

Baz istasyonlarının matematiksel olarak güç tüketim fonksiyonunun belirlenmesi ve enerji tüketiminin kestirilmesi

Haluk GÖRGÜN¹, Mert SEVİL², Mustafa ERCAN³

[1] Yıldız Teknik Üniversitesi, Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Öğretim Üyesi, e-posta: gorgun@yildiz.edu.tr, [2] Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Kontrol-Otomasyon Mühendisliği Bölümü, Telefon: (535) 6399484, e-posta: mertsevil1991@hotmail.com, [3] Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş., Şebeke Teknolojileri e-posta: mustafa.ercan@turkcell.com.tr

Anahtar

Kelimeler:

Baz istasyonu,
Kabin, Enerji
Tüketimi,
Kestirim, Güç
Tüketim
Fonksiyonları,
Matematiksel
Olarak Güç
Tüketim
Fonksiyonlarının
Belirlenmesi,
Enerji Kestirimi

ÖZET

Enerjinin gün geçtikçe önem kazandığı dünyamızda enerji tasarrufu kavramı enerjinin kullanıldığı her alanda önem kazanmaya başlamıştır. Baz istasyonları da bu alanlardan biri olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışmada baz istasyonlarının enerji tüketimi pek çok faktöre bağlı olarak matematiksel olarak modellenmeye çalışılmıştır. Kestirilen enerji tüketimiyle var olan tüketim değerleri karşılaştırılarak ölçülen tüketim kestirilen tüketim değerinden yüksek olan sahalarda optimizasyon çalışması yapılarak tüketim fazlalığına sebep olan etmenler araştırılacaktır. Bu anlamda çalışma, optimizasyon çalışmasının fizibilite aşamasını oluşturmakta olup, kabinlerin matematiksel modelinin ortaya konulmasını sağlamaktadır. Ayrıca bundan sonra inşa edilecek kabinler de, ortaya konulan bu güç tüketim fonksiyonlarından yararlanılarak, kabinin en optimum şartlar altında kurulması sağlanacaktır.

Determination of power consumption functions as mathematical and estimation of energy consumption in base stations

Key Words:

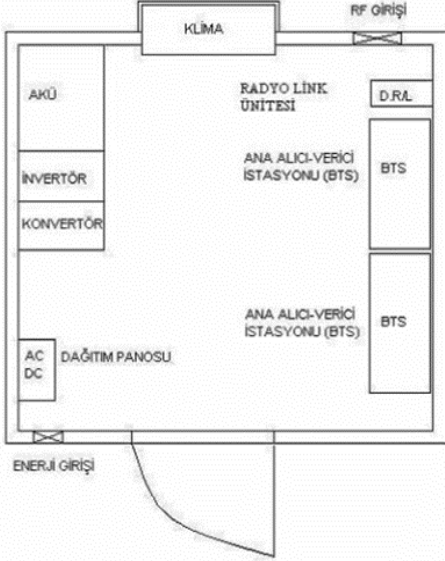
Base stations,
Cabinet, Energy
consumption,
Estimation,
Determination
power
consumption
functions,
Determination
power
consumption
functions as
mathematical,
Energy
Estimations

ABSTRACT

In a world where energy becomes more important each day, energy saving is a must on all energy related fields. Base stations is a significant field for studies focused on energy saving. In this study, the power consumption of a base station is aimed to be modelled mathematically depending on hardware factors and radio network parameters. Estimated values and real consumption values will be compared and if the measured value is higher than estimations, optimizations will be made on related base stations or cabinets. These findings will give us important information about the reasons of high energy consumption on a base station. This can be considered as the feasibility analysis stage of the optimization. By using the outcomes of this study, new base stations can be installed in a way to reach best energy efficiency.

1.Giriş

Çalışmaya baz istasyonları ve yapıları inceleyerek başlanmalıdır. Şekil-1'de klasik bir baz istasyonuna ait şema verilmiştir. Görüldüğü gibi baz istasyonları kendi içerisinde radyo ekipmanlarını, güç elektroniği devrelerini, alıcı ve vericileri, soğutma işlemi için özellikle yaz aylarında önem kazanan klimaları barındıran fiziksel yapılardır. Bu açıdan baz istasyonunun enerji tüketimi aslında onu oluşturan alt donanımların enerji tüketimden oluşmaktadır. Bu açıdan tümevarım yaklaşıma göre alt donanımlardan hareket edilerek mevcut bir baz istasyonunun güç tüketimi yaklaşık olarak kestirilebilir. [5] [6] [7][11]



Şekil 1. Bir baz istasyonunun genel yapısı [1] [7]

Enerji ihtiyacının gün geçtikçe arttığı dünyamızda özellikle kullanımı ve buna paralel olarak enerji tüketimi ciddi bir seviyeye ulaşan baz istasyonlarının enerji tüketimleri önemli bir araştırma konusu haline almıştır bu çerçevede yapılan çalışmalarla enerji tüketimlerinin düşürülmesi veya enerjinin yenilebilir enerji sistemleri üzerinden sağlanması hedeflenmektedir. Bu açıdan son yıllarda yoğunlaşan çalışmalarla fotovoltaiik piller üzerinden baz istasyonu enerjisi sağlanması yöntemi literatürde bulunan önemli çalışmalardan birini oluşturmaktadır [8][12]. Bu çalışma ise enerjinin yenilebilir kaynaklar üzerinden sağlanmasından çok enerji tüketimine sebep olan etmenlerin bir güç tüketim fonksiyonu üzerinden belirlenmesi ve bu saptamalar üzerinden tüketimlerin minimize edilmesini sağlamak üzerine yoğunlaşmıştır.

2.Turkcell kurumundaki baz istasyonlarının incelenmesi

Genel olarak kurumdaki baz istasyonları aşağıdaki şekilde alt gruplara indirgeyebiliriz. [7]



Şekil 2. Kurumdaki baz istasyonlarının alt gruplar olarak incelenmesi

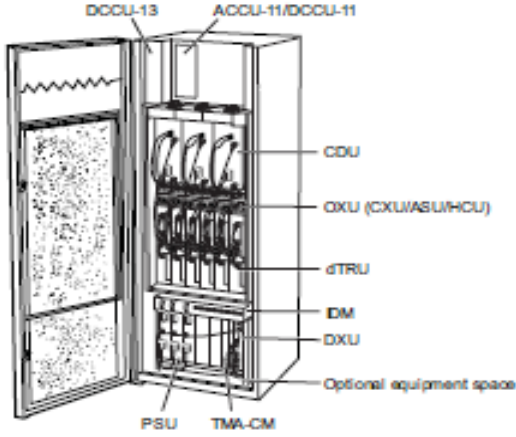
Ele alınan bu çalışmada Ericsson tipi kabinlerin enerji tüketimleri açısından modellenmesi hedeflenmiştir.

Tablo 1. Kurumdaki kabin tipleri ve sınıflandırılması

TURKCELL KABİNET TİPİLERİ		
BTS 3012	HUAWEI TİPİ	2G
BTS 3900		
BTS 3900L		
BTS 3900E		
DBS 3900 RRU3004		
DBS 3900 RRU3926		3G
DBS 3900 RRU3936		
BTS 3900 WRFU		
DBS 3900 RRU3804		
DBS 3900 RRU3806		
RBS 2202	ERICSSON TİPİ	2G
RBS 2206		
RBS 2216		
RBS 6000 RUS 2G		
RBS RRUS 2G		
RBS 3000 RU22		3G
RBS RRUW		
RBS 6000 RUS 3G		
RBS RUW		
RBS RRUS 3G		

Bu açıdan çalışmamızda RBS 2202 tipi kabin ve RBS RRUS 3G tipi kabin arasında yer alan kabinler analiz edilerek, her tipe özgün matematiksel model oluşturularak ilişkili bir tüketim parametresi saptanmıştır.

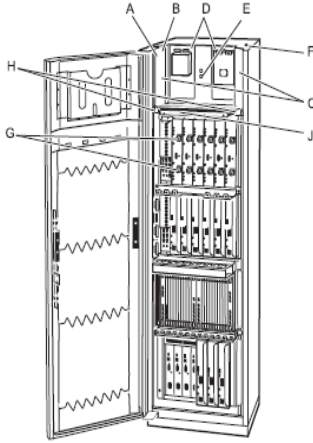
Aşağıda bu kabinlerden biri olan 2206 tipi kabinin fiziksel yapısı gözlemlenmektedir. [2]



Şekil 3. RBS 2206 tip kabin ve fiziksel yapısı

Kabinler analiz edilmeden önce var olan fiziksel donanımlar incelenerek ilişki kurulabilecek parametreler kestirilmeye çalışılmıştır. [6]

İncelenen 2G kabin türü olan 2206 tipinin aksine aşağıda fiziksel donanımı şematize edilmiş RU22 tipi 3G kabinin fiziksel karmaşıklığı, eleman ve ekipman sayıları daha komplike olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum 3G de ses trafiğinin yanı sıra veri trafiğinin taşınmasının ortaya çıkardığı fiziksel bir sonuçtur. Bu sonuçta genel olarak 3G ve 2G tipi kabinlerde kullanılan matematiksel modellerde farklı ve birbirinden uzak parametreler seçilmesine neden olmuştur.



Şekil 4. RBS RU22 tip kabin ve fiziksel yapısı

Tablo 2. RBS RU22 tip kabin fiziksel donanımlar ve yerleşim planı [2]

Konum	Açıklaması
A	Yerel Alan Ağı (LAN) (opsiyonel)
B	Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) arabirimi (opsiyonel)
C	Transmisyon ekipmanları
D	Enerji bağlantı arabirimi
E	Harici alarm
F	Topraklama sistemi
G	Anten çıkışı

Temel olarak kabin yapıları ve fiziksel donanımlar incelendikten sonra tüketime sebep olan etmenler aşağıda belirtilmiştir. [1][3][5]

- ✓ Transmisyon elemanlarından kaynaklı tüketim
- ✓ Fiziksel donanımlardan kaynaklı enerji tüketimi
- ✓ Güç elektroniği dönüştürücüsü tüketimleri
- ✓ Klima tüketimleri

Çalışmamız bu tüketimleri ayrı ayrı ele almış olmakla beraber özellikle kabinin modelini büyük ölçüde fiziksel donanımlardan kaynaklardan tüketim etkilemektedir. Yaz aylarında klima tüketimleri öne çıkmaktadır.

3. İlişki kurulabilecek temel parametrelerin tespiti

Tabloda kabinin teknolojisine göre ilişki kurulabilecek parametreler belirlenmiştir.

Tablo 3. İlişki kurulabilecek parametreler ve teknolojilere göre ayrıştırılması

İlişki Kurulabilecek Parametre	Teknoloji
Tanımlanmış TRU/DTRU sayısı	2G
Erlang cinsinden toplam trafik miktarı	
Kapasite	
Kapasite kullanım oranı	
DRU sayısı	
Tanımlı Trafik Kontrol Kanalı Sayısı	
Ortak Kontrol Kanalı Güç Tüketimi	3G
Tx Güç Tüketimi	
HS-DSCH Güç Kullanımı/Tüketimi	
Non-Hs-DSCH Güç Kullanımı/Tüketimi	
Toplam Güç Kullanımı/ Tüketimi	
Ortalama Kullanıcı Miktarı	
HS-DSCH Kod Kullanımı	
Non-Hs-DSCH Kod Kullanımı	
DL DCH - MB Cinsinden Trafik Miktarı	
DL HS - MB Cinsinden Trafik Miktarı	
UL EUL - MB Cinsinden Trafik Miktarı	
SCCH Limiti	

Görüldüğü gibi 3G tipi kabinler de veri trafiğinden kaynaklanan tüketim nedeniyle ve karmaşık fiziksel altyapı sebebiyle ilişki kurulabilecek parametrelerin sayısında artış yaşanmıştır. [2][6][10]

İlişki olması beklediğimiz parametrelerin hangi kabinlerde hangi matematiksel denklemlerle etkili olacağını gözlemlemek ve matematiksel kestirimlerde bulunmak maksadıyla detaylı bir veri analizi çalışması yapılmıştır.

4. Veri analizi

Ön çalışma olarak toplam 943 sahada veri parametrelere göre sınıflanmış olarak toplanmış ve incelenmiştir. Bu sahalardan 123 tanesi sadece 2G kabinleri içeren sahalarda olmakla beraber 3G kabinlerin tek başlarına bulunduğu saha mevcut değildir. Bu açıdan öncelikle 123 sahada 2G kabinler için modellerin doğru ve güvenilir oluşturulması işlemi büyük önem arz etmiştir. Çünkü geriye kalan 820 sahada kestirimler 2G kabinler için bulunan modeller üzerinden yapılmıştır.

Kestirimlerde kullanılan veriler için sıralama yapılmıştır. Buna göre aşağıdaki sıralama takip edilmek suretiyle matematiksel modeller ve sonuçlar bulunarak yorumlanmıştır.

- ✓ Toplam TN tüketimlerinin kestirimi
- ✓ 2G Kabinlerin matematiksel modellerinin bulunması
- ✓ R^2 oranı en yüksek 2G kabinlerden hareketle 3G kabinlere ait matematiksel modellerin oluşturulması
- ✓ R^2 oranı ile örnek sayısı makul olan kabinlerin matematiksel modellerinin geliştirilmesi ve limit değerlerinin belirlenmesi
- ✓ Bulunan modellerinin örnek kümesine dâhil olmayan sahalarda üzerinde denenmesi ve hata oranlarının tespiti

5. Güç tüketim fonksiyonlarının saptanması

5.1 TN ekipmanlarından oluşan tüketimin kestirilmesi

Transmisyon ekipmanları kabin yayını hiçbir kullanıcı tarafından ses ve veri trafiği olarak kullanılmıyor olsa bile güç tüketen ve sürekli çalışan ekipmanlardır. Bu 5 alt ekipmandan özellikle son 3ü kabinlerin çok büyük bir kısmında mevcut olup ilk iki ekipman ise bazı 3G kabinlerde ve sahalarda görülmektedir.

Bu sebeple matematiksel modellerin oluşturulması için öncelikle transmisyon elemanlarına ait tüketimlerin kestirilmesi gerekmektedir. Huawei tipi kabinlerde yapılan analizler sonucunda 5 ekipmanın tükettiği güçler yaklaşık ve kestirimsel olarak bulunmuştur.

Tablo 4. Huawei tipi kabinler üzerinde yapılan gözlemlere bağlı olarak bulunan ampirik TN güç tüketimleri [9]

Transmisyon Ekipmanı (Sayısı)	Kestirimsel Güç Tüketimi (Watt)
TAN trafik kartı	10
TN switch kontrol modülü	20
TN trafik kartı	10
TN radyo	20
TN ekipmanı	25



Şekil 5. TN Radyo ekipmanları ve baz istasyonları üzerindeki yapıları

Şekil-5 de baz istasyonuna ait yapı ile TN ekipmanları ve bunların yerleşim planları gözlemlenmektedir. Tablo-5 de ise 943 saha için ayrı ayrı yapılan TN tüketiminin bulunmasına ait örnek bir saha ile bu sahaya ait bilgiler özetlenmeye çalışılmıştır. [8]

Tablo 5. Örnek olarak incelenen bir sahaya ait TN tüketimin belirlenmesi

Saha Adı	Örnek-1
DC Tüketim	1494,062 Watt
Kabin Tipi ve Sayısı	2 Tane-RBS 2202
TN Switch Kontrol Modülü Sayısı	1
TN Trafik Kartı Sayısı	8
TN Radyo Ekipmanı Sayısı	9
TN Toplam Güç Tüketimi	280 Watt (Tablo- 'dan)
DC-TN Tüketim (Matematiksel Modellemenin Yapıldığı Tüketim)	1216,062 Watt

5.2. Kabinler için ayrı ayrı güç tüketim fonksiyonlarının saptanması

Bu aşamada daha önce belirlenen parametrelere göre elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili kabine ait toplam güç tüketiminden transmisyon elemanlarına ait güç tüketimleri çıkarılmıştır. Sonra bulunan bu değerler ile ilişki kurulabilecek parametreler tek tek incelenerek R^2 oranının en yüksek tutulması gözetilmiştir. Bu noktada geçmiş tecrübelerden yararlanılarak daha hızlı bir şekilde parametre tespiti için mantıklı ilişkiler kurulması ve bu ilişkilerin öncelikli olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

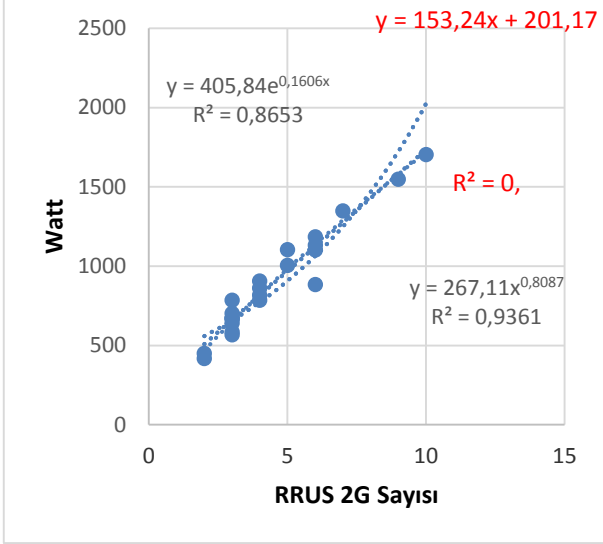
Kabinlere göre bulunan matematiksel modeller tablo-6 da özetlenmiştir. Sonuçlar kısmında belirlenen sonuçlar bu matematiksel modellere göre hesaplanmıştır.

Tablo 6. Ericsson tipi kabinlere ait matematiksel modeller, veri sayıları ve hata göstergesi olan standart sapmaların tespiti

Kabin	Tek.	Kurulan İlişki	Matematiksel Model (Sonuç Watt Olarak)
RBS 2202	2G	DTRU Sayısı	$194,37x^{0.773}$ $R^2 = 0.8233$ Veri Sayısı:23
		Tanımlı TRU Sayısı	$57,28x+447,2$ $R^2 = 0.4438$ Veri Sayısı:16
		DRU Sayısı	$797 \ln(x) - 450$ $R^2 = 0.7506$ Veri Sayısı:26
		Sahada Bulunan Kendi Kabin Sayısı	$152,8x+257,3$ $R^2 = 0.9173$ Veri Sayısı:7
RBS 2206			
RBS 2216			
RBS 6000 RUS 2G			

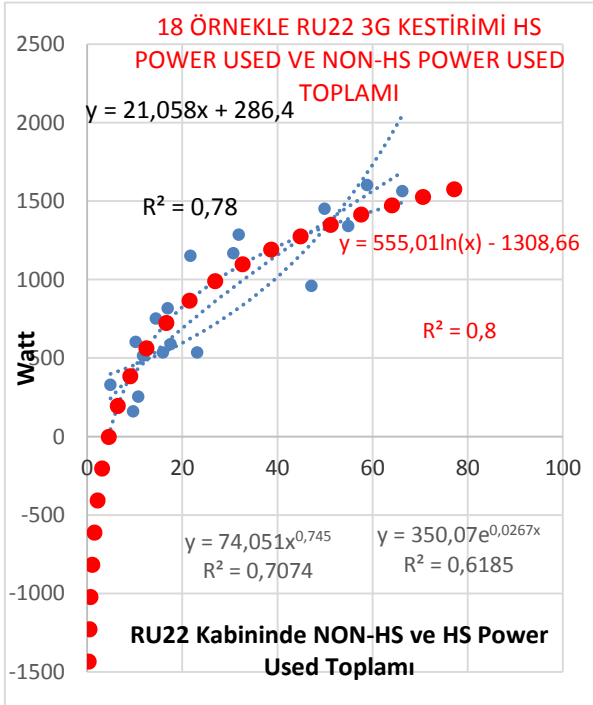
RBS RRUS 2G		Sahada Bulunan Kendi Kabin Sayısı	$152,8x+257,3$ $R^2 = 0.9173$ Veri Sayısı:21
RBS 3000 RU22	3G	HS ve Non HS Power Used Toplamı	$555 \ln(x)-1308$ $R^2 = 0.8023$ Veri Sayısı:18
RBS RRUW		HS Mevcut Güç	$5,65x+102,13$ $R^2 = 0.7646$ Veri Sayısı:21
RBS 6000 RUS 3G		HS Güç Kullanım	$489,85 \ln(x)-26,6$ $R^2 = 0.8505$ Veri Sayısı:5
RBS RUW		Toplam Kullanım	$15,223x^{0.8223}$ $R^2 = 0.8966$ Veri Sayısı:4
RBS RRUS 3G		HS Mevcut Kod Kullanım	$9,80x^{0.9722}$ $R^2 = 0.6466$ Veri Sayısı:63

Grafik-1 de tabloda da görülen 2G teknolojisine sahip kabinlerden RRUS 2G tipi kabine ait matematiksel kestirim görülmektedir. Bu kabin için R^2 oranı 0.9'ün üzerinde çıkmış olup, bu durum kestirimimizin mantıklı olduğu sonucunu doğurur. Veri sayısı 10 üzerinde olan kabinlerde 0.80 üzerindeki R^2 oranlı yaklaşımlar ideal kabul edilir.



Grafik 1. RRUS 2G sayısına bağlı olarak kabine ait kestirimin belirlenmesi

Grafik-2 de ise 3G teknolojisine ait olan RU22 3G kabinine ait kestirim örneği incelenmiştir. Toplam 18 örnek incelenen analizde 2G ve transmisyon oranları DC güçten çıkarılarak kalan güç ile parametreler arasında ilişki kurulmuş ve sonuç olarak 0.8'e yakın bir R^2 oranı yakalanmıştır. R^2 oranının yüksek olmamasının sebebi ise 3G tipi kabinlerde 2G tipinden farklı olarak; 2G tipi kabinlerden de gelen hataların birikerek yükselmesi olarak açıklanabilir. Çünkü sadece tek başına 3G olarak çalışan bir saha bulunmadığı için 3G yi analiz ederken 2G deki çıkarım ve matematiksel modellemeler üzerinden işlem yapılmaktadır. Bu durumda 3G kabinlerde hata oranlarının artmasına sebep olmaktadır.



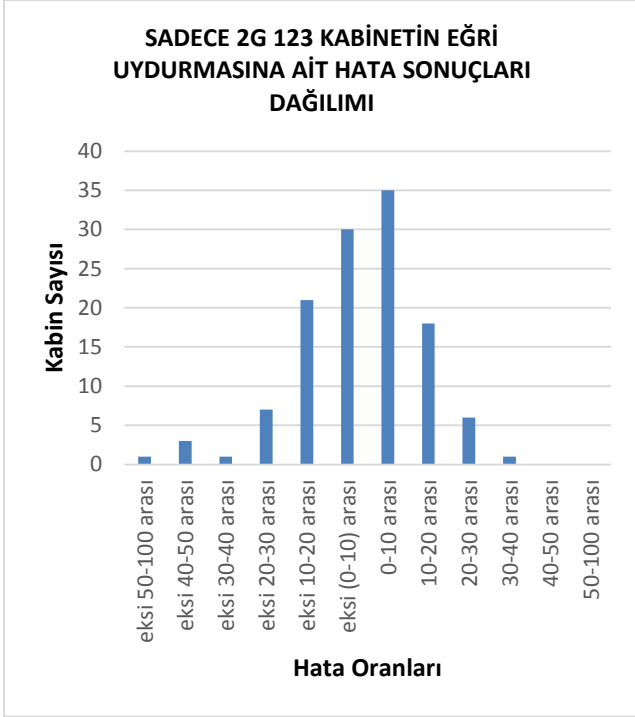
Grafik 2. HS ve NON-HS toplam güç toplamına bağlı olarak RU22 3G kabine ait matematiksel modelin bulunması Kestirim için kullanılan eğri tipleri ve bu tiplere ait özellikler ise Tablo 7 de belirtilmiştir.

Tablo 7. Kestirim tipleri ve bu kestirimlere ait sınır değerlerin belirlenmesi

Eğri Uydurma Fonksiyonu	Özellik
Lineer Eğri	Alt Limit: Belirlenmeli Üst Limit: Gerek Yok
Logaritmik Eğri	Alt Limit: Belirlenmeli Üst Limit: Belirlenmeli
2. Derece Polinom Eğrisi	Lokal bir aralıkta değerlendirmeye tabii tutulmalı sınır değerler dışında yüksek hata riski taşır
3. Derece Polinom Eğrisi	Lokal bir aralıkta değerlendirmeye tabii tutulmalı sınır değerler dışında yüksek hata riski taşır
Üstel Eğri	Alt Limit: Belirlenmeli Üst Limit: Belirlenmeli
Üs Eğrisi	Alt Limit: Gerek Yok Üst Limit: Gerek Yok

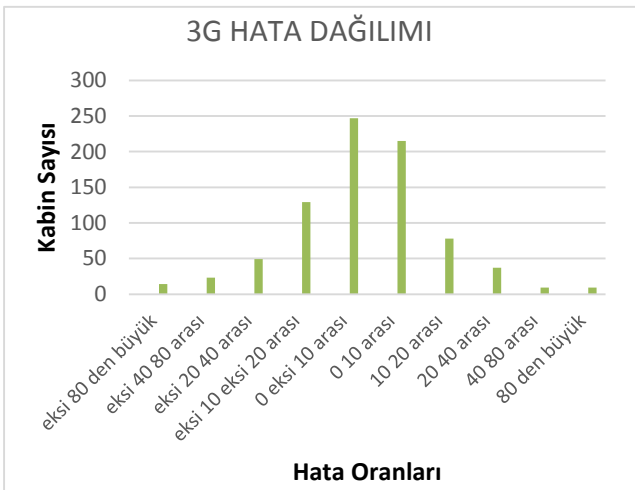
6. Sonuçlar

Sonuçta analiz edilen ve kestirimde bulunulan toplam 123 2G sahada elde edilen hataların yüzdesel dağılımına ait tablo aşağıdaki gibi oluşmuştur.



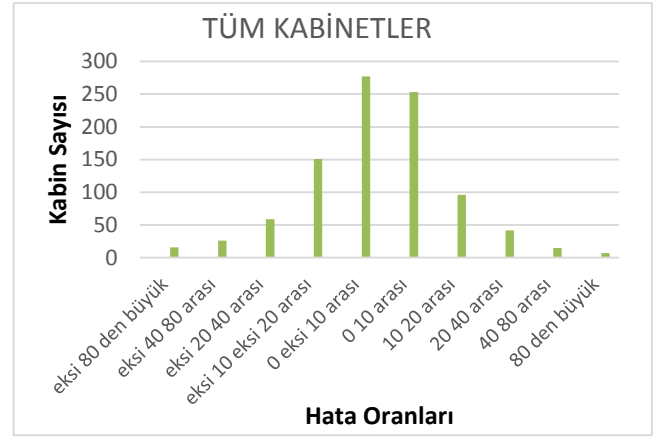
Grafik 3. 2G Kabinlerde eğri uydurmasına karşılık oluşan hata dağılımı

Hata dağılımı istatistik biliminde sıkça kullanılan Gauss dağılımına benzemektedir. Bu dağılım hata oranının $\%+/-10$ aralığında toplanması anlamına gelmekle birlikte başarılı bir kestirim olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaya ek olarak başlatılacak çalışmalarda bu çalışmadan hareketle kestirim gerçek tüketime göre düşük olduğu yerlerde optimizasyona gidilmesi yönünde adımlar atılacaktır. 2G anlamında öncelikle $\%+20$ den fazla hata oranına sahip 8 saha ele alınacaktır. Bu sahalarda kestirim neden gerçek tüketimin altında kaldığı araştırılacaktır. Araştırma sonuçlarında sahadaki enerji tüketiminin sebebi saptanarak gerekirse bu sahalardaki tüketim düşürülmeye çalışılacaktır. 820 sahada yapılan 3G kabinlere ait analizlerde dağılım Grafik 4 teki gibi olmuştur.



Grafik 4. 3G kabinlerde eğri uydurmasına karşılık oluşan hata dağılımı

Değerlendirmeye alınan 3G ve 2G toplam 943 kabine ait matematiksel modellerden üretilmiş sonuçlar ile gerçek sonuçlar arasındaki farklara ait hata oranları dağılımları Grafik-5 deki gibi olmuştur. Grafik-5 te 2G kabinlerdeki Gauss dağılımına benzer bir dağılım sergilemiştir. Bu dağılım $\%+20$ hata oranında hataların toplanmış olması anlamı taşımakla beraber bu hata sınırlarının dışında kalan kabinler için analiz yapıp tüketim farkları incelemeye alınacaktır. Tüketimin fazla olmasına sebep olan etmenler araştırılarak bundan sonra kurulacak sahalarda bu tüketim fazlalıklarına sebep olan etmenlerin minimize edilmesi hedeflenecektir. Böylelikle ilk ayağı tamamlanmış olan çalışmaya bağlı olarak ilerleyen diğer çalışmaların neticesinde enerji verimliliği yüksek sahalarda kurulabilecektir. Ayrıca kurulacak kabinlerin ve sahalının talep güçleri saha kurulmadan önce bulunan matematiksel modele paralel olarak ufak bir hata oranıyla kestirilecek ve bu talep gücüne göre altyapı planlaması daha akılcı bir şekilde tasarlanabilecektir.



Grafik 5. Tüm kabinlerde eğri uydurmasına karşılık oluşan hata dağılımı

Son olarak veri kümesine dahil edilmeyen 3G bir saha üzerinde matematiksel modellerimiz kullanılarak kabinler üzerinden güç tüketimi kestirimi yapılmıştır. Bu sahadaki gerçek güç tüketimi de ölçülerek matematiksel modelimizin hata oranı ve kullanılabilirliği kanıtlanmaya çalışılmıştır. Örnek-2 üzerinde yapılan bu analizin neticeleri tablo-8 de özetlenmiştir.

Tablo 8. Matematiksel modellerin örnek kümesine dahil olmayan Örnek-2 üzerinde test edilmesi ve bu teste ait sonuçların özetlenmesi [8]

Saha Adı	Örnek-2
Saha Toplam Güç Tüketimi (Gerçek)	2253,61 Watt
Sahadaki Kabinler, Sayıları ve Teknolojileri	RBS 2202 X 3 (2G) RBS 2206 X 5 (2G) RBS RRUW X 3 (3G)
TN Güç Tüketimi (Tablo 4 ten)	100 Watt (1)

RBS 2202 DTRU Sayısı	3
RBS 2206 DTRU Sayısı	10
RBS 2202 Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	456,55 Watt (2) (Tablo 6'da RBS 2202 2G için bulunan formülde 3 yerine yazıldı)
RBS 2206 Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	1020,06 Watt (3) (Tablo 6'da RBS 2206 2G için bulunan formülde 10 yerine yazıldı)
RBS RRUW HS Mevcut Güç (Parametre)	123,47
RBS RRUW 3G Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	800,057 (4) (Tablo 6'da RRUW 3G için bulunan formülde 123,47 yerine yazıldı)
Toplam Kestirimsel Güç Tüketimi (1+2+3+4)	2376,64 Watt (1,2 ve 3 toplanarak elde edildi)
Fark (Gerçek Tüketim-Kestirimsel Tüketim)	-123,06 Watt (2253,61-2376,64)
Hata Oranı	% -5,45

Tablo 9. Matematiksel modellerin örnek kümesine dahil olmayan Örnek-3 üzerinde test edilmesi ve bu teste ait sonuçların özetlenmesi (2)

Saha Adı	Örnek-3
Saha Toplam Güç Tüketimi (Watt) (Gerçek)	1600,18 Watt
Sahadaki Kabinler, Sayıları ve Teknolojileri	RBS RRUS 2G X 4 RBS RRUS 3G X 2
TN Güç Tüketimi (Tablo 4 ten)	120 Watt (1) (Tn trafik kartı :4, Tn radyo:3, Tn kontrol modülü: 1)
RBS RRUS 2G Sayısı	4
RBS RRUS 3G HS Mevcut Kod Kullanımı	54,95
RBS RRUS 2G Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	868,5 Watt (2) (Tablo 6'da RRUS 2G için bulunan formülde 4 yerine yazıldı)

RBS RRUS 3G Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	481,75 Watt (3) (Bulunan formülde 54,95 değeri yerine yazıldı)
Toplam Kestirimsel Güç Tüketimi (1+2+3)	1470,25 Watt (1,2 ve 3 toplanarak elde edildi)
Fark (Gerçek Tüketim-Kestirimsel Tüketim)	-129,75 Watt (1470,25-1600,18)
Hata Oranı	% -8,10

Tablo 10. Matematiksel modellerin örnek kümesine dahil olmayan Örnek-4 üzerinde test edilmesi ve bu teste ait sonuçların özetlenmesi (3)

Saha Adı	Örnek-4
Saha Toplam Güç Tüketimi (Watt) (Gerçek)	2202,68 Watt
Sahadaki Kabinler, Sayıları ve Teknolojileri	RBS 6000 RUS 2G X 6 RBS 3000 RU22 3G X 2
TN Güç Tüketimi (Tablo 4 ten)	100 Watt (1) (Tn trafik kartı: 2, Tn radyo:2, Tn kontrol modülü: 2)
RBS 6000 RUS 2G Sayısı	6
RBS 3000 RU22 3G HS ve Non HS Power Used Toplamı	21,74
RBS RUS 2G Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	1171,4 Watt (2) (Tablo 6'da RUS 2G için bulunan formülde 6 yerine yazıldı)
RBS 3000 RU22 3G Güç Tüketimi (Tablo 6 dan)	400,93 Watt (3) (Bulunan formülde 21,74 değeri yerine yazıldı)
Toplam Kestirimsel Güç Tüketimi (1+2+3)	1672,33 Watt (1,2 ve 3 toplanarak elde edildi)
Fark (Gerçek Tüketim-Kestirimsel Tüketim)	-530,35 Watt (2202,68-1672,33)
Hata Oranı	% -24,07

Tablo-8'de de görüldüğü gibi örnek kümesi dâhilinde olmayan bir saha üzerinde yapılan kestirimler neticesinde %5 bir hata payı ile güç tüketimi tahmini yapılmıştır. Bu saha için öncelikli bir çalışma yapılmasına gerek yoktur. Diğer bir örnek olan ve bilgileri Tablo-9'da açıkça belirlenen Örnek-3 adlı baz istasyonunda ise hata oranı -% 8,10 civarında saptanmıştır. Bu saha da diğer saha gibi öncelikli çalışma yapılması gereken bir saha değildir. Ancak analizler Türkiye genelindeki pekçok saha üzerinde gerçekleştirilip bu

sahalardan \pm %25 hata payı aralığının dışında kalan sahalarda inceleme ve gözlemelemler çalışmaları yapılacaktır. Bu açıdan verilen 3 örnek sonuç içinden öncelikli olarak incelenmeye Tablo-10'da bilgileri açıkça verilen Örnek-4 adlı sahadan başlanmalıdır. Bu sahanın hata oranı kritik eşik saydığımız \pm %25 hata payına oldukça yakın olarak tespit edilmiştir. Bu açıdan saha gerekirse yerinde incelenerek hataya sebep olan etmenler teorik ve pratik çalışmalar ile saptanmalıdır. Sonuçta bu gözlemlere göre güç tüketimi etmenleri tespit edilerek güç tüketiminin minimize edilmesi sağlanacaktır. Ayrıca bu gözlemler yeni sahaların tesisi sırasında kullanılacaktır.

7. Teşekkür yazısı

Çalışma Turkcell akademi yüksek lisans öğrenci bursu kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın başından sonuna kadar her türlü kaynak, ölçüm, veri ve fikirlerini paylaşmaktan kaçınmayan ve bu açıdan çalışmanın ortaya çıkmasında birincil rol oynayarak maddi ve manevi imkânlarını esirgemeyen Turkcell kurumuna teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

1. TC Milli Eğitim Bakanlığı, Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Baz İstasyonu Montajı 522EE0264
2. Turkcell, Earth Project Summary, FP7 ICT Objective 1.1 The Network of the Future
3. SHI Yi, HOU Thomas Y., EFRAT Alon, Algorithm Design for Base Station Placement Problems in Sensor Networks
4. TAYŞI Cihan Z., GÜVENSAN Amaç M., YAVUZ Gökhan A, Birden Fazla Baz İstasyonunun K-means Algoritmasıyla Yerleştirilmesi
5. YİĞİTEL Aykut M, İNCEL Durmaz Özlem, ERSOY Cem, Yeşil Hücreli Ağlara Hızlı Bakış: Baz İstasyonlarının Enerji Tasarrufundaki Önemi
6. UĞURLU Seçkin Şebnem, Baz İstasyonu Ölçüm Teknikleri ve Ölçüm Cihazları
7. ÖZDEMİR R. A. ,Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Baz İstasyonları, Çalışma Prensipleri, Limit Değerler ve Dünya Örnekleri (İnternet Kaynağı) (ozsistem.com/wp-content/.../01/bazistasyonlari-calisma-prensipleri.ppt) (Erişim Tarihi: 10.01.2015)
8. ÇETİN E. ,KARAKILINÇ Ö. Ö. , Pamukkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bölümü, Fotovoltaik Paneller Beslenen Gsm 1800 Baz İstasyonu Sistemi
9. HVT University, Department of Broadband Infocommunications and Electromagnetic Theory, Propagation Models In Base Station
10. University of North Texas, Computer Size and Engineering ,Mobile Handset Cellular Network
11. Yeditepe Üniversitesi, GSM (Global System For Mobile Communication)
12. KHIANG Y. , SUN S. , ZHANG R. , Energy Cooperation In Cellular Networks With Renewable Powered Base Station