy Efficiency Scorecard.
- [14] **Güler, Ö. & Çolak, Ü.,** (2019). Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi Eğitimi.
- [15] **Bayrakdar, G.,** (2016). İşyerlerinde Aydınlatma Koşullarının İSG Yönünden Değerlendirilmesi.(İSG Uzmanlık Tezi)
- [16] **Enerji Bakanlığı.** (2011). Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik.
- [17] **Abdelaziz, E. A., Saidur, R., & Mekhilef, S.** (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(1), 150-168.
- [18] **URL2** <http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/d_VAP.aspx> Alındığı tarih : 28.10.2019

- [19] **Kavaz, İ.** (2019). Sürdürülebilirlik Politikaları Çerçevesinde Enerji Verimliliği. Siyaset, Ekonomi, ve Toplum Araştırmaları Vakfı
- [20] **Sarı, E. B.** (2018). Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. *UIK Özel Sayı*.
- [21] **Ayvaz, B.** (2015). Türkiye Otomotiv Yan Sanayiinde Yalın Üretim Uygulaması.
- [22] **Bhamu, J., Khandelwal, A., & Sangwan, K. S.** (2013). Lean manufacturing implementation in an automated production line: a case study. *International Journal of Services and Operations Management*
- [23] **Gurumurthy, A., & Kodali, R.** (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. *Journal of manufacturing technology management*, 22(4), 444-473.
- [24] **Yılmaz, E.** (2013). *Siparişe Göre Üretim Yapan Sistemlerde Yalın Üretim Uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [25] **Shah, R., & Ward, P. T.** (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, 25(4), 785-805.
- [26] **Womack, P. J., & Daniel, J. T. and Ross, D.** (1990). *Dünyayı Değiştiren Makine, Çeviri Osman Kabak. İstanbul: Panel Matbaacılık.*
- [27] **Arslan, S.** (2006). Yalın Üretim ve MAN Türkiye A.Ş.'de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması (Yüksek Lisans Tezi)
- [28] **James-Moore, S. M., & Gibbons, A.** (1997). Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(9), 899-911.
- [29] **Womack, J. P., Jones, D. T.,** (2017). *Yalın düşünce*. Optimist Yayınları.
- [30] **Jon, C. Y., Detty, R. B., & Sottile Jr, J.** (2000). Lean manufacturing principles and their applicability to the mining industry. *Mineral Resources Engineering*, 9(02), 215-238.
- [31] **Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J.** (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.
- [32] **Rahmanian, F., & Rahmatinejad, Z.** (2014). Impact of Kaizen implementation on performance of manufacturing companies' staff. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2(3 (s)), pp-1094.
- [33] **Patil, P. S., Parit, S. P., & Burali, Y. N.** (2013). Review Paper On “Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management. *International Journal Of Engineering And Science*, 2(4), 19-24.
- [34] **Wang, P. S., Yang, T., & Chang, M. C.** (2017). Effective layout designs for the Shojinka control problem for a TFT-LCD module assembly line. *Journal of Manufacturing Systems*, 44, 255-269.
- [35] **Rother, M., & Shook, J.** (1999). Learning to See, Lean Enterprise Institute. Inc., Brookline, MA.
- [36] **Pud, G. C., & Naik, G. R.** (2012). Application of Quality Filter Mapping for Process Improvement: A Case Study in Foundry. *Productivity*, 53(3).

- [37] **Haefner, B., Kraemer, A., Stauss, T., & Lanza, G.** (2014). Quality value stream mapping. *Procedia Cirp*, 17, 254-259.
- [38] **Nash, M. A., & Poling, S. R.** (2011). *Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes*. Productivity Press.
- [39] **Ayçın, E.** (2016). *Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafin Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi* (Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir).
- [40] **URL-3** < <https://adelburgac.wordpress.com/2018/11/27/yalin-deger-akisi/> > , alındığı tarih :28.10.2019
- [41] **Patel, N., Chauhan, N., Trivedi, P., Patel, N., Chauhan, N., & Trivedi, M. P.** (2015). Benefits of Value Stream Mapping as A Lean Tool Implementation Manufacturing Industries: A Review. *IJIRST–International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 1(8), 53-57.
- [42] **URL-4**<<https://support.office.com/tr-tr/article/de%C4%9Fer-ak%C4%B1%C5%9F%C4%B1-haritas%C4%B1-olu%C5%9Fturma-35a09801-999e-4beb-ad4a-3235b3f0eaa3>>, alındığı tarih : 28.10.2019
- [43] **Tekin, M., Arslanere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., & Tekin, E.** (2018). DEĞER AKIŞI HARİTALAMASININ BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI
- [44] **Khaswala, Z. N., & Irani, S. A.** (2001). Value network mapping (VNM): visualization and analysis of multiple flows in value stream maps. In *Proceedings of the Lean Management Solutions Conference* (pp. 1-18).
- [45] **Liker, J. K., & Morgan, J. M.** (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives*, 20(2), 5-20
- [46] **Keskin, C.** (2013). *Endüstriyel Enerji Verimliliği Çalışmalarında Değer Akış Haritalarının Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi, Enerji Enstitüsü)
- [47] **Uzun, A. & Değirmen, M.** (2018). Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2).
- [48] **Kluczek, A., & Olszewski, P.** (2017). Energy audits in industrial processes. *Journal of cleaner production*, 142, 3437-3453
- [49] **Katole, M. R., & KATOLE, M. R.** (2016). Electrical energy audit and conservation. *International Journal*, 3, 162-166.
- [50] **Pearl, J.** (2014). *Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference*. Elsevier.
- [51] **Cinar, D., & Kayakutlu, G.** (2010). Scenario analysis using Bayesian networks: A case study in energy sector. *Knowledge-Based Systems*, 23(3), 267-276.

- [52] **Arbib, M. A.** (1995). Brain theory and neural networks. *MIT Press, Cambridge, MA.*
- [53] **Atılğan, Y. K., & Ersel, D.** (2017). Bayesci ağ yapısının öğrenilmesinde grafiksel bir yaklaşım. *İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya*, 10(1), 1-10.
- [54] **Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F., & Grande, O.** (2008). A Bayesian Belief Network modelling of organisational factors in risk analysis: A case study in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 93(6), 845-856.
- [55] **Akçaoğlu, Ö.** (2012). *Değer Akış Haritalarında Belirlenen Darboğazların Çözümü için Bayes Ağları ile Senaryo Üretimi: Çamaşır Makinası Fabrikasında Bir Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [56] **Adusei-Poku, K.** (2005). *Operational risk management-implementing a Bayesian network for foreign exchange and money market settlement* (Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen)
- [57] **Oteniya, L.** (2008). Bayesian belief networks for dementia diagnosis and other applications: a comparison of hand-crafting and construction using a novel data driven technique.
- [58] **Caballero, J. G.** (2005). *Measuring the effect of organisational factors using Bayesian Networks* (Doctoral dissertation, PhD thesis, Queen Mary University, part of the University of London, 2005. draft).
- [59] **Winkler, R. L.** (2001). Why Bayesian analysis hasn't caught on in healthcare decision making. *International journal of technology assessment in health care*, 17(1), 56-66.
- [60] **Jones, B., Jenkinson, I., Yang, Z., & Wang, J.** (2010). The use of Bayesian network modelling for maintenance planning in a manufacturing industry. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(3), 267-277
- [61] **Kim, H., & Park, Y.** (2008). The impact of R&D collaboration on innovative performance in Korea: A Bayesian network approach. *Scientometrics*, 75(3), 535
- [62] **Yang, Z., Bonsall, S., & Wang, J.** (2008). Fuzzy rule-based Bayesian reasoning approach for prioritization of failures in FMEA. *IEEE Transactions on Reliability*, 57(3), 517-528.
- [63] **Nielsen, T. D., & Jensen, F. V.** (2009). *Bayesian networks and decision graphs*. Springer Science & Business Media.
- [64] **Zhuang, X. C., Xiang, H., & Zhao, Z.** (2010). Analysis of sheet metal extrusion process using finite element method. *International Journal of Automation and Computing*, 7(3), 295-302
- [65] **Ju, F., Li, J., Xiao, G., & Arinez, J.** (2013). Quality flow model in automotive paint shops. *International Journal of Production Research*, 51(21), 6470-6483

EKLER

EK A.1: Bayes öncül yapısındaki değişkenler.

EK A.2 : Çizelgeler.

EK A.3 : İşletme kaynak değişkenleri anketi.

EK A.4 : Çözüm alternatifleri anketi.

EK A.5 : Darboğaz anketi.

EK A.6 : Bütçe artar durumu için NETICA modeli.

EK A.7 : Bütçe azalır durumu için NETICA modeli.

EK A.8 : Enerji verimli yeni makine yatır. yap durumu için NETICA modeli.

EK A.9 : Enerji verimli yeni makine yatır. yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.10 : Enerji verimliliği projesi yap durumu için NETICA modeli.

EK A.11 : Enerji verimliliği projesi yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.12 : Makine enerji verimliliği artışı yap durumu için NETICA modeli.

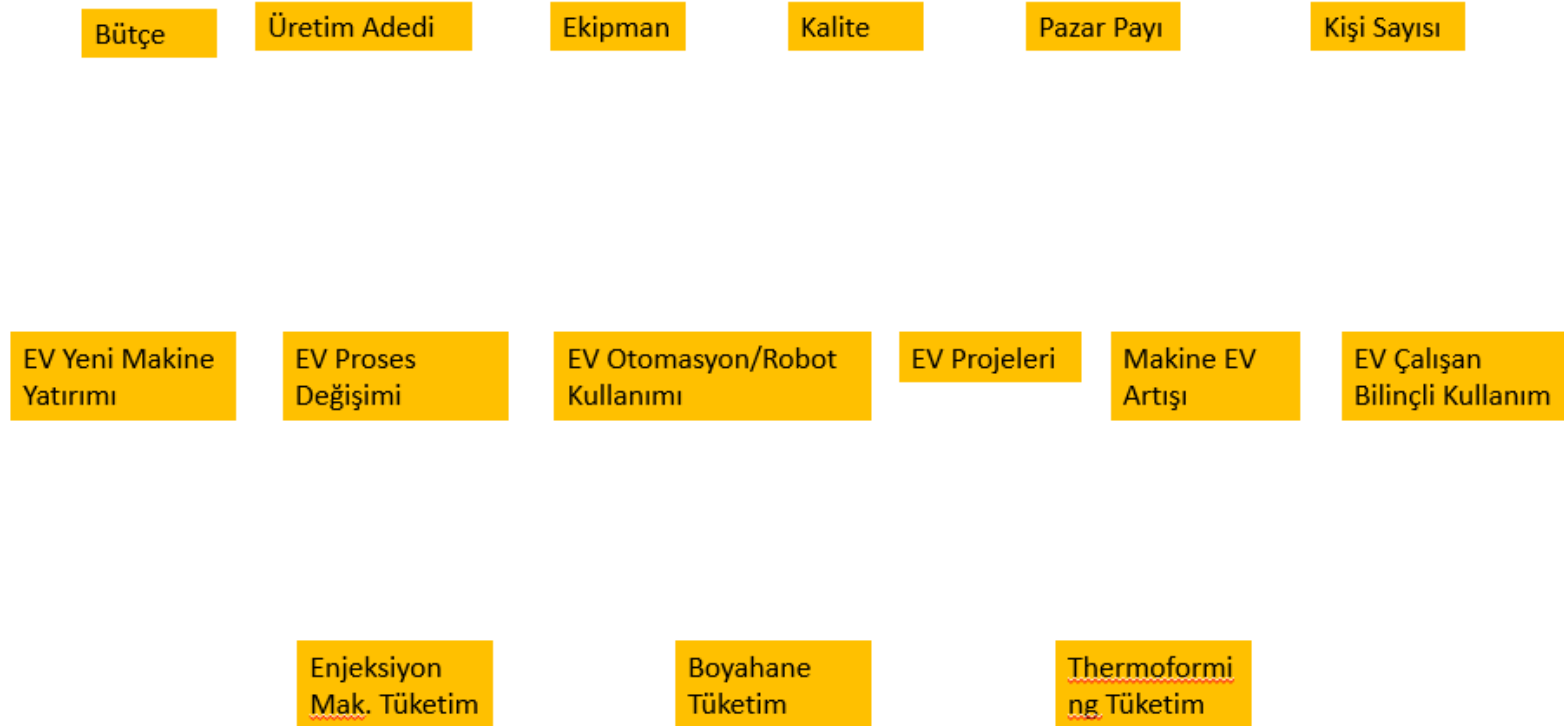
EK A.13 : Makine enerji verimliliği artışı yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.14 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yap durumu için NETICA modeli.

EK A.15 : Thermofo. enerji tüketimi yatırım yapma durumu için NETICA modeli.

Ek A

EK A.1 : Bayes öncül yapısındaki değişkenler.



Şekil A.1 : Bayes öncül yapısında değişkenler

EK A.2 : Çizelgeler.

Çizelge A.1 : İşletme kaynakları – çözüm alternatifleri ilişki matrisi.

Parametreler	Bütçe	Üretim Adedi	Ekipmanlar	BSH Kalite	Pazar Payı	Kişi Sayısı	EV Yeni Makine	EV Proses	EV Otomasyon	EV Proje	Makine Veri. Artış	EV Bilinçli
Bütçe	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Üretim Adedi	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
Ekipmanlar	-1	1	0	0	0	1	-1	1	-1	1	0	-1
BSH Kalite Anlayışı	-1	-1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Pazar Payı	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Kişi Sayısı	-1	1	0	0	0	0	1	0	-1	0	-1	-1
EV Yeni Makine Yatırımı	-1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
EV Proses Değişimi	0	1	0	1	0	-1	-1	0	1	1	1	1
EV Otomasyon Robot Kullanımı	-1	1	1	1	0	-1	0	0	0	1	1	0
EV Projeleri	-1	1	0	1	0	-1	-1	1	1	0	1	1
Makine Verimliliği Artışı	1	1	0	1	0	-1	-1	-1	1	-1	0	1
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0

Çizelge A.2 : İşletme kaynakları – çözüm alternatifleri ilişki matrisi.

Parametreler	EV Yeni Makine	EV Proses	EV Otomasyon	EV Proje	Makine Veri. Artış	EV Bilinçli	Enjeksiyon Tük.	Boyahane Tük.	Thermoforming Tük.
EV Yeni Makine Yatırımı	0	1	0	1	1	1	1	1	1
EV Proses Değişimi	-1	0	1	1	1	1	-1	-1	-1
EV Otomasyon Robot Kullanımı	0	0	0	1	1	0	-1	-1	-1
EV Projeleri	-1	1	1	0	1	1	-1	-1	-1
Makine Verimliliği Artışı	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	-1
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	0	1	0	1	1	0	-1	-1	-1
Enjeksiyon Maki. Enerj. Tüketimi	1	1	-1	1	-1	0	0	0	0
Boyahane Ener. Tüketimi	1	1	1	1	-1	0	1	0	1
Thermoforming Ener. Tüketimi	1	1	1	1	-1	0	0	0	0

EK A.3 : İşletme kaynak değişkenleri anketi.

Bu bölümde işletme kaynakları değişkenleri parametreleri uzmanlarla yapılan anketler sonucu belirlenmiştir. Uzmanların değerlendirmeleri sonucu parametrelere ait olasılık değerleri elde edilmiştir. Bu değerler de NETICA programında kullanılmıştır.

- AÇIKLAMALAR

Parametreler	Açıklamalar	Durumlar	Açıklama
Bütçe	Fabrikanın Bütçesi	Artar	Bütçenin artma olasılığı
		Azalır	Bütçenin azalma olasılığı
Üretim Adedi	Fabrikada Yıllık Bazda Üretilen Soğutucu Sayısı	Artar	Adedin artma olasılığı
		Azalır	Adedin azalma olasılığı
Ekipman	Firmanın Sahip Olduğu Cihaz Sayısı	Artar	Ekipmanın artma olasılığı
		Azalır	Ekipmanın azalma olasılığı
Kalite	Firmanın Kalite Anlayışı	Artar	Kalitenin artması olasılığı
		Azalır	Kalitenin azalması olasılığı
Pazar Payı	Firmanın Pazarda Sahip Olduğu Yer	Artar	Pazar payının artma olasılığı
		Azalır	Pazar payının azalma olasılığı
Kişi Sayısı	Firmada Çalışan Kişi Sayısı	Artar	Kişi sayısının artma olasılığı
		Azalır	Kişi sayısının azalma olasılığı

- ANKET SONUÇLARI

Parametreler	Durumlar	Olasılık
Bütçe	Artar	46,5
	Azalır	53,5
Üretim Adedi	Artar	45
	Azalır	55
Ekipman	Artar	65,5
	Azalır	34,5
Kalite	Artar	58,9
	Azalır	41,1
Pazar Payı	Artar	46,5
	Azalır	53,5
Kişi Sayısı	Artar	47
	Azalır	53

EK A.4 : Çözüm alternatifleri anketi.

Bu bölümde çözüm alternatifleri değişkenleri olasılıkları, işletme kaynakları değişkenleri ile beraber, uzmanlarla yapılan anketler sonucu belirlenmiştir. Uzmanların değerlendirmeleri sonucu parametrelere ait olasılık değerleri elde edilmiştir. Bu değerler de NETICA programında kullanılmıştır. Anket değerlendirilmesinde ilişkili olmayan parametreler gri renkle işaretlenerek uzmanların kolay hareket etmesi sağlanmıştır.

- AÇIKLAMALAR

Parametreler	Açıklamalar	Durumlar	Açıklama
EV Yeni Makine Yatırımı	Üretimde kullanmak üzere enerji verimli makine alımı	Yap	Yatırım yap
		Yapma	Yatırım yapma
EV Proses Değişimi	Üretimde proseslerin enerji verimli olarak değişimi	Yap	Değişim yap
		Yapma	Değişim yapma
EV Otomas./Robot Kullanımı	Enerji verimli otomasyon/robot sistemleri kullanımı	Yap	Robot/otom. al
		Yapma	robot/otom. alma
EV Projeleri	Üretimde enerji verimliliği projeleri yapılması	Yap	Proje yap
		Yapma	proje yapma
Makine EV Artışı	Hali hazırdaki makinelerin enerji verimliliğinin arttırılması	Yap	Verimliliği arttırmak için çalış
		Yapma	verimliliği arttırmak için çalışma
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	Çalışanların enerji verimliliği anlamında bilinçli hale getirilmesi	Yap	Bilinçlilik için çalışma yap
		Yapma	Bilinçlilik için çalışma yapma

- ANKET SONUÇLARI

Parametreler	Durumlar	EV Yeni Makine Yatırımı		EV Proses Değişimi		EV Otomasyon/Robot Kullanımı	
		Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma
Bütçe	Artar	43,1	56,9	57	43	55,5	44,5
	Azalı	19,6	80,4	30,5	69,5	29,1	70,9
Üretim Adedi	Artar	42,5	57,5	53	47	55,5	44,5
	Azalı	19,1	80,9	33	67	31,6	68,4
Ekipman	Artar	38	62	48,6	51,4	41,1	58,9
	Azalı	29,6	70,4	30,6	69,4	35,1	64,9
Kalite	Artar	51,5	48,5	58	42	55,5	44,5
	Azalı	37,1	62,9	38	62	41,6	58,4
Pazar Payı	Artar	43,5	56,5			54,1	45,9
	Azalı	20,6	79,4			23,1	76,9
Kişi Sayısı	Artar	37	63			43,1	56,9
	Azalı	30,1	69,9			42,1	57,9

Parametreler	Durumlar	EV Projeleri		Makine EV Artışı		EV Çalışan Bilinçli Kullanım	
		Yap	Yapma	Yap	Yapma	Yap	Yapma
Bütçe	Artar	67,5	32,5	65	35	50,1	49,9
	Azalı	41,6	58,4	43,1	56,9	37,6	62,4
Üretim Adedi	Artar	62,5	37,5	61	39	47	53
	Azalı	39,6	60,4	41,1	58,9	37	63
Ekipman	Artar	55,6	44,4	54,1	45,9	47,1	52,9
	Azalı	38,1	61,9	36,6	63,4	38,1	61,9
Kalite	Artar	56	44	54,5	45,5	51,5	48,5
	Azalı	44,1	55,9	42,6	57,4	44	56
Pazar Payı	Artar	58,6	41,4				
	Azalı	33,6	66,4				
Kişi Sayısı	Artar					35,7	64,3
	Azalı					43,5	56,5

EK A.5 : Darboğaz anketi.

Bu bölümde darboğaz değişkenleri olasılıkları, çözüm alternatifleri değişkenleri ile beraber, uzmanlarla yapılan anketler sonucu belirlenmiştir. Uzmanların değerlendirmeleri sonucu parametrelere ait olasılık değerleri elde edilmiştir. Bu değerler de NETICA programında kullanılmıştır.

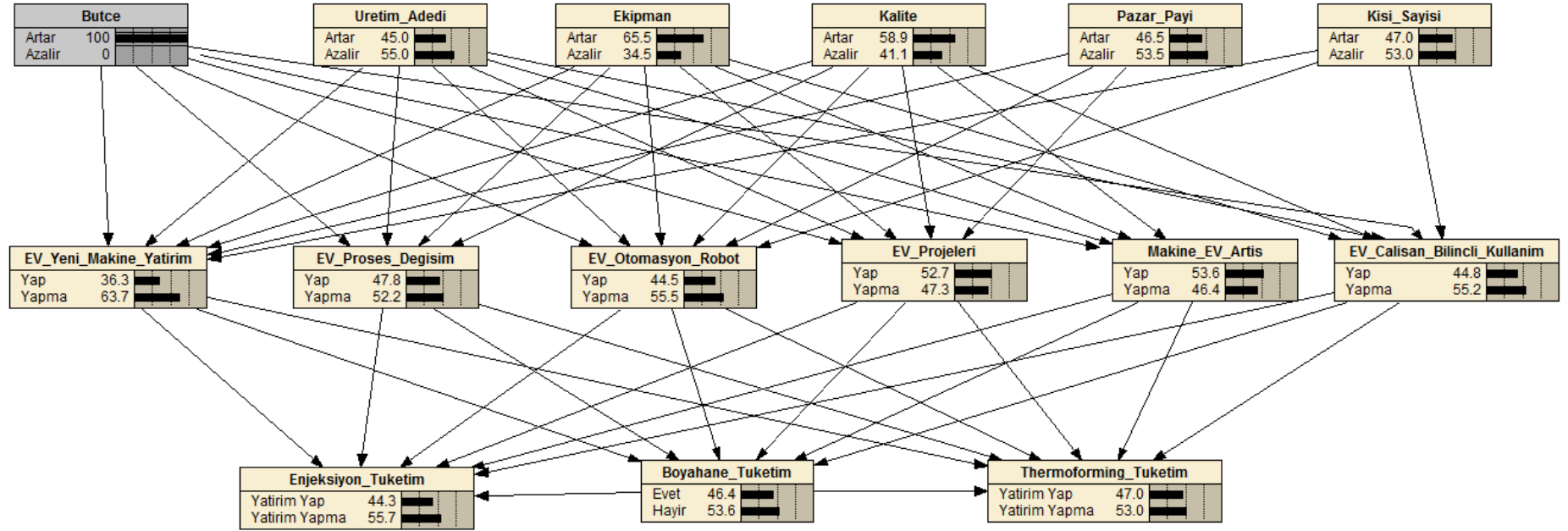
- AÇIKLAMALAR

Parametreler	Açıklamalar	Durum	Açıklamalar
Enjeksiyon Mak. Tüketim	Enjeksiyon makinelerindeki fazla enerji tüketim problemi	Yatırım Yap	Sorunun çözümü için yatırım yap
		Yatırım Yapma	Sorunun çözümü için yatırım yapma
Boyahane Tüketim	Boyahanedeki fazla enerji tüketimi problemi	Evet	Problemin çözülme olasılığı
		Hayır	Problemin çözülmemesi olasılığı
Thermoforming Tüketim	Thermoforming makinelerindeki fazla enerji tüketim problemi	Yatırım Yap	Sorunun çözümü için yatırım yap
		Yatırım Yapma	Sorunun çözümü için yatırım yapma

- ANKET SONUÇLARI

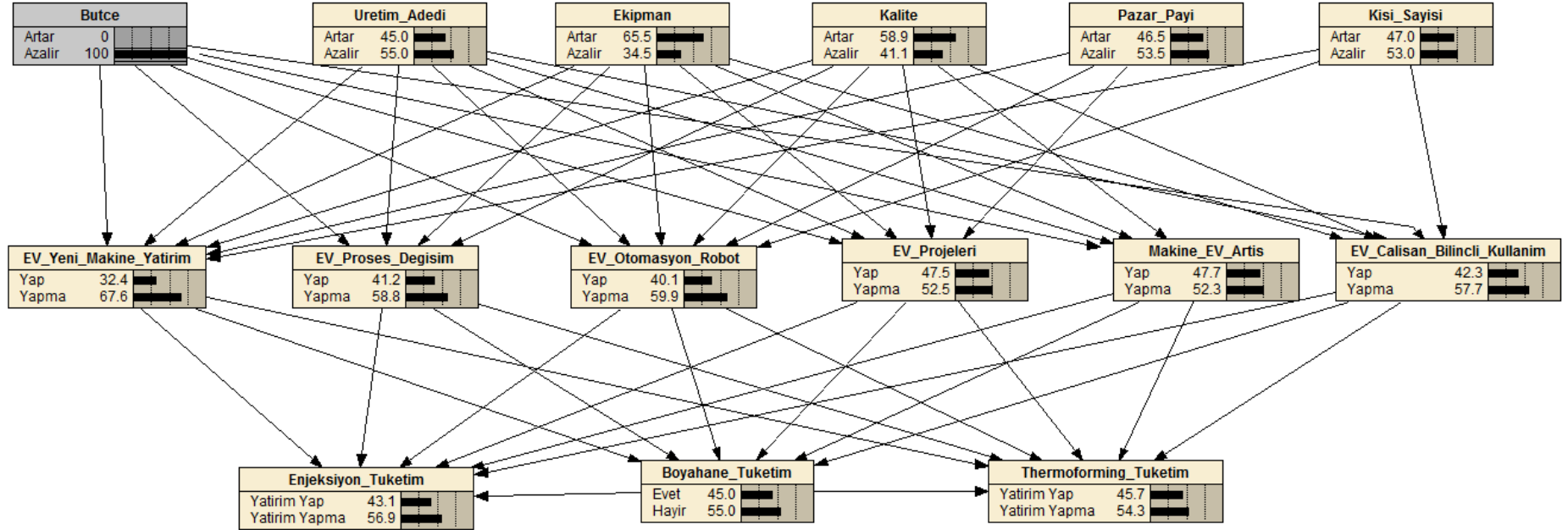
Parametreler	Durumlar	Enjeksiyon Mak. Tüketim		Boyahane Tüketim		Thermoforming Tüketim	
		Yatırım Yap	Yatırım Yapma	Evet	Hayır	Yatırım Yap	Yatırım Yapma
EV Yeni Makine Yatırımı	Yap	68,1	31,9	69,6	30,4	72,1	27,9
	Yapma	28,1	71,9	30,7	69,3	30	70
EV Proses Değişimi	Yap	47,5	52,5	54,6	45,4	52,1	47,9
	Yapma	34,1	65,9	36,5	63,5	37,5	62,5
EV Otomasyon/Robot Kullanımı	Yap	46,5	53,5	55,5	44,5	53,5	46,5
	Yapma	33,1	66,9	31	69	38	62
EV Projeleri	Yap	63	37	64,1	35,9	62,6	37,4
	Yapma	37,1	62,9	32	68	33,5	66,5
Makine EV Artışı	Yap	68,5	31,5	72,6	27,4	73,1	26,9
	Yapma	29,1	70,9	32,5	67,5	31	69
EV Çalışan Bilinçli Kullanım	Yap	55	45	59,6	40,4	57,1	42,9
	Yapma	31,1	68,9	31	69	35	65

EK A.6 : Bütçe artar durumu için NETICA modeli.



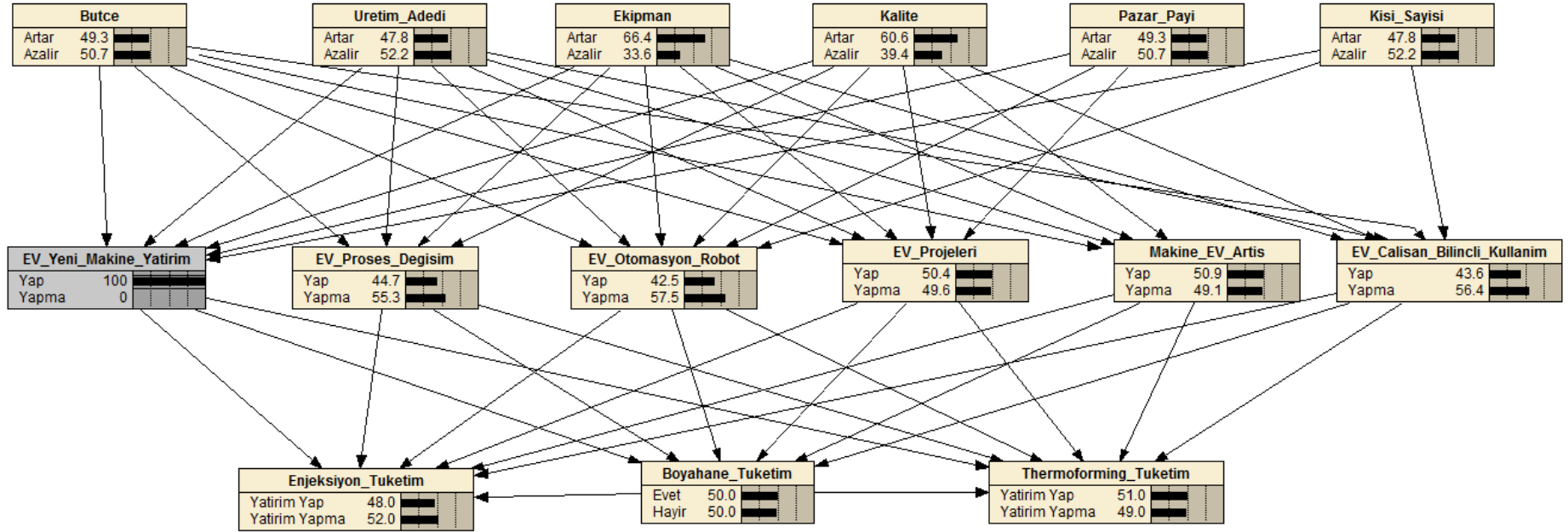
Şekil A.2 : Bütçe artar durumu için NETICA modeli.

EK A.7 : Bütçe azalır durumu için NETICA modeli.



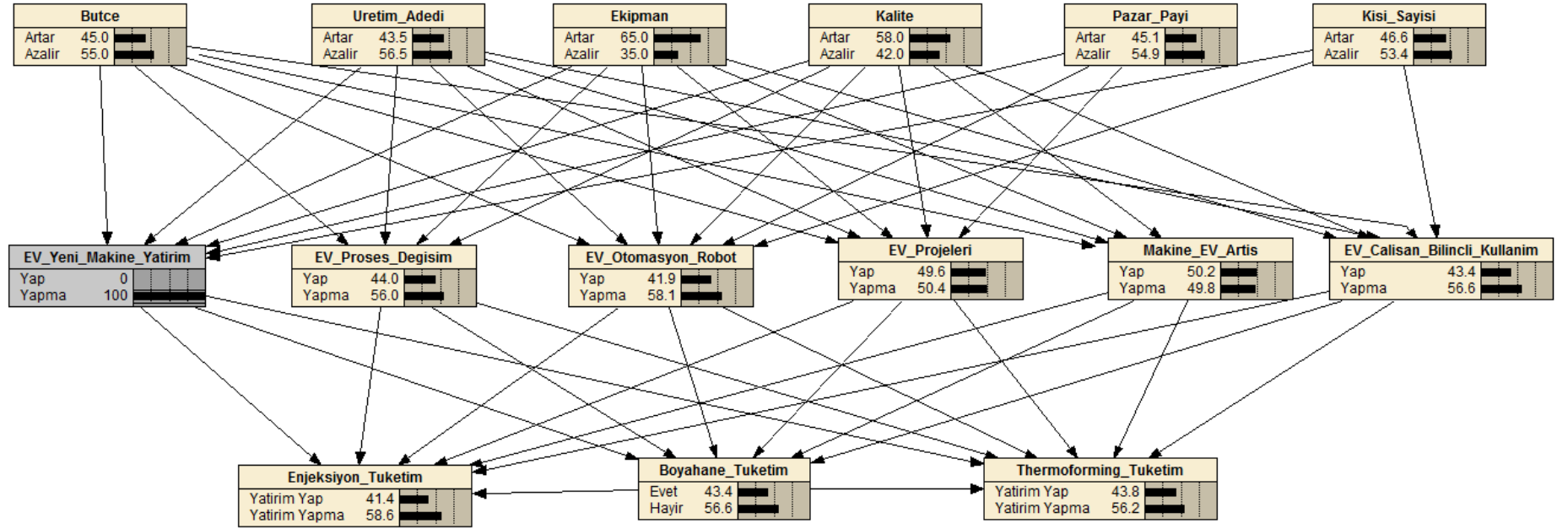
Şekil A.3 : Bütçe azalır durumu için NETICA modeli.

EK A.8 : Enerji verimli yeni makine yatırı. yap durumu için NETICA modeli.



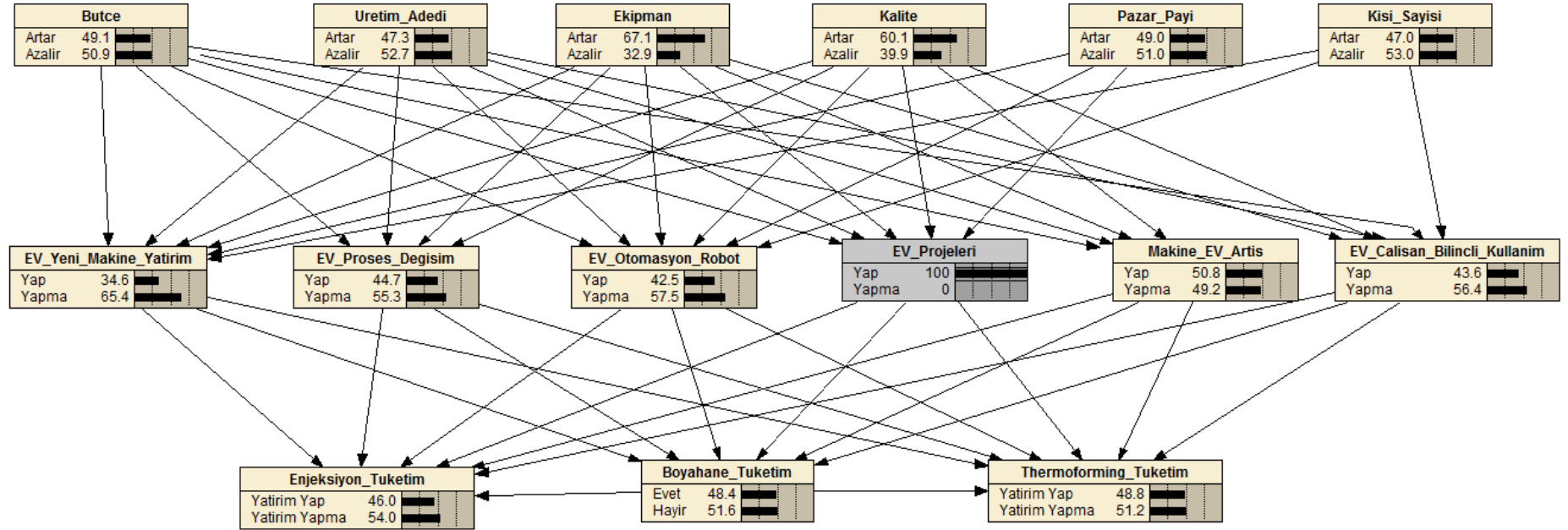
Şekil A.4 : Enerji verimli yeni makine yatırı. yap durumu için NETICA modeli.

EK A.9 : Enerji verimli yeni makine yatırı. yapma durumu için NETICA modeli.



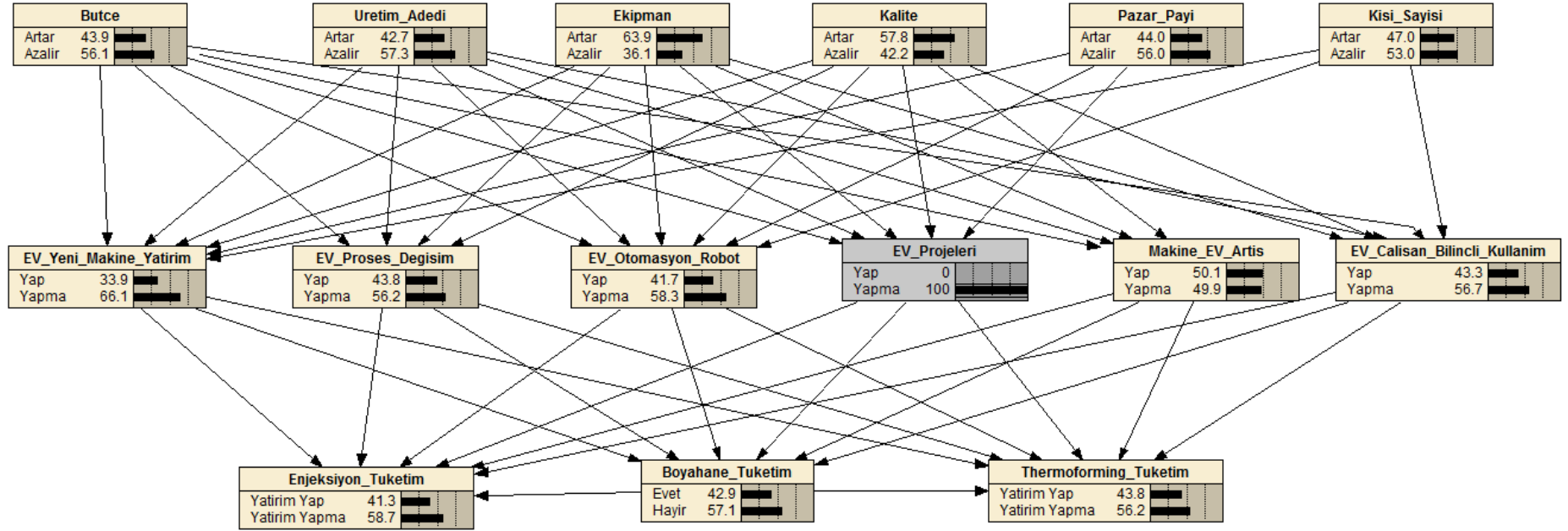
Şekil A.5 : Enerji verimli yeni makine yatırı. yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.10 : Enerji verimliliği projesi yap durumu için NETICA modeli.



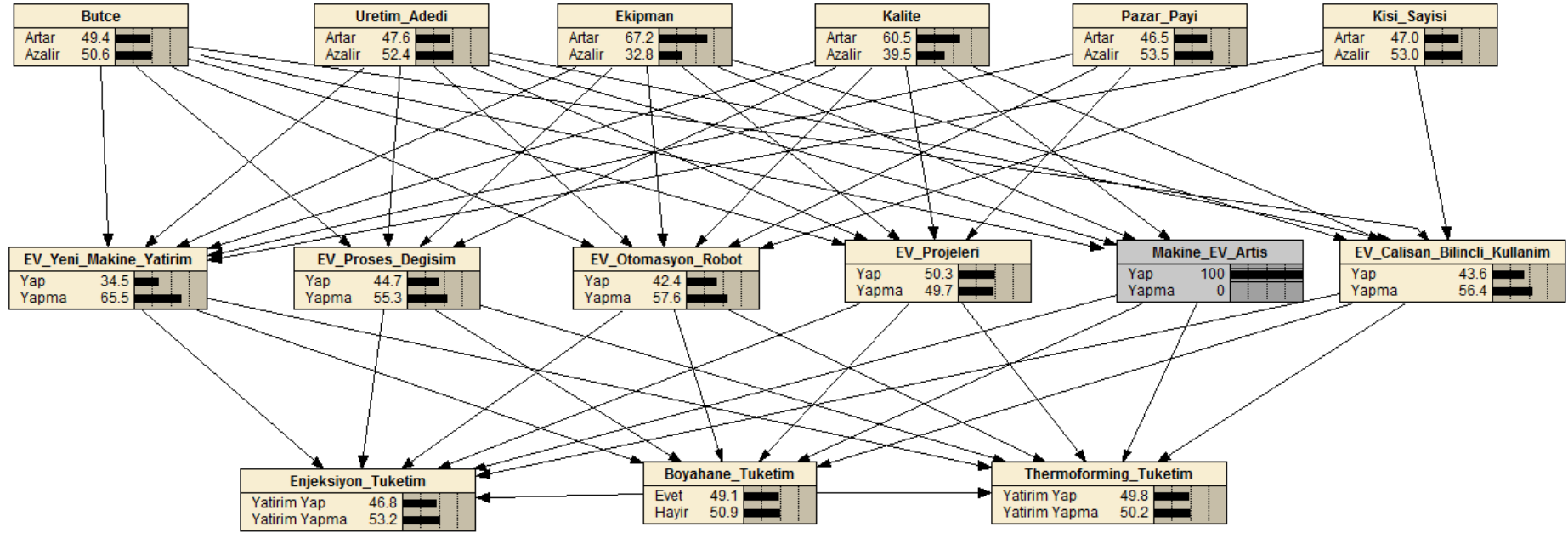
Şekil A.6 : Enerji verimliliği projesi yap durumu için NETICA modeli.

EK A.11 : Enerji verimliliği projesi yapma durumu için NETICA modeli.



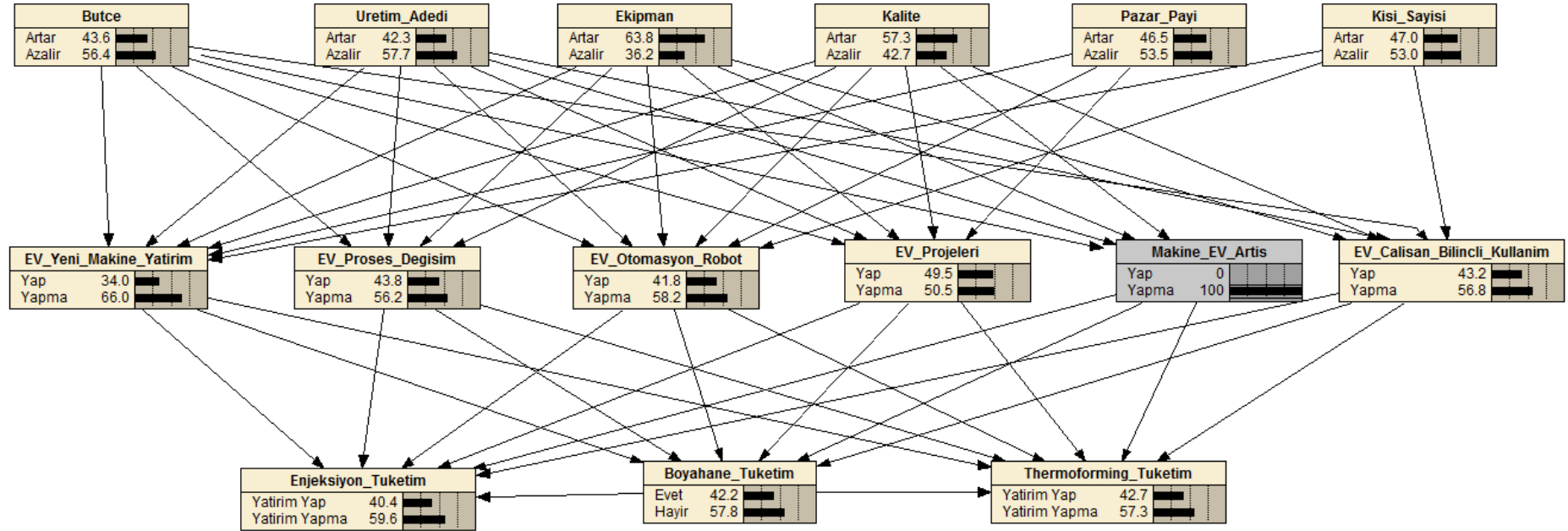
Şekil A.7 : Enerji verimliliği projesi yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.12 : Makine enerji verimliliği artışı yap durumu için NETICA modeli.



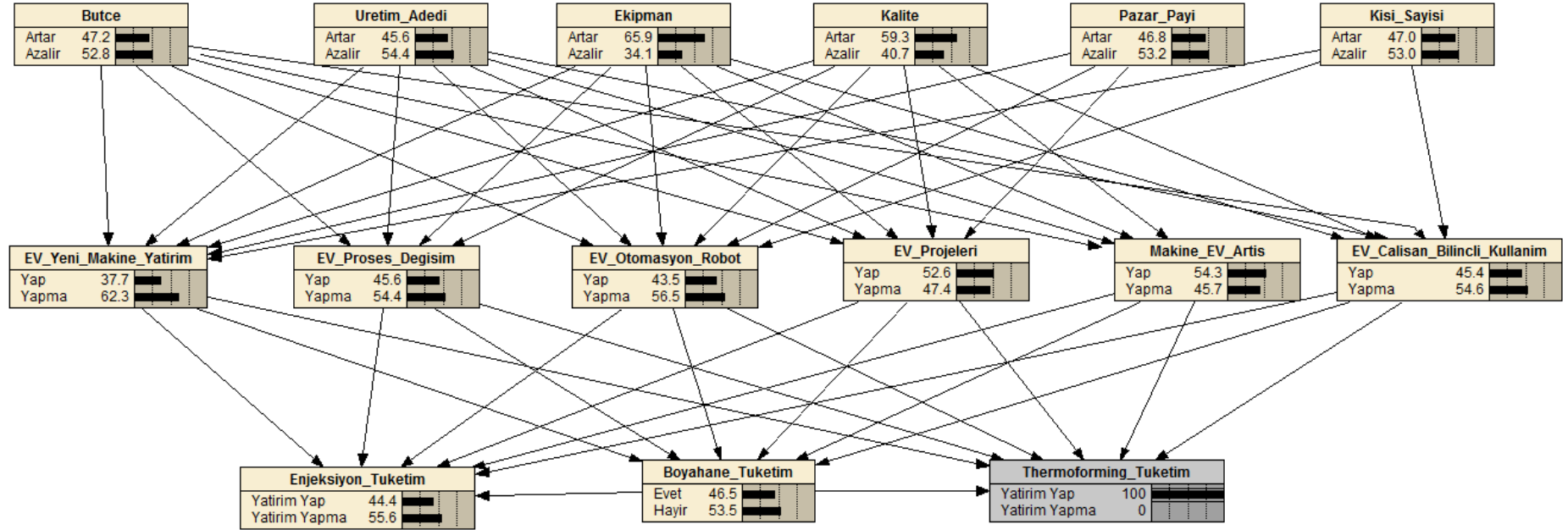
Şekil A.8 : Makine enerji verimliliği artışı yap durumu için NETICA modeli.

EK A.13 : Makine enerji verimliliği artışı yapma durumu için NETICA modeli.



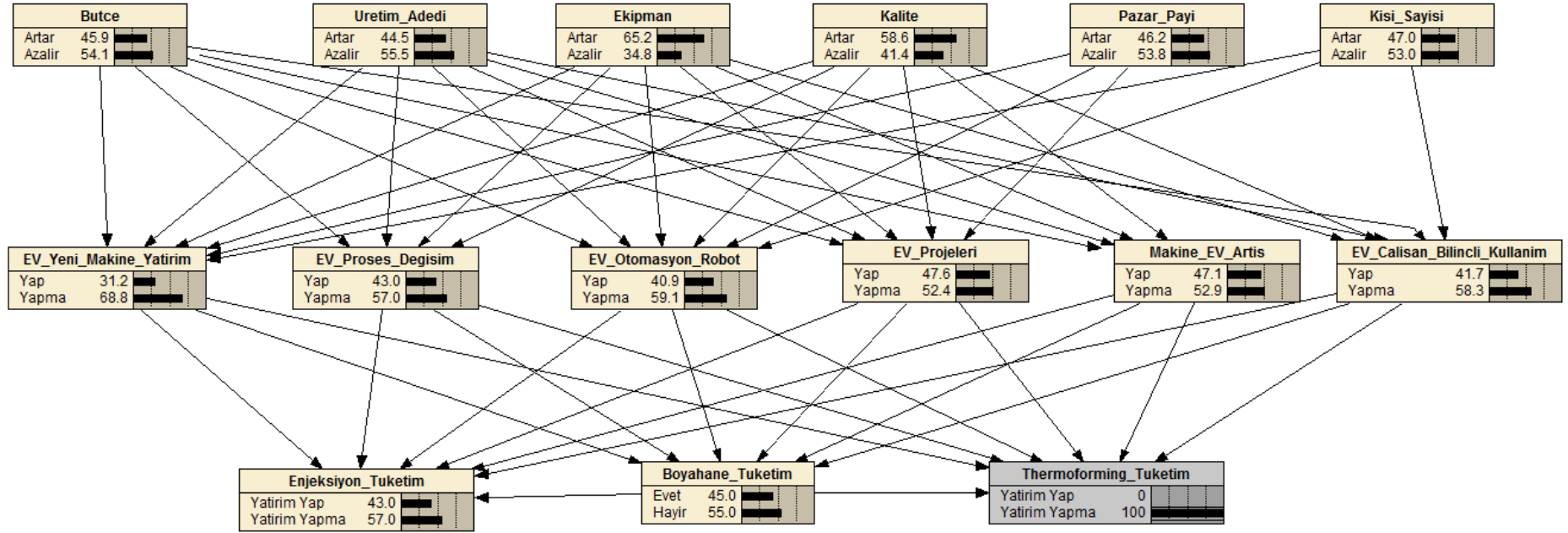
Şekil A.9 : Makine enerji verimliliği artışı yapma durumu için NETICA modeli.

EK A.14 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yap durumu için NETICA modeli.



Şekil A.10 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yap durumu için NETICA modeli.

EK A.15 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yapma durumu için NETICA modeli.



Şekil A.11 : Thermoform. enerji tüketimi yatırım yapma durumu için NETICA modeli.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Kazım Onur ALBAYRAK

E-posta : albayrakka@itu.edu.tr



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM

- BSH(Bosch Siemens Ev Aletleri), Teknik Ürün Yöneticisi, (2018-halen).

