

ANKARA (MERKEZ) BÖLGESİNDEKİ İLETİM HATLARI KAPASİTELERİNİN İLERİYE YÖNELİK YÜKLENME DEĞİŞİMİNE GÖRE YETERLİLİKLERİNİN İNCELENMESİ

EXAMINING THE SUFFICIENCY OF THE TRANSMISSION LINES' CAPACITIES ACCORDING TO FUTURE LOAD VARIATION OF THE ANKARA CENTRAL AREA

Erk DURSUN¹, Canan KARATEKİN²

^{1,2} Elektrik Mühendisliği Bölümü
Elektrik- Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi

¹ erkdursun@gmail.com ² karatekin@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Ankara Merkez bölgesini besleyen iletim hatlarının, ilerideki yüklenme durumları için; yük taşıma limitlerinin kullanılma oranları incelenmiştir. Bunun için ilk olarak Ankara Merkez Bölgesi için regresyon analizi yöntemi ile yük tahmini uygulaması yapan bir program yazılmıştır. Yazılan program ile şehir puantı ve bölgeyi besleyen her bir indirici merkez için 2020 senesine kadar ayrı ayrı puant yük tahmini yapılmıştır. Şehir puantı bulunurken şehrin nüfus ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) bilgileri kullanılmıştır. İndirici merkez bazında inceleme yapılırken ise her bir indirici merkezin puant yüke katkısı matematiksel olarak ifade edilmiştir. Ankara Merkez bölgesini besleyen iletim sistemini modellemek için ilgili veriler Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nden (TEİAŞ) alınmış ve modelleme yapılacak program olarak MATLAB / PSAT seçilmiştir. Bulunan yüklenme tahminlerine göre her yıl için yük akışı analizi yapılmıştır. Simülasyon çıktısı olarak hatlardan geçmesi tahmin edilen yüklerle; hatların yük taşıma kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 2020 yılına kadar tahmin edilen yük artışının olması durumunda sistem hatlarında genel olarak yük akışı artmış bununla birlikte hatların limit değerlerini geçmemiştir.

Abstract

In this study, an efficiency analysis has been conducted for the future load conditions of the transmission lines that feed the Ankara Central Area. For this purpose, firstly a software, which uses the regression analysis, has been written to estimate the load expectations for the Ankara Central Area. The load estimation has been chosen related to the input and outputs of the peak. Until the year of 2020, separate peak estimation has been made for each transformer that feeds the city and area peak. While studying based on transformers, each transformer's contribution to the peak load has been mathematically expressed. As a result of the regression

analysis the annual loading estimates for each transformer have been calculated. In order to model the conduction system of Ankara Central Area, data from Turkey Electricity Transmission Corporation (TEİAŞ) have been collected and MATLAB / PSAT have been used as modeling programs. A load flow analysis has been conducted for each year according to the loading estimations. As a result, in the case that the expected load increase until the year of 2020 occurs, the load flow in the lines have generally increased nevertheless no overload has come across.

1. Giriş

Elektrik enerjisinin tüketiciye kesintisiz ulaşabilmesi için ileriye yönelik planlamalar yapılmalıdır. Bu planlamalarda en önemli verilerden biri gelecekteki talep bilgisidir. Bu talep bilgisi doğru tahmin edilirse geleceğe yönelik yatırımlar isabetli olacak ve böylelikle elektriğin arz güvenliği problemi çözüme ulaşacaktır [1,2]. Planlamalar yapılırken sistemin tüketicilerin puant güç taleplerini karşılayacak bir sistem olarak planlaması dikkate alınmalıdır [3].

Elektrik Piyasası Kanunu ile sektörde planlama ve dolayısıyla yük tahmininin önemi daha da artmış konu ile ilgili Elektrik Piyasalarında Talep Tahminleri Hakkında Yönetmelik isimli bir yönetmelik yayımlanmıştır. Yönetmelik üretim planlaması ve sistem altyapısının ileriye yönelik geliştirilmesi için talep tahminleri toplanmasını ve bu tahminler doğrultusunda TEİAŞ bünyesinde ilgili planlamaların yapılmasını öngörmüştür [4]. Elektrik Piyasası Kanunu'nda öngördüğü gibi yük tahmini sistem planlamasının ilk ve en önemli adımıdır. Yük tahmini yapılan bir bölgenin ilerideki elektrik ihtiyacı belirlenir ve ileriye yönelik yatırım planları çıkarılabilir.

Bir bölgenin iletim sistemi yatırımlarının planlanabilmesi için indirici merkez bazında ileriye yönelik puant yük ve enerji

talebi verileri bilinmelidir. Bu veriler ile birlikte yük akışı ve kısa devre analizleri yapılarak sistem planlamaları yapılabilir [3].

Regresyon analizi bir tahmin işlemidir. Parametreler tahmin edildikten sonra açıklayıcı değişkenlerin istenen değerlerine karşı bağımlı değişkenin alacağı değerin tahmini yapılabilir.

Regresyon analizinde x_i bağımsız değişkenleri ile y_i bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edilir.

Gerçekçi bir analiz ile yapılan planlamanın uygulanması;

- İleride talep edilecek tüketim değerine göre üretim tesislerinin kurulması sonucu üretim – tüketim dengesini artırır;
- İletim tesislerini gelecekteki durumlar için hazırlayıp gerekli yatırımları tespit ederek arz güvenliği sağlanmış olur;
- Gerekli yatırımlar gerekli zamanda gerekli yerlere yapıldığından sistem verimliliği sağlanır;
- Sistem kullanım maliyetlerinin gerçekçi bir şekilde fiyatlandırılmasını sağlar.

Bu çalışmada; Ankara Merkez bölgesi için puant yük tahmini yapılmış ve ileriye yönelik puant durumlarda iletim hatlarının yüklenme durumları incelenmiştir.

2. Ankara Merkez Bölgesi İçin Yük Tahmini

2.1. Regresyon Analizi ile Ankara Merkez Bölgesi İçin Puant Yük Tahmini

Çalışmada, regresyon analizi yapılırken; geçmiş yıllara ait puant yük değerleri, il nüfus bilgileri ve Türkiye Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) verileri denklemin değişkenleri olarak alınmıştır [5].

Matematiksel işlemlerin yapılması için Visual Studio 2010 yazılımı ile regresyon analizi yapan bir program yazılmıştır. Geçmiş yıllara ait nüfus ve GSYİH verileri için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanı, Ankara Merkez Bölgesindeki puant yük verileri için ise bölgeden sorumlu dağıtım şirketinin veri tabanı kullanılmıştır. İlgili veriler toplu bir şekilde Tablo 1’de verilmiştir.

Bu bölümde bağımsız değişkenler olarak geçmiş dönem GSYİH (x_{1i}) ve geçmiş dönem nüfus verileri (x_{2i}) kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak ise geçmiş yıllara ait puant verileri (y_i) kullanılmıştır. Amaç GSYİH ve nüfus verileri ile puant verilerini elde edecek bir denklem uydurmaktır [6].

Tablo 1: Regresyon Analizinde Kullanılacak Veriler

Yıllar	Ankara Puant Yük Değerleri		GSYİH (Sabit 1998 Fiyatlarıyla Değer)		Ankara İl Merkezi Nüfusu	
	MW	Artış Oranı (%)	Milyon TL	Artış Oranı (%)	Milyon Kişi	Artış Oranı (%)
2001	960,00	-	68.309	-	3,641	-
2002	1052,00	9,58	72.520	6,165	3,718	2,115
2003	1021,00	-2,95	76.338	5,265	3,796	2,098
2004	1064,00	4,21	83.486	9,364	3,876	2,107
2005	1202,00	12,97	90.500	8,401	3,957	2,090
2006	1344,30	11,84	96.738	6,893	4,04	2,098
2007	1358,40	1,05	101.255	4,669	4,14	2,475
2008	1456,30	7,21	101.922	0,659	4,395	6,159
2009	1495,30	2,68	97.003	4,826	4,513	2,685
2010	1429,00	-4,43	105.739	9,006	4,641	2,836
2011	1625,00	13,72	111.026	5,000	4,752	2,392

Metot olarak çok değişkenli doğru modeli seçilmiştir. Regresyon analizi sonucu puant denklemi aşağıda verilmiştir.

$$y = -1029,12097 + 0,00018x_1 + 553,58104x_2 \quad (1)$$

Denklem ortalama %4,35’lik hata ile geçmiş yıllara ait puant değerlerini vermiştir. Bu denklem sonucu çıkan değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Regresyon Analizi Sonucu

Yıl	Gerçek Puant	Hesaplanan Puant	Hata
2001	960	998,454	%4,01
2002	1052	1041,818	%0,97
2003	1021	1085,668	%6,33
2004	1064	1131,208	%6,32
2005	1202	1177,279	%2,06
2006	1344,3	1224,321	%8,93
2007	1358,4	1280,472	%5,74
2008	1456,3	1421,752	%2,37
2009	1495,3	1486,211	%0,61
2010	1429	1558,602	%9,07
2011	1625	1601,516	%1,45
Ortalama Hata			%4,35

İleriye yönelik tahmin yapabilmek için, tahmin yapılacak yıllar arasındaki GSYİH ve nüfus tahminleri bilinmelidir. İlgili değişkenler, (1) denkleminde yerleştirilirse 2012 – 2020 yılları arası puant tahmini sonuçları bulunur. İlgili sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir;

Tablo 3: Ankara Şehir Merkezi Puant Tahminleri

Yıl	GSYİH(x_{1i})	Nüfus(x_{2i})	Hesaplanan Puant
2012	116,577	4,818	1638,053
2013	122,406	4,885	1675,144
2014	128,526	4,947	1709,467
2015	134,953	5,009	1743,79
2016	141,700	5,072	1778,667
2017	148,785	5,136	1814,097
2018	156,225	5,2	1849,528
2019	164,036	5,256	1880,53
2020	172,238	5,313	1912,085

2.2. İndirici Merkez Ölçeğinde Yapılan Regresyon Analizi ile Puant Yük Tahmini

Bu bölümde sistem modellemesinde kullanılacak indirici merkezlerin şehir puant gücüne katkıları incelenmiştir. Her bir indirici merkez için ayrı ayrı regresyon analizi uygulanmıştır. Tahmin işlemi için öncelikle geçmiş yılların verileri kullanılarak model denklemi oluşturmuş daha sonra bu denklem ile ileriye yönelik yük verileri bulunmuştur. Yıllık olarak her bir indirici merkezin; tahmini puant yüküne katkısının, tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Regresyon analizinde, geçmiş yılların şehir puant yükü, bağımsız değişken (x_i), indirici merkezlerin o yıldaki puant gününde çektikleri maksimum yük, bağımlı değişken (y_i) olarak alınmıştır. Böylece indirici merkezlerin puant yüküne katkılarının matematiksel denklem olarak elde edilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 4’de indirici merkezlerin puant günde çektikleri maksimum güç değerleri, o günün puant güç değerini sağlamamaktadır. Bunun nedeni tablodaki değerlerin puant olduğu anda çektikleri güç değerleri olmamasıdır. Değerler puant yükün çekildiği gün merkezlerden çekilen maksimum yüküdür. Her merkez puant anında maksimum yüklenmek zorunda değildir. Puant anında indirici merkezlerin anlık yüklenme verileri elde edilememiştir. Dolayısıyla değerlerin bu şekilde kullanılması regresyon analizinde tutarlı bir sonuç alınabilmesini önleyecektir.

Tablo 4: İndirici Merkezlerin Puant Günde Çektikleri Maksimum Güç ve Şehir Puantının Değeri

Bara No	Bara Adı	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Akköprü TM	80	84,5	86,5	94,5	97,5	88	95,5
2	Macunköy TM	76,5	86,5	88	70,5	76	68	45
3	Ankara Sanayi TM	42,5	59	69,5	81,5	81	81	99
4	Sincan TM	74,5	58	57	81	79,5	63,5	90
5	Ümitköy TM	62,5	92	80,5	88	89	83	91
6	Gölbaşı TM	24,5	65,5	50	77,5	81	59,5	64,5
7	Çankaya TM	88,5	85	77	104	106,5	90,5	108
8	İmrahor TM	55,5	44	69,5	61,5	64,5	57,5	76
9	Mamak TM	82	64,5	96	81,5	84,5	67	81,5
10	Hasköy TM	-	-	-	40	28	45,5	58
11	Balgat TM	92	105	119	86,5	86	82	92
12	Maltepe TM	69	96	90	80	84,5	71,5	86,5
13	Esenboğa TM	64,5	67	53	43	42	48,5	43,5
14	Hisar TM	-	-	-	-	-	4	19
15	Ovacık TM	43,5	65,5	75,5	60,5	79	58	58
Toplam Yük (MW)		855,5	972,5	1011,5	1050	1079	967,5	1107,5
Şehir Puantı (MW)		1202	1344,3	1358,4	1456,3	1495,3	1429	1625
Fark (MW)		346,5	371,8	346,9	406,3	416,3	461,5	517,5
Hata (%)		28,83	27,66	25,54	27,90	27,84	32,30	31,85

Tablo 4’de görülen regresyon analizi sonucu hesaplanan her bir indirici merkezin yük toplamı ile o gün çekilen maksimum (o yılın puantı) yük değeri arasındaki fark değeri; hizmette olan indirici merkezler arasında eşit olarak dağıtılmıştır. Tablo 5’de düzeltilmiş değerler verilmiştir.

Tablo 5: Düzeltme İşlemi Sonrası Regresyon Analizinde Kullanılacak Değerler

Bara No	Bara Adı	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Akköprü TM	106,65	113,10	113,18	123,52	127,24	118,77	130,00
2	Macunköy TM	103,15	115,10	114,68	99,52	105,74	98,77	79,50
3	Ankara Sanayi TM	69,15	87,60	96,18	110,52	110,74	111,77	133,50
4	Sincan TM	101,15	86,60	83,68	110,02	109,24	94,27	124,50
5	Ümitköy TM	89,15	120,60	107,18	117,02	118,74	113,77	125,50
6	Gölbaşı TM	51,15	94,10	76,68	106,52	110,74	90,27	99,00
7	Çankaya TM	115,15	113,60	103,68	133,02	136,24	121,27	142,50
8	İmrahor TM	82,15	72,60	96,18	90,52	94,24	88,27	110,50
9	Mamak TM	108,65	93,10	122,68	110,52	114,24	97,77	116,00
10	Hasköy TM	-	-	-	69,02	57,74	76,27	92,50
11	Balgat TM	118,65	133,60	145,68	115,52	115,74	112,77	126,50
12	Maltepe TM	95,65	124,60	116,68	109,02	114,24	102,27	121,00
13	Esenboğa TM	91,15	95,60	79,68	72,02	71,74	79,27	78,00
14	Hisar TM	-	-	-	-	-	34,77	53,50
15	Ovacık TM	70,15	94,10	102,18	89,52	108,74	88,77	92,50
Toplam Yük (MW)		1202,00	1344,30	1358,40	1456,30	1495,30	1429,00	1625,00
Fark (MW)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Regresyon analizi işlemi her bir indirici merkez için ayrı ayrı yapılmıştır. Çankaya TM, İmrahor TM, Mamak TM ve Esenboğa TM için eğrisel model geri kalan TM’ler için doğrusal model kullanılmıştır. Her bir indirici merkez için ayrı regresyon denklemi çıkarılmıştır. 2020 yılına kadar her bir indirici merkezin yüklenme tahmini Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: İndirici Merkezlerin Puant Talep Anında Yüklenme Tahminleri

Bara No	Bara Adı	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Akköprü TM	130,75	132,72	134,46	136,10	137,68	139,19	140,60	141,76	142,86
2	Macunköy TM	86,72	84,33	82,02	79,61	77,08	74,42	71,66	69,16	66,55
3	Ankara Sanayi TM	134,87	140,07	144,79	149,41	154,03	158,61	163,11	166,96	170,81
4	Sincan TM	115,91	118,32	120,45	122,50	124,49	126,41	128,24	129,76	131,23
5	Ümitköy TM	128,32	130,83	133,05	135,19	137,27	139,29	141,21	142,81	144,37
6	Gölbaşı TM	115,22	119,36	123,10	126,75	130,36	133,94	137,43	140,39	143,34
7	Çankaya TM	147,42	153,49	159,44	165,71	172,42	179,56	187,05	193,88	201,10
8	İmrahor TM	110,72	116,22	121,65	127,41	133,59	140,21	147,17	153,55	160,31
9	Mamak TM	116,12	118,76	121,38	124,18	127,21	130,47	133,91	137,07	140,44
10	Hasköy TM	86,88	90,51	93,79	96,97	100,11	103,21	106,21	108,75	111,27
11	Balgat TM	119,10	118,40	117,66	116,83	115,89	114,85	113,70	112,63	111,46
12	Maltepe TM	118,67	119,83	120,82	121,71	122,53	123,27	123,91	124,39	124,80
13	Esenboğa TM	73,10	73,31	73,68	74,22	74,94	75,86	76,95	78,05	79,32
14	Hisar TM	52,93	56,11	58,96	61,73	64,44	67,11	69,68	71,85	73,98
15	Ovacık TM	101,36	102,89	104,22	105,46	106,63	107,72	108,72	109,51	110,24
Toplam Yük (MW)		1638,05	1675,14	1709,47	1743,79	1778,67	1814,10	1849,53	1880,53	1912,09
Şehir Puantı Tahmini (MW)		1638,05	1675,14	1709,46	1743,79	1778,67	1814,10	1849,53	1880,53	1912,09
Fark (MW)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Modelleme yapılırken düzeltilmiş indirici merkez yük değerleri kullanılmıştır.

3. Ankara (Merkez) İletim Sisteminin Modellenmesi ve Yük Değişimlerinin İletim Hatlarının Yüklenmelerine Etkisi

Ankara İletim Sistemi TEİAŞ'a bağlı 8.İletim Tesis ve Bölge Müdürlüğü'ne bağlı olarak işletilmektedir. Müdürlük sorumluluğunda Beypazarı, Kazan, Ankara Sanayi, Sincan, Macunköy, Akköprü, Ovacık, Hisar, Hasköy, Akköprü, Maltepe, Balgat, Mamak, Esenboğa, Kalecik, Baştaş, Kırıkkale, Hacılar, İmrahor, Çankaya, Gölbaşı, Emriler, Temelli, Ümitköy, Polatlı, Beylikköprü bölgelerinde 26 adet indirici merkez bulunmaktadır. Bununla birlikte 1284 km'lik 154 kV ve 1728 km'lik 380 kV iletim hatları bölge müdürlüğü sorumluluğundadır.

Bu çalışmada Ankara Şehir Merkezini besleyen indirici merkezleri ve aralarındaki hatlar modellenmiştir. Modelleme yapılırken MATLAB programının PSAT ara yüzü kullanılmıştır. Modelleme yapılırken aşağıdaki adımlar izlenmiştir [7];

- Modellenecek indirici merkezlerle ait parametrelerin programa girilmiştir,
- İndirici merkezler arasındaki 154 kV ve 400 kV'lık hatlar modellenmiştir,
- Enterkonnekte şebekeye bağlı baralar salınım barası olarak tanımlanmış, bu baralardan biri referans bara olarak modellenmiştir,
- Üretim tesisleri modellenerek ilgili baraya eklenmiştir,
- Program çalıştırılarak stabil durum için yük akışı analizi yapılmıştır.

PSAT programında yük akışı denklemlerinin çözümü için Newton-Raphson yöntemi kullanılmıştır. Aynı zamanda yapılan analiz; sürekli hal koşulu altında, dengeli ve üç fazlı enerji sistemi kabulleri altında yapılmıştır.

3.1. Ankara Şehir Merkezini Besleyen İletim Sisteminin Modellenmesi

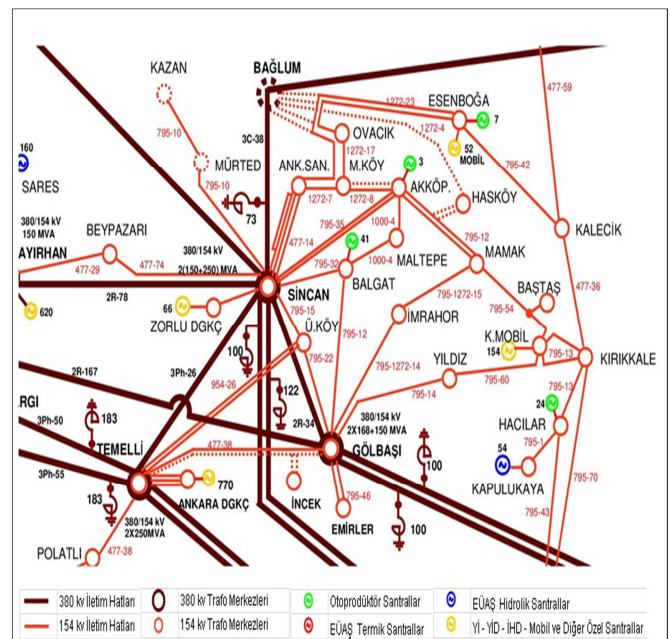
Sistem modellenmesi yapılırken şehir merkezini besleyen indirici merkezler ve aralarındaki iletim hatlarının karakteristik değerleri, bölgenin 154 kV ve 380 kV'luk sistem tek hat şeması TEİAŞ'dan alınmıştır.

Modellenen sistem enterkonnekte şebekeye bağlıdır. Dolayısıyla sadece bölgedeki üretim tesislerinden değil aynı zamanda şebekeden güç çekecektir. Sistem Esenboğa, Mamak, İmrahor, Çankaya, Gölbaşı, Temelli, Sincan baralarından 154 kV; Hisar, Gölbaşı, Temelli ve Sincan baralarından 380 kV’luk enterkonnekte sisteme bağlıdır.

Şebeke modellemesinde ilgili baraların gerilim genlik ve açı değerleri güç akışı analizi sırasında sabit tutulmaya çalışılmıştır. Gerilim değerleri 1 p.u, referans faz açısı 0 radyan olarak alınmıştır. Gerilim genlik değerine % 10'luk salınım payı verilmiştir. Sincan 380 kV barası, referans salınım barası olarak seçilmiştir.

EK-A'da PSAT Simulink ara yüzü ile modellenen sistemin şeması verilmiştir. Modellemede yalnızca 154 kV'luk sistemle paralel çalışan santraller dikkate alınmış, dağıtım şebekesine bağlı küçük güçlü otoproduktör santraller alınmamıştır.

Sistemdeki yükler modellenirken her bir indirici merkez için Tablo 6’da belirlenen yük değerleri kullanılmıştır. Reaktif güç değerleri ise her indirici merkezinin yıllık puant yük artış oranı ile reaktif yük artış oranı eşit kabul edilmiştir. Tablo 7’de sistem modellenmesinde kullanılan reaktif güç değerleri verilmiştir.



Şekil 1: Ankara Merkez Bölgesi İletim Sistemi

Çalışmada hatların, indirici merkezlerin yüklenmesine bağlı kapasite kullanım oranları incelenmiştir. Söz konusu hatlar rüzgar hızı, hava ve iletken sıcaklığı durumlarına göre farklı kapasite değerlerine sahiptir. Kapasite değerlerinin referans alındığı değişkenler Tablo 8’de verilmiştir. Bu kapasite değerleri Tablo 9’da verilmiştir. Burada bahsedilen MAX sınıfı yük iletimi için ortam koşullarının en uygun olduğu ve bu koşullara göre hattın taşıyabileceği en yüksek güç, SUM sınıfı ise ortam koşullarının yaz mevsimine dolayısıyla sıcaklıkların daha fazla olduğu durumda hattın taşıyabileceği en yüksek yük miktarını belirtmektedir.

Tablo 7: Her Yıl İçin Modellemede Kullanılacak Reaktif Yük Değerleri

Bara No	Bara Adı	Reaktif Güç Tahminleri (MVAr)									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Akköprü TM	20,0	20,1	20,4	20,7	20,9	21,2	21,4	21,6	21,8	22,0
2	Macunköy TM	11,2	12,2	11,9	11,6	11,2	10,9	10,5	10,1	9,7	9,4
3	Ankara Sanayi TM	17,0	17,2	17,8	18,4	19,0	19,6	20,2	20,8	21,3	21,8
4	Sincan TM	13,0	12,1	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4	13,5	13,7
5	Ümitköy TM	12,0	12,3	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5	13,7	13,8
6	Gölbasi TM	8,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,3	11,6
7	Çankaya TM	22,0	22,8	23,7	24,6	25,6	26,6	27,7	28,9	29,9	31,0
8	İmrahor TM	14,2	14,2	14,9	15,6	16,4	17,2	18,0	18,9	19,7	20,6
9	Mamak TM	8,0	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7
10	Hasköy TM	13,0	12,2	12,7	13,2	13,6	14,1	14,5	14,9	15,3	15,6
11	Balgat TM	12,4	11,7	11,6	11,5	11,5	11,4	11,3	11,1	11,0	10,9
12	Maltepe TM	12,0	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,2	12,3	12,3	12,4
13	Esenboğa TM	4,0	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1
14	Hisar TM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	Ovacık TM	6,0	6,6	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2

Tablo 8: Hat Kapasitelerini Belirleyen Ortam Koşulları

Kapasite Sınıfı	İletken Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Rüzgar Hızı
MAX	80°C	25°C	0,5m/s
SUM	80°C	40°C	0,1m/s

Tablo 9: İletken Tiplerine Göre MAX ve SUM Kapasiteleri

İletken Tipi	Kapasite (MVA)	
	MAX	SUM
477MCM	180	110
795MCM	250	153
954MCM	280	171
1272MCM	336	206
1000mm ² XLPE	250	250

3.3. 2012 – 2020 Yılları Arası Yüklenme Tahminlerine Göre İletim Hatlarının Kapasite Kullanım Durumları

İnceleme puant yüklenme ve sistemin kararlı hali için yapılmıştır. Ankara bölgesinde geçmiş puant günlerin kış ayına rastladıkları gözlemlenmiştir. Dolayısıyla inceleme sırasında hatların MAX kapasite değerleri dikkate alınmıştır.

MAX kapasiteye göre 80 nolu Hasköy – Mamak 154 kV'luk iletim hattı 2020 yılında hat kapasitesinin % 81,32'sini kullanacaktır. MAX kapasite temel alındığında 2020 yılına kadar kapasite üstü bir yük akışına rastlanmamıştır.

Yük akışı analizi sonucu hatlardan akan güçlerin, hatların MAX kapasitesine göre kullanım oranları EK-A'da verilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Ankara Merkez bölgesi için 2012 – 2020 yılları arası yük tahmini yapılmış ve yük değişimine bağlı olarak bölgeyi besleyen iletim hatlarının gelecekteki durumu analiz edilmiştir.

Çalışma esnasında;

Ankara Şehir Merkezi'nde 2020 yılına kadar 2011 yılına göre % 17,66 lık bir puant artışı tespit edilmiştir. Puant artışının en önemli sebebi nüfus artışı ve şehrin ekonomik açıdan gelişmesi olarak düşünülmüştür.

Bu puant artışı şehir merkezini besleyen indirici merkezler bazında incelenmiş ve her bir indirici merkezden talep edilen güç miktarı 2020 yılına kadar bulunmuştur.

İletim hatlarının yüklenme oranlarını incelemek için PSAT programı kullanılmış; ileride talep edilmesi tahmin edilen yüklere göre her bir indirici merkez arası hatlardan geçecek yük miktarına bakılmıştır.

İletim hatlarından geçecek yükler hat kapasitelerine göre değerlendirilmiş ve her yıl için yüzde kullanım oranları çıkartılmıştır.

Çalışma sonucunda;

2020 yılına kadar yüklenme tahminleri için, hatların MAX kapasitesine göre hiçbir hat sınır değeri geçmemiş; bununla birlikte Ümitköy – Temelli arasındaki 154 kV'luk havai hatlar Akköprü, Hisar, Hasköy ve Mamak indirici merkezleri arasındaki kablo hatlarının en fazla yüklenme değerlerine sahip olacağı saptanmıştır.

Temelli'de bulunan 750 MW kurulu gücündeki üretim tesisi Temelli 154 kV bara ve Temelli – Ümitköy iletim hattı üzerinden şehir yükünün beslenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu durumda iletim hatlarına ek yapılması veya kapasitesi yüksek olan hatların bu bölgede kullanılması düşünülebilir. Bununla birlikte üretim tesisinin yakıt tipinin doğalgaz olması ve her zaman tam kapasite çalışmayacak olması göz önünde bulundurulmalıdır.

Akköprü, Hisar, Hasköy ve Mamak indirici merkezleri nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgeleri beslemektedir. Bu nedenle bu merkezlere gelen hatlar her zaman için diğer hatlardan daha fazla kullanılacaktır. Ayrıca bölgedeki şehirleşme nedeniyle bu hatlar kablo olarak döşenmiştir. Kablo hatların maksimum taşıyabilecekleri yük kapasitelerinin havai hatlara göre daha düşük olması kapasite kullanım oranı üzerinde olumsuz etki yapmaktadır.

Bununla birlikte artan hava sıcaklıkları nedeniyle şehirdeki klima kullanımının artması yaz aylarında talep edilen günlük puant değerini artırmaktadır. Bu nedenle hatların SUM kapasite değerlerinin ileride yaz aylarındaki günlük puant talebini karşılaması gerekmektedir.

İleride yapılacak benzer bir çalışmada;

İndirici merkezler bazında yapılacak tahmin çalışmasında; incelenecek merkezlerin besledikleri mahallelerin sosyal ve ekonomik verilerinin ayrı ayrı bulunması ve bunlara bağlı olarak her bir indirici merkez için denklemlerin bulunması daha doğru tahmin sonuçları bulunmasını sağlayacaktır.

Yük akışı uygulamasında farklı salınım baraları seçimleri için sonuçların incelenmesi ve karşılaştırılması yük akışı tahminini daha sağlam bir zemine oturtacaktır.

5. Kaynaklar

Şener, F., “Yük Tahmin Metotları ve Ankara Metrapol Alan İçin Regresyon Analizi Yöntemi Kullanılarak Uygulanması ” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005

Pamuk, N., “Sakarya İli Elektrik İletim Şebekesinin Matlab/Simulink Programı Kullanılarak Modellenmesi ve Analiz Edilmesi”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (27/1), Ocak 2011

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Elektrik Enerjisi Çalışma Grubu Raporu”, 2007, sf.5.33 – 5.43

Starodubtsev, I. , “Reform of the Turkish Electrical Energy Sector: Basic Principles and Interim Results”, University of Dunkee CEPMLP Research Network Vol.17 – 13, 2007

EPDK, “Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkında Yönetmelik”, 2006

Kalenderli, Ö., “Sayısal Yöntemler Ders Notu”, 2012

Milano, F., “PSAT Handbook version 1.3.5”, 2005

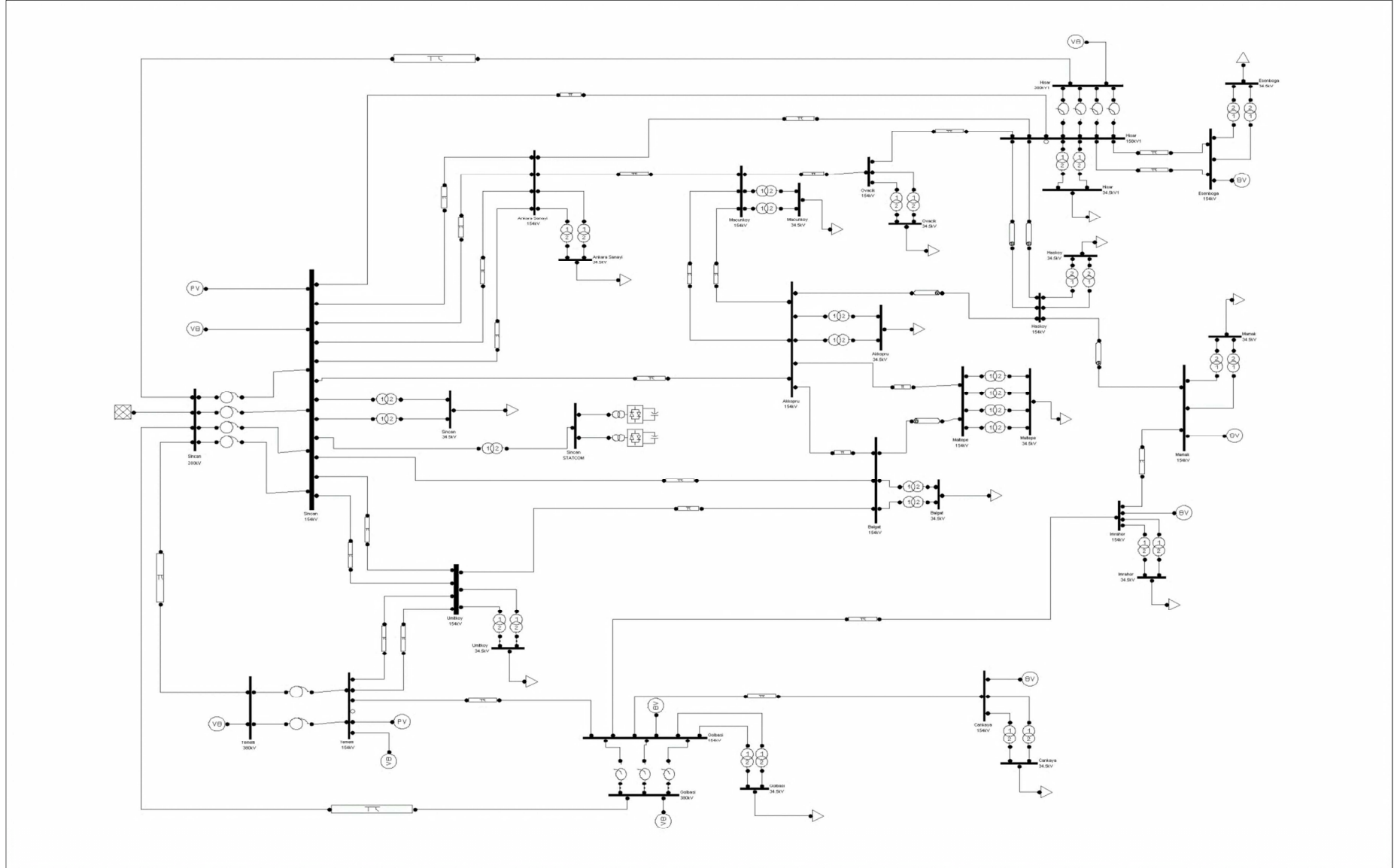
Ekler

EK A: PSAT ile Modellenen Sistemin Şeması

EK B: Hatlardan akan güçlerin, hatların MAX kapasitesine göre kullanım oranları

EK – A

Şekil A 1: PSAT ile Modellenen Sistemin Şeması



EK – B

Tablo B 2: Hatlardan akan güçlerin, hatların MAX kapasitesine göre kullanım oranları

Bara -Bara		Hat No	Hatlardan Geçen Yüklerin Hat Kapasitesini Kullanma Oranları [%] (MAX Kapasite)										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Sincan 154kV	Ankara Sanayi 154kV	1	19,1%	19,5%	20,0%	20,4%	20,8%	21,3%	21,7%	22,2%	22,6%	23,0%	
Golbasi 154kV	Cankaya 154kV	2	30,5%	31,8%	33,4%	34,9%	36,8%	38,4%	40,6%	42,4%	44,3%	46,3%	
Golbasi 154kV	Imrahor 154kV	3	29,4%	28,6%	29,1%	29,6%	30,0%	30,7%	31,1%	31,7%	32,2%	32,6%	
Imrahor 154kV	Mamak 154kV	4	8,5%	7,7%	7,0%	5,9%	5,1%	3,9%	2,7%	1,5%	0,1%	1,1%	
Ankara Sanayi 154kV	Hisar 158kV1	5	5,1%	5,1%	5,1%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	
Hisar 158kV1	Sincan 154kV	6	2,8%	2,9%	3,0%	3,1%	3,2%	3,4%	3,5%	3,6%	3,8%	3,9%	
Temelli 154kV	Golbasi 154kV	7	24,2%	25,2%	26,0%	26,8%	27,6%	28,4%	29,3%	30,1%	30,9%	31,7%	
Sincan 154kV	Ankara Sanayi 154kV	8	19,1%	19,5%	20,0%	20,4%	20,8%	21,3%	21,7%	22,2%	22,6%	23,0%	
Akkopru 154kV	Macunkoy 154kV	9	6,8%	5,8%	6,2%	6,5%	6,8%	7,3%	7,6%	8,0%	8,4%	8,7%	
Akkopru 154kV	Macunkoy 154kV	10	6,8%	5,8%	6,2%	6,5%	6,8%	7,3%	7,6%	8,0%	8,4%	8,7%	
Ovacik 154kV	Macunkoy 154kV	11	6,8%	6,1%	6,0%	5,9%	5,9%	5,8%	5,7%	5,6%	5,5%	5,5%	
Ankara Sanayi 154kV	Macunkoy 154kV	12	30,9%	32,0%	32,0%	32,1%	32,2%	32,3%	32,2%	32,5%	32,5%	32,5%	
Hisar 158kV1	Ovacik 154kV	13	34,8%	36,7%	37,1%	37,4%	37,6%	38,1%	38,2%	38,5%	38,7%	38,7%	
Hisar 158kV1	Esenboga 154kV	14	12,8%	12,1%	12,2%	12,4%	12,5%	12,7%	12,9%	13,1%	13,3%	13,5%	
Hisar 158kV1	Esenboga 154kV	15	12,8%	12,1%	12,2%	12,4%	12,5%	12,7%	12,9%	13,1%	13,3%	13,5%	
Sincan 380kV	Hisar 380kV1	16	31,1%	30,8%	31,4%	31,9%	32,4%	33,0%	33,6%	34,2%	34,7%	35,1%	
Sincan 380kV	Golbasi 380kV	17	5,4%	4,3%	4,1%	3,9%	3,6%	3,4%	3,1%	2,9%	2,6%	2,3%	
Temelli 380kV	Sincan 380kV	18	8,0%	8,1%	8,3%	8,5%	8,7%	9,0%	9,2%	9,4%	9,6%	9,8%	
Sincan 154kV	Ankara Sanayi 154kV	19	27,0%	27,6%	28,3%	28,9%	29,5%	30,1%	30,7%	31,4%	31,9%	32,5%	
Sincan 154kV	Ankara Sanayi 154kV	20	27,0%	27,6%	28,3%	28,9%	29,5%	30,1%	30,7%	31,4%	31,9%	32,5%	
Sincan 154kV	Akkopru 154kV	21	19,1%	19,3%	19,6%	19,9%	20,2%	20,6%	20,8%	21,2%	21,5%	21,8%	
Akkopru 154kV	Balgat 154kV	22	14,7%	13,5%	13,2%	13,1%	12,8%	12,5%	12,2%	11,9%	11,6%	11,3%	
Sincan 154kV	Balgat 154kV	23	18,5%	18,0%	18,0%	18,1%	18,1%	18,2%	18,1%	18,2%	18,1%	18,1%	
Sincan 154kV	Umitkoy 154kV	24	21,5%	21,4%	22,0%	22,6%	23,1%	23,7%	24,3%	25,0%	25,5%	26,1%	
Sincan 154kV	Umitkoy 154kV	25	21,5%	21,4%	22,0%	22,6%	23,1%	23,7%	24,3%	25,0%	25,5%	26,1%	
Akkopru 154kV	Maltepe 154kV	26	16,7%	15,5%	15,3%	15,2%	14,9%	14,7%	14,3%	14,1%	13,7%	13,5%	
Umitkoy 154kV	Balgat 154kV	27	54,2%	53,2%	53,7%	54,4%	55,0%	55,6%	56,1%	56,7%	57,2%	57,6%	
Umitkoy 154kV	Temelli 154kV	28	63,8%	63,8%	65,0%	66,2%	67,2%	68,4%	69,5%	70,7%	71,7%	72,5%	
Umitkoy 154kV	Temelli 154kV	29	63,8%	63,8%	65,0%	66,2%	67,2%	68,4%	69,5%	70,7%	71,7%	72,5%	
Maltepe 154kV	Balgat 154kV	76	33,4%	33,7%	34,4%	34,9%	35,6%	36,3%	36,7%	37,4%	37,8%	38,6%	
Akkopru 154kV	Haskoy 154kV	77	52,6%	53,1%	52,4%	51,9%	51,1%	50,4%	49,2%	48,6%	47,5%	46,5%	
Hisar 158kV1	Haskoy 154kV	78	61,6%	61,3%	62,7%	64,0%	65,3%	66,8%	68,0%	69,6%	71,0%	72,1%	
Hisar 158kV1	Haskoy 154kV	79	61,6%	61,3%	62,7%	64,0%	65,3%	66,8%	68,0%	69,6%	71,0%	72,1%	
Haskoy 154kV	Mamak 154kV	80	57,2%	58,1%	60,8%	63,3%	65,8%	68,9%	71,8%	75,3%	78,4%	81,3%	