

ARIMA MODELLERİ KULLANILARAK YAPILAN ENERJİ TÜKETİMİ TAHMİN ÇALIŞMASI

Mehmet KURBAN¹ Ümmühan BAŞARAN FİLİK² Sevil ŞENTÜRK³

^{1,2}Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü , 26555, ESKİŞEHİR
³İstatistik Bölümü, Fen Fakültesi,
Anadolu Üniversitesi Yunusemre Kampüsü , 26470, ESKİŞEHİR

¹e-posta: mkurban@anadolu.edu.tr ² e-posta: ubasaran@anadolu.edu.tr
³ e-posta: sdeligoz@anadolu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, iki aylık saatlik enerji tüketim verileri kullanılarak üçüncü aya ait tüketim verileri, “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” olan “ARIMA Modelleri” yardımıyla elde edilmiştir. Burada kullanılan ARIMA modelleri, tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahminlerinde kullanılmaktadır. Burada üç farklı durum için bu modelin uygun olup olmadığı araştırılmış ve uygun olan durum için öngörü modeline ilişkin sonuçlar, nokta tahmin ve aralık tahmin değerleri tablolar halinde verilmiştir.

Anahtar sözcükler: Enerji Tüketimi, Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Model, Ekonometri, Yük Tahmini.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi planlaması aslında karmaşık bir problemdir. Bu problem, uzun dönemli bir planlama için sistem boyutu, güvenilirlik sınırları, yapım ve işletme maliyetlerinin minimizasyonu gibi çeşitli kriterleri kapsamaktadır. Bu kriterler dayanarak optimal planlamayı gerçekleştirecek en uygun modelin seçilmesi ve buna göre çözümün yapılması gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş doğrusal, doğrusal olmayan, benzetim (simülasyon), dinamik ve karma tamsayı programlama modelleri gibi çok çeşitli modeller vardır [1].

Bu çalışmada, çözüm için ekonometri alanından yararlanılmıştır. Ekonometri; iktisat teorisi, matematik ve istatistiğin birleşmesiyle oluşan bir araştırma yöntemidir. Ekonometrinin amacı; matematik ve istatistikten yararlanarak çeşitli sorunların niceliksel olarak incelenmesi ve isabetli kararların alınmasına yardımcı olmaktır. Burada yapılacaklar, öncelikle teorik açıdan ele alınıp incelenir, daha sonra ilgili değişkenler arasındaki ilişkiler matematiksel bir model yardımıyla formüle edilir ve de bu değişkenlere ait verilerden yararlanıp gerekli istatistiksel yöntemler kullanılarak

modelin katsayıları bulunur. Bu katsayılara dayanarak öngörülerde bulunulur [1].

Bu çalışmada tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahminlerinde kullanılan öngörü amaçlı ARIMA modelleri yardımıyla kısa dönem planlaması için Türkiye'deki 2002 yılı saatlik enerji tüketimi verileri ele alınarak Kasım ayına ait belirli bir periyot için elektrik enerji tüketim değerleri elde edilmiştir. İki aylık veriler kullanılarak üçüncü ayın tahmini, günlerin 3 periyoda bölünerek ve ayların ardışık saat değerleri kullanılarak tahmin yapılması şeklinde üç farklı durum ele alınmıştır. Burada üç farklı durum için bu modelin uygun olup olmadığı araştırılmış ve uygun olan durum için öngörü modeline ilişkin sonuçlar, nokta tahmin ve aralık tahmin değerleri tablolar halinde verilmiştir.

2. YÜK TAHMİNİ

Yük tahmini değişik periyotlardan oluşur. Bu periyotlara bağlı olarak gerekli planlar ve gereksinimler belirlenir. Yük tahmin zaman periyotlarına göre şöyle sıralanmaktadır [2]:

- Kısa dönem
- Orta dönem
- Uzun dönem

Kısa dönem tahmini, üretim seviyesi ve hangi üretim biriminin hangi oranda çalışacağını belirler. Burada bakım programları hazırlanır, hidro-elektrik santralleri için akarsu akış koşulları ve su haznesinde tutulması gereken su miktarı belirlenir, termik santrallerde ise yakıt miktarı saptanır ve buhar akışı ile ilgili veriler belirlenir. Orta dönem tahmini, fiziksel donanımların planlamasını kapsadığı için hayati bir önem taşımaktadır. Bu aşamada iletim sistemi genişletilir ve üretim birimlerine eklemeler

yapılır. Ayrıca dağıtım sistemlerinin planlanması, toplu planlama çalışmaları ve ekonomik incelemeler de yine bu dönemde yapılmaktadır. Uzun dönem tahmininde öncelikle planlama stratejileri saptanır. Bunun yanında yakıt ihtiyacı ve yakıt kaynaklarının belirlenmesi, sermayenin sağlanması, sistem elemanlarının eğitimi gibi konular da yine bu dönemde gerçekleşir. Uygulamada en çok ihtiyaç duyulan uzun vadeli yük tahminidir. Çünkü bu aşamada hayati kararlar alınır ve yüksek sermayeler kullanılır, üretim planlamaları yapılır. Ayrıca analiz tekniğine sürekli ve olan belirsizlik faktörünü de dahil etmekle planlamanın önemi, doğru tahmin yapmaktan değişime hızla adapte olabilen yapıcı bir sisteme kayar [2].

Yük tahmini için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, regresyon analizi ve zaman serisi analizlerinde kullanılan durağan olmayan doğrusal stokastik modeller (ARIMA) kullanılmıştır [2].

3. ARIMA MODELLERİ

Doğrusal stokastik modeller olan ARIMA modelleri, incelenen zaman serilerinin durağan olup olmamasına göre doğrusal durağan stokastik modeller ve doğrusal durağan olmayan stokastik modeller olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca zaman serilerinin mevsim unsurunu içerip içermemesine göre "mevsimsel ARIMA" ve "mevsimsel olmayan ARIMA" modelleri olarak da sınıflandırılırlar [1].

Doğrusal Durağan Olmayan Stokastik (ARIMA) Modeller - ARMA modelleri, ele alınan zaman serisinin durağan olduğu varsayımına dayanır. Kısaca bir zayıf durağan zaman serisi için ortalama, varyans ve kovaryans zaman içinde sabittir. Fakat uygulamada karşılaşılan özellikle ekonomik zaman serilerinin çoğu durağan değildir. İlgilenilen seri orijinal değerlerde durağan değilse ve durağanlığı bozan unsur trend unsuru ise, serinin uygun d dereceden (d=1, 2 için) sıralı farkları alınır. Durağan olmayan ancak d dereceden fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere "entegre modeller" veya "durağan olmayan doğrusal stokastik modeller" adı verilir ve ARIMA(p,d,q) modelleri olarak isimlendirilir. Burada p, modelde yer alacak geçmiş dönem gözlem değeri sayısını, d fark alma derecesini ve q modelde yer alacak geçmiş dönem hata terimi sayısını gösterir. Genel ARIMA (p, d, q) modelinin genel ifadesi [1].

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \dots + \phi_p w_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \dots - \theta_q u_{t-q} \quad (1)$$

olur. Burada, $\{w_t\}$ =farkı alınmış seridir, d=Fark alma derecesidir, ∇ =Fark alma operatörü ise $\nabla^d y_t = w_t$ şeklinde yazmak mümkündür. Eğer birinci farklar seriyi durağanlaştırırsa, fark operatörünün yazılımı; $\nabla y_t = y_t - y_{t-1} = (1-L)y_t$ şeklinde olur. Eğer seri d. farkı alındığında durağan hale geliyorsa fark operatörünün yazılımı; $\nabla^d y_t = w_t = (1-L)^d y_t$ şeklinde olur. Mevsimsel dalgalanma

göstermeyen serilerin öngörü amacıyla çözümlenmesinde kullanılan genel ARIMA (p,d,q) modelinde hesaplanması gereken parametre sayısı ARMA (p,q) modelindeki parametre sayısı kadardır [1].

Mevsimsel ARIMA Modelleri - Aylık veya mevsimlik gözlem değerlerinden oluşan zaman serilerinin birbirini izleyen yılların aynı aylarında, dönemlerinde gözlenen bir maksimuma ve bir minimuma ulaşma eğilimi mevsim dalgalanmalarının etkisinin olduğunu gösterir. Sosyal ve doğal nedenler sonucu ortaya çıkan ve her yıl düzenli olarak tekrar eden devri ve periyodik özellikteki bu dalgalanmaları içeren serilere "mevsimsel zaman serileri" adı verilir [7]. Zaman serilerinin durağanlığı bozan unsurlardan birisi de mevsimseliktir. Gözlem değerlerinin s'inci dereceden mevsimsel farklarının alınması ile seri mevsim etkisinden arındırılmış olur. Mevsimsel zaman serilerinin analizinde bu iki ilişki bir çarpım modeli olan ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s modeli ile açıklanır. Mevsimsel ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s modelinin genel ifadesi şöyledir [1].

$$\phi_p(L)\phi_p(L^s)\nabla^d \nabla_s^D y_t = \theta_q(L)\Theta_q(L^s)u_t \quad (2)$$

Burada; ϕ : Mevsimsel otoregresyon parametresi, Θ :Mevsimsel hareketli ortalama parametresi, s: Mevsimsel dalgalanmaların dalga uzunluğu, D: Mevsimsel fark alma derecesi, p: Mevsimsel otoregresif model derecesi, q: Mevsimsel hareketli ortalama derecesi, $\phi_p(L^s)$ ve $\theta_q(L^s)$;, p ve q dereceden L'nin polinomları, ∇_s^D :Mevsimsel fark alma operatörleri, ∇^d : d. dereceden fark alma operatörünü gösterir [1].

Mevsimsel bir modelin derecesi mevsimsel ve mevsimsel olmayan modellerin derecelerinin çarpımıdır [(p,d,q)x(P,D,Q)] [1].

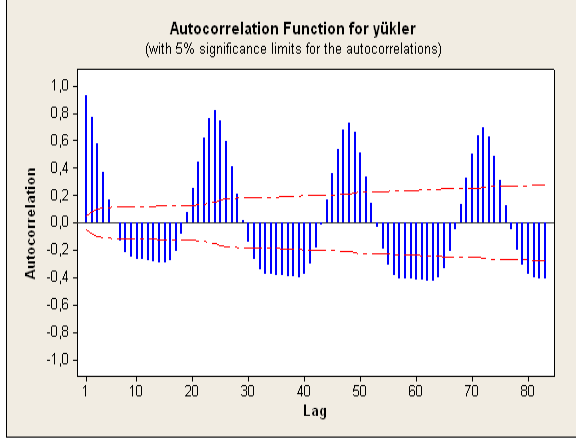
4. ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİM SERİSİNİN ARIMA MODELLERİYLE ÖNGÖRÜSÜ

Elektrik enerjisi tüketiminin ARIMA Modelleri yardımıyla öngörüsü, Serilerin Tanıtılması, Serilerin Özelliklerinin Belirlenmesi, Seriler İçin Uygun ARIMA Model Tipinin Belirlenmesi, Seriler İçin Öngörü Amacıyla Kullanılacak ARIMA Modeli ve Tahmin Sonuçları, Tahmin Sonuçlarının Yorumu aşamalarını içermektedir [1].

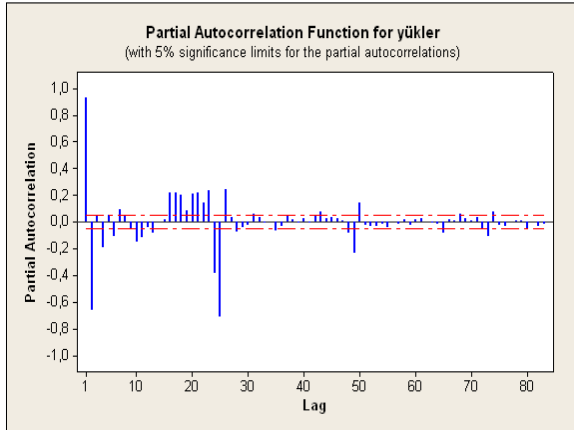
İki aylık veriler kullanılarak üçüncü ayın tahmini, günlerin 3 periyoda bölünerek ve ayların ardışık saat değerleri kullanılarak tahmin yapılması şeklinde üç farklı durum ele alınmıştır. Burada üç farklı durum için bu modelin uygun olup olmadığı araştırılmış ve uygun olan durum için öngörü modeline ilişkin

sonuçlar, nokta tahmin ve aralık tahmin değerleri tablolar halinde verilmiştir.

Eylül ve Ekim ayı için saatlik veriler alınıp ARIMA modeli önerilip Kasım ayı için öngörü alışması: Verilere ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları sırasıyla Şekil 1 ve 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Verilerin Otokorelasyon Fonksiyonu



Şekil 2. Verilerin Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu

Verilere ARIMA modeli olarak ARIMA(1,1,0) (2,1,0)₂₄ modeli önerilmiştir. Model önerilip analizler gerçekleştirildiğinde modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüş ve 50 gözlem için tahmin değerleri hesaplanmıştır. Tablo 1’de ARIMA(1,1,1)(2, 1, 0)₂₄ modeli için elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 1. ARIMA(1,1,1)(2, 1, 0)₂₄ Modeli Sonuçları

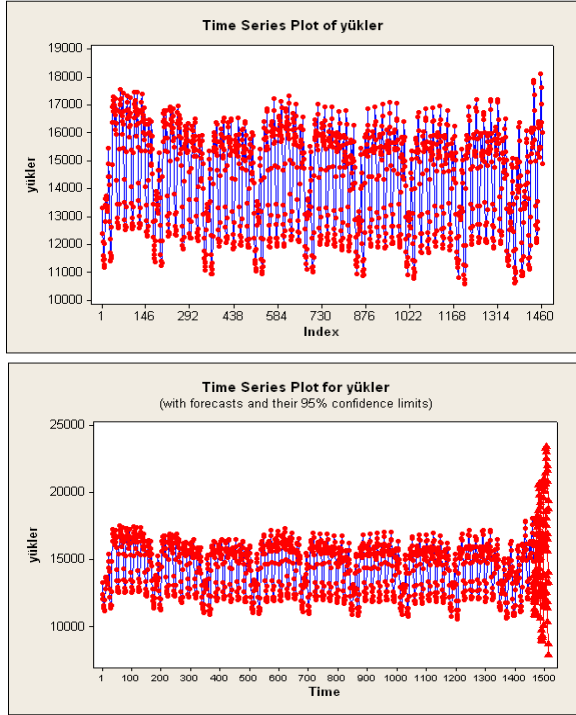
Tip	Katsayı	Standart Sapma	t	p
AR(1)	0,2783	0,0255	10,92	0
SAR(24)	-0,5466	0,0256	-21,33	0
SAR(48)	-0,2565	0,0258	-9,96	0

Elektrik enerjisi tüketim serisi için öngörü amacıyla kullanılan model, ARIMA(1,1,1)(2,1,0)₂₄ modelidir Kasım ayı için 50 saatlik tahmin sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Tüketim Nokta Tahminleri ve %95 Güven Sınırları

Periyod	Tahmin	Alt	Üst	Gerçek deęer
1465	13341,7	12901,9	13781,4	13695
1466	12603,1	11889,5	13316,8	12808
1467	12219,9	11289,9	13149,8	12477
1468	12037,9	10928,2	13147,7	12300
1469	12095,5	10830,0	13361,0	12221
1470	12431,1	11026,7	13835,5	12652
1471	12666,7	11135,9	14197,6	13001
1472	13450,9	11803,3	15098,6	13619
1473	15108,4	13351,7	16865,1	15472
1474	16039,2	14179,8	17898,5	16333
1475	16231,0	14274,3	18187,6	16216
1476	16176,3	14127,0	18225,6	16143
1477	15286,6	13148,6	17424,6	14832
1478	15462,8	13239,7	17685,9	15594
1479	15566,4	13261,3	17871,5	15648
1480	15592,3	13208,0	17976,5	15687
1481	16232,7	13771,9	18693,6	16283
1482	18014,0	15478,8	20549,2	18118
1483	18114,3	15506,9	20721,7	17991
1484	17617,4	14939,8	20295,0	17408
1485	17055,6	14309,6	19801,7	16704
1486	16444,9	13632,1	19257,8	16181
1487	16054,9	13176,8	18933,0	15845
1488	15170,7	12228,8	18112,5	15234
1489	13657,3	10606,3	16708,2	13863
1490	12914,6	9743,6	16085,6	13084
1491	12552,0	9261,3	15842,7	12551
1492	12370,8	8963,5	15778,2	12364
1493	12437,9	8917,4	15958,3	12214
1494	12805,1	9175,1	16435,2	12580
1495	13098,9	9362,4	16835,4	12341
1496	13934,0	10094,0	17774,0	13053
1497	15688,2	11747,4	19629,0	14636
1498	16669,7	12630,6	20708,7	15739
1499	16849,7	12714,7	20984,7	16090
1500	16745,4	12516,7	20974,2	15781
1501	15806,4	11485,9	20126,8	15102
1502	16031,1	11620,9	20441,4	14986
1503	16130,5	11632,2	20628,8	14856
1504	16151,5	11566,9	20736,2	14626
1505	16775,9	12106,5	21445,3	15257
1506	18571,7	13819,1	23324,3	17037
1507	18641,7	13807,3	23476,1	17141
1508	18128,7	13213,8	23043,5	16635
1509	17558,2	12564,3	22552,2	16171
1510	16936,2	11864,4	22008,1	15653
1511	16544,6	11396,0	21693,2	15360
1512	15612,2	10388,0	20836,4	14987
1513	14064,0	8724,5	19403,5	13212
1514	13335,0	7870,1	18799,9	12425

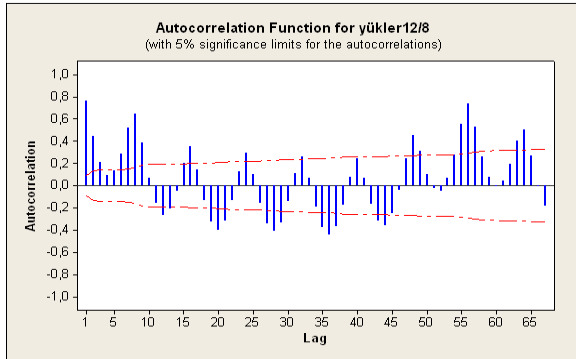
Elektrik enerjisi tüketim verileri ve %95 güven sınırına göre tahmin verilerinin zaman serisi grafikleri Şekil 3’te gösterilmiştir.



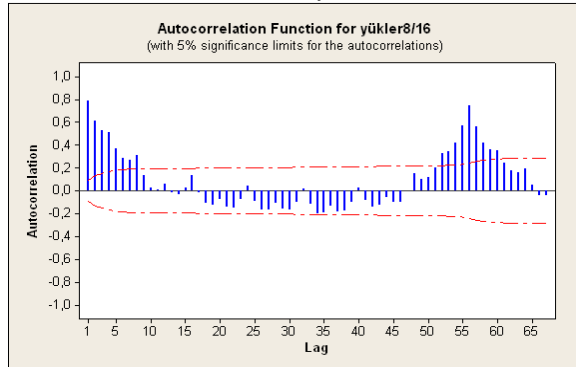
Şekil 3. Verilerin Zaman Serisi Fonksiyonları

0-8, 8-16 ve 16-24 şeklinde günü üç bölerek uygulanan çalışmalar:

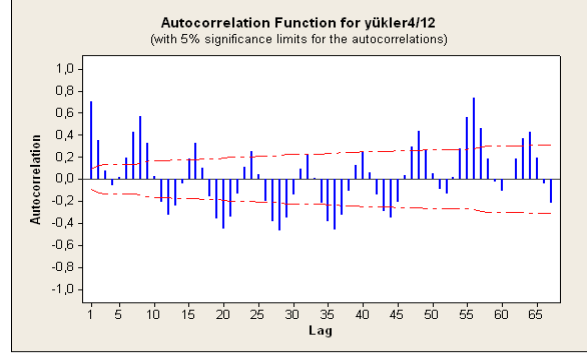
Burada günlerin 0-8, 8-16 ve 16-24 şeklinde 3 periyoda bölünerek tüketim verilerinin kullanılmasıyla tahmin yapılması durumu ele alınmıştır. 3 farklı periyoda ait otokorelasyon fonksiyonu Şekil 4-6'da verilmiştir.



Şekil 4. Günün 0-8 Saatli Periyodu için Otokorelasyon Fonksiyonu



Şekil 5. Günün 8-16 Saatli Periyodu için Otokorelasyon Fonksiyonu

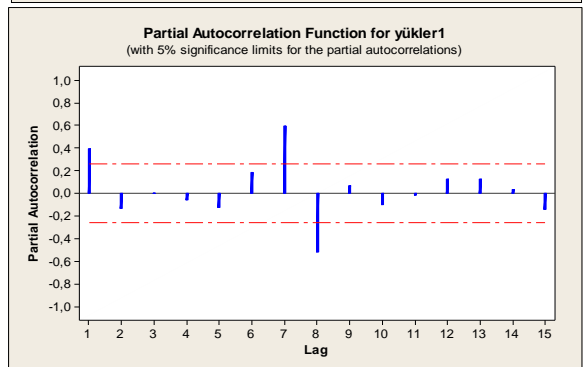
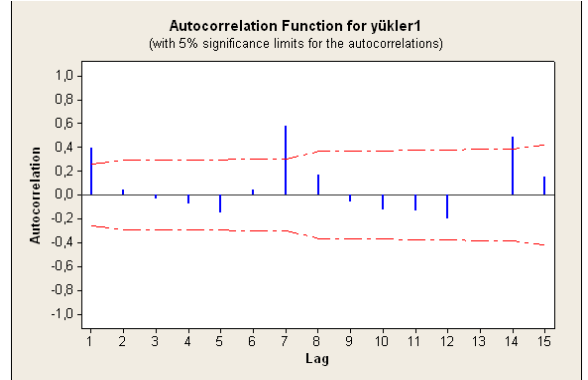


Şekil 6. Günün 16-24 Saatli Periyodu için Otokorelasyon Fonksiyonu

Günleri bu şekilde üçe böldüğümüzde, birbirini takip eden değerlerin belli bir zaman diliminden sonra farklı bir yapıya sahip olduğu ve bu sebeple bu şekildeki zaman dilimlemesinin, zaman serisi analizine uygun olamayacağı görülmektedir.

Eylül ve Ekim ayı için 1. saat, 2. saat şeklinde alınan veriler için analizler:

Aşağıda 24 saatlik yapılan saat saat otokorelasyon fonksiyonları oluşturulan şekillerden örnek olarak 1. ve 2. saat için tüketim verilerine ait otokorelasyon fonksiyonları Şekil 7'de verilmiştir. Bu grafiklerde saatlere göre analizler yapılmıştır. Yalnız veri genel yapısı bakımından uygulanan ARIMA modellerine uyum sağlamıştır. Veri üzerinde başka dönüşümlerin yapılabileceği düşünülebilir. Bu dönüşümler sonucu yeni ARIMA modelleme çalışmaları devam ettirebilir.



Şekil 7. 1. ve 2. Saat için Otokorelasyon Fonksiyonları

5. SONUÇLAR

Yük tahmini yöntemleri, çok çeşitli olmakla birlikte genel olarak, geçmiş bilgileri değerlendirerek geleceğin tahminine dayanırlar. Tahmini etkileyebilecek çeşitli toplumsal, ekonomik ve politik faktörler ile sistemin yük durumu arasındaki ilişkinin anlaşılmasında kolaylık sağlarlar. Tahminlere dayalı olarak verilecek kararlarda, tahmin yöntemlerine matematiksel olarak sokulamayan büyüklüklerin, planlayıcı tarafından dikkatle incelenerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu, enerji kalitesi için de önemli bir parametredir. İyi bir planlama, kaliteli enerji için önemlidir [1].

Bu çalışmada tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahminlerinde kullanılan öngörü amaçlı ARIMA modelleri yardımıyla kısa dönem planlaması için Türkiye'deki 2002 yılı saaatlik olarak kaydedilen Eylül ve Ekim aylarına ait aylık enerji tüketimi verileri ele alınarak Kasım ayına ait belirli bir periyot için elektrik enerji tüketim değerleri elde edilmiştir. İki aylık veriler kullanılarak üçüncü ayın tahmini, günlerin 3 periyoda bölünerek ve ayların ardışık saat değerleri kullanılarak tahmin yapılması şeklinde üç farklı durum ele alınmıştır. İlk durumda verilere ARIMA modeli olarak ARIMA(1,1,0) (2,1,0)₂₄ modeli önerilmiştir. Model önerilip analizler gerçekleştirildiğinde modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüş ve 50 gözlem için tahmin değerleri hesaplanmıştır. İkinci durumda ise günler üç periyoda bölündüğünde, birbirini takip eden değerlerin belli bir zaman diliminden sonra farklı bir yapıya sahip olduğu ve bu sebeple bu şekildeki zaman dilimlemesinin, zaman serisi analizine uygun olamayacağı görülmüştür ve tahmin gerçekleştirilememiştir. Aynı şekilde üçüncü durumda da saat saat yapılması düşünülen tahminleme için kullanılan veriler genel yapısı bakımından uygulanan ARIMA modellerine uyum sağlamamıştır. Veri üzerinde başka dönüşümlerin yapılabileceği düşünülmüş ve bunların sonucunda yeni ARIMA modelleme çalışmaları yapılması uygun görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- [1] Kurban, M., Başaran, Ü. ve Hoccoğlu F. O., 2007. *ARIMA Modelleri Kullanılarak Yapılan Hidrolik Kurulu Güç Kapasitesi Öngörü Çalışması, EVK'2007 2. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, 17-18 Mayıs 2007
- [2] Kurban, M., Özdemir, C., Başaran, Ü. ve Hoccoğlu, F. O., 2007. *Güç Sistemlerinin Analizinde Yük Tahmini ve Uygulama, 5. İstatistik Kongresi*, Antalya, 20-24 Mayıs 2007.