



BAYANLARA ÖZEL SPOR MERKEZİNDE KARŞILAŞILAN YETERLİ KİLO VEREMEME VE İNCELEMEME PROBLEMİNİN DENEY TASARIMI İLE OPTİMİZASYONU

Doç. Dr. Kasım BAYNAL

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
kbaynal@kocaeli.edu.tr

End. Yük. Müh. Saime TAPHASANOĞLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
taphasanoglu.sema@gmail.com

Öz

Bu çalışma 1000 (bin) bayan üyesi olan bir spor merkezinde yapılmıştır. Üyelerin büyük çoğunluğu yeterli kilo veremedikleri/incelemedikleri ve kilo verdikten sonra formunu koruyamadıkları düşüncesi ile aktif üyeliklerini pasif üyeliğe çevirmiştir. Bu problemin oluşmasına neden olan etkenleri tespit etmek ve bu meseleyi ortadan kaldıracak en uygun parametreleri ve seviyeleri belirlemek için kalite geliştirme araçlarından biri olan deney tasarımı yaklaşımı kullanılmıştır. Deney tasarımının kullanılması ile daha az deney sayısı ile ve daha kısa sürede hedefe ulaşmak amaçlanmıştır. Uygulama kısmında Deney Tasarımı yaklaşımlarından faktöriyel tasarım ile problem analiz edilmiş, sonuçlar değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Spor Merkezi, Deney Tasarımı, Faktöriyel Tasarım, Taguchi Yöntemi.

LADIES ENCOUNTERED IN THE PRIVATE FITNESS CENTER, INABILITY TO LOSE WEIGHT AND SLIMMING PROBLEMS WITH DOE OPTIMIZATION

Abstract

This study was performed in a fitness center which has 1000 women members. The majority of members changed their active membership to passive because they believe that this system doesn't work on their weight status. To determine factors lead to this problem, and to find most appropriate parameters and levels in order to abolish this problem, design of experiment approach is used. Here, achievement objective is aimed by less experiments number and in shorter time. In application section, problem was analyzed by design of experiments which is factorial design approach and results were evaluated and commented.

Keywords: Fitness Center, Design Of Experiments, Factorial Design, Taguchi Method.

1. Giriş

İnsan hayatının vazgeçilmezi olan teknolojik ürünler, günümüz insanını daha hareketsiz bir yaşam tarzına yöneltmiştir. Artık dünya çok ciddi bir hastalık olan obezite ile karşı karşıyadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından en riskli 10 hastalıktan biri olarak kabul edilen obezitenin, yine aynı örgüt tarafından yürütülen son araştırmalarda kanserle yakın ilgisi olduğu da belirlenmiştir (WHO 1997). Vücut yağ dokularının düzenlenmesi ve

obezitenin etyolojisi çok faktörlü olup genetik yapı, çevresel uyarılar ve gelişimsel olgulardan etkilenmektedir. Beslenme ve aktivite alışkanlıklarındaki değişimler obezitenin daha sık görülmesine neden olmaktadır (Şimşek ve diğerleri 2005). Obezitenin en önemli risk faktörlerinin arasında fiziksel aktivitede azalma olduğu belirtilmektedir (Altunkaynak ve Özbek 2006). Bu ve pek çok çalışma obezitenin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla artan bir problem haline geldiğini göstermektedir. İnsan hayatını kolaylaştıran teknolojik ürünler daha hareketsiz bir yaşam tarzı oluşturmuştur. Bu nedenle spor her yaşta ve her meslekten insanın düzenli olarak yapması gereken bir ihtiyaç halini almıştır. Bu amaçla ülkemizde de pek çok spor salonu açılmıştır.

Ancak teknolojinin hızlı ilerlemesiyle birlikte hizmet üreten bu kuruluşlar arasında da büyük ve imha edici bir rekabet baş göstermiştir. Böyle bir ortamda kârlılıklarını ve devamlılıklarını sürdürmek isteyen firmalar, müşteri memnuniyetini en iyi şekilde sağlayacak, düşük maliyetli, sağlam (robust) kaliteli ve güvenilir ürünler üretmeyi veya hizmetler sunmayı amaçlamaktadırlar (Hamzaçebi ve Kutay 2003). Bu amaca ulaşabilmek için ürün/hizmet tasarımına odaklanmak gerekmektedir. Daha hizmetin tasarım aşamasında kaliteyi tasarlamak ve bunu üretilen hizmete yansıtmak çok önemlidir. Çünkü hizmet sektöründe müşteri memnuniyetinin sağlanması ve sürdürülmesi firmaların devamlılığı ve kârlılığı açısından son derece önemlidir. Aksi takdirde kaybedilen müşterinin ve firma prestijinin yeniden kazanılması hem çok zor hem de oldukça maliyetlidir.

Mal üreten firmalar için de durum aynıdır. Amaç; düşük maliyetli, yüksek kaliteli ve güvenilir ürünler üretmektir. Bu amaca ulaşabilmek için ürün tasarımına ve süreç yönetimine odaklanmak gerekmektedir. Daha ürün tasarım aşamasında kaliteyi tasarlamak ve bunu gerçekleştirmek, üretilen ürünlerin muayene edilip "uygun" veya "uygun değil" şeklinde ayrılmasından ve tekrar işlenmesinden daha ucuza mal olmaktadır. Çünkü kaliteyi muayene ile sağlamanın maliyeti yüksektir (Akman ve Özkan). Düşük maliyetli ve yüksek kaliteli ürünler üretmek amacıyla teknoloji ve istatistiksel yöntemlerin birlikte kullanılmasında yarar vardır (Margaivo and Margaivo 1993). Bu amaçla geliştirilmiş ve şimdiye kadar başarılı bir şekilde uygulanmış birçok kalite geliştirme tekniği bulunmaktadır. Deney Tasarımı (DT) da bu tekniklerden biridir.

DT yöntemi 1930'larda Sir Ronald Fisher tarafından geliştirilmiş ancak ilk kez, değişkenliğin azaltılması için Taguchi tarafından kullanılmıştır. Taguchi tarafından geliştirilen kalite sistemi 1950'li yıllarda savaş sonrası Japonya'nın telefon sistemi üzerinde yeniden yapılanma sürecinde uygulanmış ve son derece başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Saat, 2000).

DT teknikleri özellikle ürün imalatı aşamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin hizmet üretimi yapan sektörlerdeki kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Amaç kaliteli ürün ya da hizmetin tasarım aşamasında sağlanması ve sürdürülebilmesidir.

DT teknikleri pek çok alanda uygulanmıştır. Hamzaçebi ve Kutay (2003), Taguchi Yöntemi(TY)'ne genel bir bakış açısı ile metodun sistematüğini açıklamışlar, uygulamada ise, Dizdar'ın (1998), üretim sistemlerindeki olası iş kazalarının tahminine yönelik araştırmasından derlediği verileri kullanarak yöntemin işleyişini göstermişlerdir. Savaşkan vd. (2004) yaptıkları çalışmalarında, ince sert seramik kaplı (TiAlN ve TiN) matkap uçlarının performans optimizasyonu örneğini ele alarak hedeflenen optimum noktaya ulaşabilmek için endüstriyel ortamda en önemli faktörler olan kaplama türü, kesme hızı ve ilerleme hızının etkilerini TY yardımı ile incelemişlerdir. Baynal ve Terzi (2005) ise çok seviyeli değişkenlerin ve çoklu kalite amaçlarının bulunduğu endüstriyel bir üretim sürecinin kalite özelliklerinin eniyilenmesi amacıyla TY ve Hedef Programlama Yöntemini kullanmışlardır. Sönmez (2006), deney tasarımı tekniklerinden olan kesirli faktöriyel deney tasarımı yardımıyla ana faktörlerin etki derecesini ortaya koyabilecek mümkün olan en az sayıda birleşim ile olası durumları temsil etmek amacıyla kullanmış ve ev bilgisayarı seçimini konjoint analizi ile yapmıştır.

Bahloul vd. (2006), yaptıkları çalışmalarında bükme işlemi sırasında araçlar tarafından parçaya uygulanan kuvveti ve maksimum gerilimi en küçükleme için DT'na dayanan cevap yüzeyi yöntemini kullanmışlardır. Dixon vd. (2006) tıbbi cihaz üretimi sürecinde DT'ni kullanmışlardır. Uslu (2007), yaptığı çalışmada faktöriyel tasarımın arkasındaki kuramın matematiksel altyapısını incelemiş ve sonuçların süreç mühendisliği ve bilişsel bilimler çerçevesinde örneklerine değinmiştir. Rojas vd. (2006), çalışmalarında dinamik sistem tanımlı min-max robust DT fikrini geliştirmişlerdir.

Anawa ve Olabi (2008), TY'ni bir istatistiksel deney tasarımı tekniği olarak, belirlenmiş kaynaşma kesimi ile ilgili olarak gerekli kaynak parametrelerini belirlemek için kullanmışlardır. Cheng vd. (2008) ise farklı boyutlarda alt katmanın tortulaşmış silikon filmin kalınlık sapmasını minimize etmek için süreç parametrelerinin optimizasyonu amacıyla sayısal bir modeli TY'nin dinamik modeline entegre etmişlerdir. Oudjene ve Ben-Ayed (2008) ise TY'ni perçinleme ortak direnci ve perçinleme şekli üzerinde takım geometrisinin etkilerini incelemek için kullanmışlardır. Rosa vd. (2008), titanyum kablolarda bakır elektropozisyonu konusunda titanyum yüzey hazırlama, mevcut katodik yoğunluğu bakır sülfat ve sülfirik asit konsantrasyonlarının elektrik yoğunluğunun ve çözelti karışımının elektrodositin yapışması üzerindeki etkilerini L_{16} tasarım matrisi ile TY'ni kullanarak incelemişlerdir. Kırış vd. (2015)

ise yaptıkları çalışmada, bir motora ait hava aralığı hata sayısı ile bunun toplam üretim hacmi içerisindeki payının büyük olması sonucu oluşan ilgili kalite karakteristiklerini tespit ederek TY ile iyileştirme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Yükseloğlu ve Gültekin (2002) ise oksijen bazlı ağartıcı temizlik maddelerinin pamuklu kumaşlardaki sararma üzerine etkisini incelemek için DT yöntemini kullanmışlardır. Baynal ve Gencil (2015), çalışmalarında kalite problemlerine neden olan değişkenlik kaynaklarını belirleyerek, TY'ni gıda sektöründe çok yanıtlı problemin eniyilemesinde uygulamışlar ve elde edilen iyileştirmeleri ve yöntemin etkinliğini ortaya koymuşlardır. Aytaç vd. (2009), lastik kordu üretiminde büküm yönünün etkilerini TY ve tam faktöriyel deney tasarımıyla incelemişlerdir.

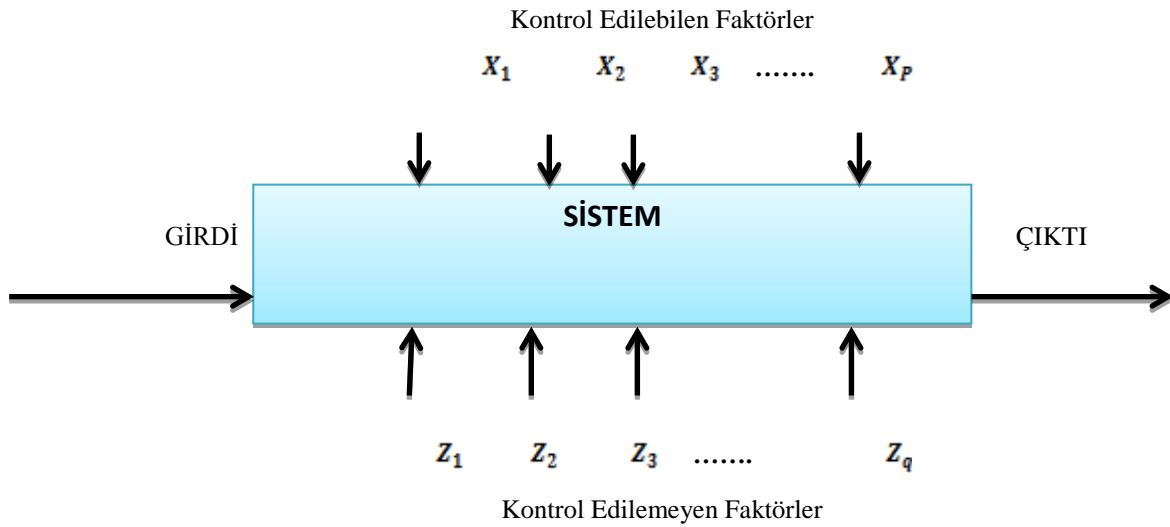
Özek ve Ünal (2012), tam faktöriyel tasarım yöntemi ile 48 adet deneyi hesaba katarak kare kapların derin çekilmesinde kalıp/baskı plakası açısının limit çekme oranı ve et kalınlığı üzerindeki etkisini ölçmüştür. Mezarıcıöz ve Oğulata (2010), süprem kumaşlarda patlama mukavemetinin optimizasyonunda L_9 ortogonal dizisini kullanarak TY'ni uygulamışlardır.

2. Deney Tasarımı

DT, bir süreçteki girdi değişkenleri üzerinde istenilen değişikliklerin yapılmasıyla cevap değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi, elde edilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanabilir (Besterfield vd., 1995). DT, sürecin incelenen kalite karakteristiğine etki eden kontrol edilebilir değişkenlerin değerlerini sistematik olarak değiştirerek süreç performansını etkileyecek değişken değerlerini belirlemede kullanılan bir tekniktir (Montgomery, 2005). Bir deney için tasarımda; problemin genel amacının, incelenecek girdi değişkenlerinin ve düzeylerinin, deneyin çıktı değişkeninin, deneyin nasıl yapılacağına ifadesinin ve uygun analiz yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Gürsakar, 2005).

Şekil 1'de bir sistemin veya sürecin genel modeli gösterilmiştir. Proses değişkenlerinden $X_1, X_2... X_p$ kontrol edilebilir değişkenler ve $Z_1, Z_2... Z_q$ kontrol edilemeyen değişkenler olarak adlandırılır (Lunani and others 1997).

DT teknikleri, yeni bir süreç geliştirmede ve performans artırma amacıyla mevcut süreci düzeltmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Burada amaç, robust (sağlam) bir süreç geliştirmektir. Bunun anlamı, değişkenliğin kaynağı olan, kontrol edilemeyen değişkenlerin ($Z_1, Z_2... Z_q$) etkisinin en az olduğu süreci geliştirmek demektir (Montgomery, 2005).



Şekil 1: Bir Sistem veya Sürecin Genel Gösterimi (Montgomery, 2005)

İstatistiksel DT'nda Tam faktöriyel tasarım, TY, Yanıt yüzeyi metodolojisi, Shainin yöntemi vb. gibi pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bir deneyde birden fazla faktör varsa faktöriyel tasarımlardan faydalanılır. Faktöriyel tasarım, her bir faktör seviyesinin mümkün olan tüm kombinasyonlarının deneye dâhil edilmesidir. Başka bir ifade ile, tam faktöriyel deney tasarımı en az iki veya daha fazla seviyelerin birbirleri ile çarpımları ile oluşan kombinasyondur (Lunani vd., 1997).

Tam faktöriyel deneylerin analizinde varyans analizi (ANOVA) ve regresyon analizi kullanılmaktadır. Regresyon Analizi, sebep (bağımsız girdi değişkeni) ve sonuç (bağımlı çıktı değişkeni) arasında net bir matematiksel ilişkinin varlığını tespit etmek için kullanılır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003). ANOVA hangi proses üzerinde hangi faktörlerin ne derecede önemli olduklarını istatistiksel olarak açıklar (Yang ve Tarng, 1998). Bu yöntemler yardımı ile bir faktörün deney üzerindeki etkisini hesaplamak mümkündür. Bu yöntemler, işlemlerin sırasında herhangi bir değişiklik yapmadan farklılıkların kaynağının belirlenmesine yardımcı olur (Breyfogle, 2003).

3. Deney Tasarımı Uygulaması

3.1. Problemin Tanımlanması

Teknolojik ilerlemeler, bayanlar için hareketsiz ya da yetersiz hareket ortamları oluşturmuştur. Ev işlerini kolaylaştıran ev aletleri, ulaşımda kullanılan araçlar, hızlı yeme ve fast food alışkanlıkları her yaşta bayanları ortak bir sorun olan şişmanlık (Obezite) ile karşı karşıya getirmiştir.

Bir veya iki hafta içerisinde mucize kilo ve incelme bekleyen çoğu müşteri spor merkezi(SM)'ndeki devamlılıklarını bırakmaktadır. Çalışmada devamlılığın önemine dikkat

çekmek için salona gelme süresi faktörü incelenmiştir. Spor merkezinin sloganı, günde sadece yarım saat sporla sağlıklı ve formda kalmak, bu formu korumaktır. Sistem vücut şaşırtma esasına dayanmaktadır. Vücudun sadece belirli bir bölümünü, uzun süre çalıştırmak yerine kısa sürelerle farklı vücut bölümleri çalıştırılarak amaca ulaşılmaktadır. Üyeler verilen ön eğitimlere rağmen ara istasyonlarda beklemeyi veya ara hareketleri geçiştirmeyi tercih etmektedir. Deney öncesi tüm deneklere bu konuda uzman antrenör tarafından uygulamalı eğitim verilmiştir.

WHO'nün yaptığı açıklamaya göre, ısıdıktan sonra yapılan, 30 dakikalık düzenli egzersiz, bir insanın sağlıklı, zinde ve formda kalması için gerekli ve yeterlidir. Günlük 20 dakikalık ya da 30 dakikalık egzersizlerin kilo vermedeki farklılıkları bu deney neticesinde ortaya konmuştur .

Hidrolik fitness aletleri, klasik fitness salonlarındaki ağırlık bağlanarak çalışılan aletlerin aksine, kaslarda ve eklemlerde aşırı bir zorlanma ve zedelenme oluşturmaz. Bu sayede daha önce hiç spor yapmamış bir insan bile rahatlıkla bu egzersiz programına katılarak, sporu hayatına dahil edebilmektedir. Deneklerde daha önce spor yapmış veya yapmamış olanlar rasgele seçimle belirlenmişlerdir. Sporla elde edilen faydaların denekler üzerindeki devamlılık etkisini sağlamak için deney boyunca deneklere motive edici aktiviteler uygulanmış ve deney sonrası için ücretsiz cilt bakım hizmeti verilmiştir.

3.2. Egzersiz Süreçleri

- **Isınma:** Deneyin etkinliğini artırmak ve sağlık problemi oluşmasını engellemek için tüm deneklere her deney öncesi 10 dakika ısınma hareketi yaptırılmıştır.

- **İstasyon Çalışması:** Isınma sürecinden sonra, "bip" sesleriyle yapılan istasyon çalışması gerçekleştirilir. Hidrolik fitness aletleri ana istasyonları; tempolu ve ritmik kardiovasküler egzersizlerin yapıldığı platformlar da ara istasyonları oluşturmaktadır. 9 adet hidrolik fitness aleti ve 9 adet platform olmak üzere toplam 18 istasyon bulunmaktadır. Deneyde “ara istasyonlarda dinlenmek” ve “platform çalışması yapmak” olmak üzere iki faktör seviyesi olarak alınmış ve incelenmiştir.

- **Soğuma (Stretching):** Soğuma egzersizi, sağlık ve form açısından yapılan spordan maksimum fayda sağlar. Tüm deneylerde 10 dakika uzman antrenör eşliğinde soğuma hareketleri deneklere yaptırılmıştır.

Çalışmanın amacı SM üyelerinin istasyon çalışmasında kullanılan metotla maksimum kilo kaybı ve incelme miktarının seçilen faktörlerin hangi düzeyinde sağlandığının belirlenmesidir. Yukarıdaki sebeplerin tespitinde yerli ve yabancı uzman antrenörlerle yapılan

çalışmalar ve önceki üyeliklerde yapılan ön istatistiksel inceleme etkili olmuştur. SM’nde üyeler için spor süreci Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: Spor Merkezi Çalışma Süreci

3.3. Problemin Deney Tasarımı ile Çözümü

SM eğitmenleri ve merkezin anlaşmalı diyetisyeninden alınan bilgilere göre kilo verme ve inceleme üzerinde en etkili faktörler; diyet, spor süresi, kullanılan fitness aletleri, yaş ve cinsiyet, biyokimyasal etkenler (Hormonal denge) olarak belirlenmiştir .

Yaş ve cinsiyet sabit faktörler olarak alınmıştır. Çünkü merkez sadece bayanlara hizmet vermektedir. Deneyde yaş etkisinin azaltılması amacıyla her yaş grubundan denek kullanılmıştır. Ayrıca deneklere yaşlarına ve bünyelerine uygun diyet listeleri (kalori miktarları deney düzenine uygun olacak şekilde) hazırlanmıştır. Deneye katılan tüm bayanlarda TSH, T3 ve T4 hormonlarının düzeyleri kontrol edilmiş ve normal sınırlar içinde olduğu tespit edilmiştir.

3.3.1. Sorunlu Faktörler

• **Hidrolik Fitness Aletlerinin Yanlış Kullanımı:** Antrenörler tüm deneklere doğru kullanım konusunda uygulamalı eğitim vermiştir.

• **Fitness Aletlerinde Hareket Sayıları:** Her bir fitness aleti üçer dakikalık kullanım süresinde belli sayıda hareketin yapılmasını gerektirir. Kullanım konusundaki eğitim esnasında bu konuda ve doğru nefes alma teknikleri konusunda da eğitim verilmiştir.

• **Sağlık Durumu:** Deneklerden kamuya bağlı hastahanelerden sağlık raporu almaları sağlanmıştır.

• **Antrenör Etkisi:** Deneyde antrenör etkisini ortadan kaldırmak için tüm deneyler aynı antrenörle gerçekleştirilmiştir.

Deneylerin her denek için 1 ay boyunca günde bir defa yapılmasına karar verilmiştir. SM’inde 9 istasyon olduğu için aynı anda sadece 9 denekle çalışma yapılmıştır. Deney düzeninde her bir düzen sadece 3 kişiyi kapsadığından bu sorun aşılmış ancak günün hangi saatinde hangi grubun deneye dahil edileceği rasgele düzenle karara bağlanmış ve bu konudaki olası değişkenlik enaza indirgenmeye çalışılmıştır

Tablo 1: Faktörler, Düzeyleri ve Sınırları

Faktörler	Açıklama	Tipi	Limitleri	Alt Sınır	Üst Sınır
A	Spor süresi (günlük)	Nicel	20 dk / 30 dk	20 dk/g	30 dk/g
B	Günlük kalori miktarı	Nicel	1500-2000 cal 2500-3000 cal	1.seviye	2.seviye
C	Haftalık çalışma sıklığı	Nicel	3 gün / 6 gün	3	6

Burada amaç haftalık ölçümler alınarak aylık toplam verilen kilo miktarının ve incelmenin maksimum seviyede tutulmasıdır. Bu amaçla, çalışmada uygulama ekibi tarafından en etkili olduğu belirlenen 3 faktör belirlenmiş ve bunlar da 2 düzeyli olarak tanımlanarak tam faktöriyel tasarım kullanılmıştır. Kilo verme ve incelme miktarını etkileyen en önemli faktörler olarak (A) günlük spor süresi, (B) günlük alınan kalori miktarı ve (C) haftada SM'ne geliş sıklığı seçilmiştir. Bu faktörlerin düzeylerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

3.3.2. Yanıt Değişkeninin Seçilmesi

Verilen kilo miktarı ve toplam incelme yanıt değişkenleri olarak seçilmiştir. Bunun için deneklerin başlangıçtaki kiloları ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Kilo ölçümleri haftalık ve spor öncesi yapılmıştır. Ölçümlerdeki değişkenliği ortadan kaldırmak için denekler aynı spor kıyafetlerle ve yemekten en az 2 saat sonra tartılmış ve tüm denekler için aynı marka tartı aynı zemin üzerinde kullanılmıştır. İncelme miktarında deneklerin göğüs, bel çevresi, basen, baldır, bacak ve kollarından alınan ölçülerin toplamı dikkate alınmıştır. Değişkenlik kaynaklarını en aza indirmek için ölçümler aynı uzman tarafından yapılmıştır.

3.3.3. Deney Tasarımının Seçilmesi

Çalışmada incelenecek faktör sayısı 3, düzey sayısı 2 olduğu için $L_8 (2^k=2^3)$ deney tasarım modelinin tam faktöriyel olarak gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır. Sonuçlara etki edecek kontrol edilemeyen faktörlerden kaynaklanan değişkenliğin azaltılması için denekler rasgele seçilmiş ve deney sırası da rasgele yapılmıştır. Deney, bilinmeyen ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı korunması için rasgele sayılar tablosundan yararlanılarak tamamen rasgeleleştirilmiştir. Daha yüksek örnek sayısı yığını daha iyi temsil ettiği için denek sayısı mümkün olan en yüksek sayıda tutulmaya çalışılmış ve her bir deney kombinasyonu 3 denekle yapılarak toplam 24 denekle gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmanın özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Deneyler 1 ay boyunca devam etmiş olup elde edilen veriler her bir denek için dört haftalık ölçümlerin toplamıdır. Deneysel çalışmaya Tablo 2'de görülen deneme düzenine göre başlanmış ve deneyler bu düzene göre yapılmıştır. Deneyler tamamlandıktan sonra Minitab

17.0 istatistik yazılım programı ile analizlerin yapılabilmesi için Şekil 3’ te görülen DT matrisi kodlama yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 2: Deneme Düzenine Göre Faktör Düzeyleri ve Ölçümler

Deney Deseni	Parametreler	Kilo ölçüm sonuçları (kg)				İncelme ölçüm sonuç. (cm)									
Deneme	Rassal sayı	Spor süresi	Kalori mikt.	Çalışma sıkl.	Spor süresi	Kalori mikt.	Çalışma sıkl.	1. Denek	2. Denek	3. Denek	Ortalama	1. Denek	2. Denek	3. Denek	Ortalama
1	3	-	-	-	20	1	3	1,700	1,900	1,490	1,697	32	33,5	33	32,8
2	1	+	-	-	30	1	3	2,800	2,200	2,600	2,533	34	35	36	35,0
3	8	-	+	-	20	2	3	1,650	1,300	1,450	1,468	28,5	27	28	27,8
4	2	+	+	-	30	2	3	1,850	1,800	2,050	1,900	32,5	32	31	31,8
5	4	-	-	+	20	1	6	3,750	3,900	3,275	3,642	42	41	42,5	41,8
6	7	+	-	+	30	1	6	4,500	4,700	4,300	4,500	51	49	53	51,0
7	5	-	+	+	20	2	6	2,900	2,650	2,700	2,750	42,5	41	43	41,2
8	6	+	+	+	30	2	6	3,100	2,900	2,750	2,917	46	45	43	44,7

DT’na göre yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilen kilo miktarları ve incelme ölçümleri programa girilmiştir.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Verilen Kilo	İncelme Miktarı
1	6	1	1	1	1	-1	1	4,500	51,0
2	4	2	1	1	1	1	-1	1,900	31,8
3	8	3	1	1	1	1	1	2,917	44,7
4	2	4	1	1	1	-1	-1	2,533	35,0
5	5	5	1	1	-1	-1	1	3,642	41,8
6	7	6	1	1	-1	1	1	2,750	41,2
7	1	7	1	1	-1	-1	-1	1,697	32,8
8	3	8	1	1	-1	1	-1	1,468	27,8
9									
10									
11									

Şekil 3: Minitab 17.0 Tasarım Matrisi ve Uyarlanan Deney Sonuçları

Birinci aşamada ana faktörlerin ve ikili etkileşimlerinin kilo verme ve incelme üzerinde etkisinin olup olmadığı ayrı ayrı incelenmiş, ne ölçüde etkilediklerini tespit etmek üzere ikili etkileşimler de deneye dahil edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen Y değerleri (verilen kilo ve incelme miktarı) ile çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4’ te görülmektedir. Bu sonuçlara göre seçilen parametreler (A, B, C, AB, AC, BC) sistemdeki değişkenliğin verilen kilo için % 99’ unu açıklarken incelme miktarının %88,26’ sını açıklamaktadır. Bu oranlar oldukça yüksektir. Kilo verme için regresyon eşitliği aşağıda görülmektedir.

$$\text{Verilen Kilo} = 2,6760 + 0,2865 A - 0,4172 B + 0,7762 C - 0,1368 A*B - 0,0303 A*C - 0,2015 B*C$$

Tablo 3: İkili Etkileşimlerle Birlikte Verilen Kilo Regresyon Analizi

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	2,6759	0,0359	74,59	0,009		
A	0,5732	0,2866	0,0359	7,99	0,080	1,00
B	-0,8343	-0,4171	0,0359	-11,63	0,055	1,00
C	1,5528	0,7764	0,0359	21,64	0,029	1,00
A*B	-0,2738	-0,1369	0,0359	-3,82	0,163	1,00
A*C	-0,0607	-0,0304	0,0359	-0,85	0,553	1,00
B*C	-0,4033	-0,2016	0,0359	-5,62	0,112	1,00

İkili etkileşimlerin modele dahil edildiği çoklu regresyon eşitliğine göre $p=0,029<0,05$ olduğu için C (Haftalık spor yapılan gün sayısı) verilen kilo değişkeni üzerinde etkilidir. Günlük yapılan spor süresi, ($p=0,080<0,10$) ile 0,10 anlamlılık düzeyinde verilen kilo miktarını etkilemektedir. Alınan kalori miktarı, ($p=0,055<0,10$) ile yine 0,10 anlamlılık düzeyinde verilen kilo miktarını etkilemektedir. Faktör etkileşimlerinin ise verilen kilo üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Tablo 4: İkili Etkileşimlerle Birlikte İncelme Miktarı Regresyon Analizi

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		38,263	0,937	40,81	0,016	
A	4,725	2,363	0,937	2,52	0,240	1,00
B	-3,775	-1,887	0,937	-2,01	0,293	1,00
C	12,825	6,413	0,937	6,84	0,092	1,00
A*B	-0,975	-0,488	0,937	-0,52	0,695	1,00
A*C	1,625	0,812	0,937	0,87	0,545	1,00
B*C	0,325	0,163	0,937	0,17	0,891	1,00

Toplam incelme için regresyon eşitliği şu şekildedir.

$$\text{Toplam İncelme} = 38,263 + 2,363 A - 1,887 B + 6,413 C - 0,488 A*B + 0,812 A*C + 0,163 B*C$$

İncelme miktarı için regresyon sonuçları incelendiğinde; $p=0,092<0,10$ olduğu için C (Haftalık spor yapılan gün sayısı) incelme miktarı değişkeni üzerinde etkilidir. Günlük yapılan spor süresi ve alınan kalori miktarı ile faktör etkileşimlerinin incelme miktarı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir.

Bu modellere ait varyans analizi tabloları (Tablo 5 ve Tablo 6) incelendiğinde; verilen kilo için F değerinin 119,04 olduğunu $p=0,070$ ile 0,10 anlamlılık düzeyinde faktörlerin modelde kalması gerektiği görülür. Etkileşimler için ise F değeri 15,62; p değeri ise 0,183 olduğu için analizden çıkarılabilir.

Tablo 5: Verilen Kilo Miktarı için ANOVA Tablosu

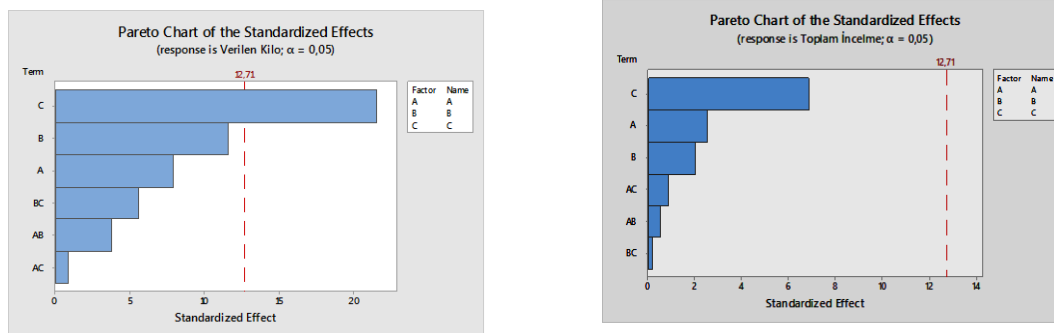
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	7,35372	1,22562	119,04	0,070
Linear	3	6,87124	2,29041	222,45	0,049
A	1	0,65723	0,65723	63,83	0,079
B	1	1,39195	1,39195	135,19	0,055
C	1	4,82207	4,82207	468,34	0,029
2-Way Interactions	3	0,48248	0,16083	15,62	0,183
A*B	1	0,14988	0,14988	14,56	0,163
A*C	1	0,00738	0,00738	0,72	0,553
B*C	1	0,32522	0,32522	31,59	0,112
Error	1	0,01030	0,01030		
Total	7	7,36402	R-sq=%99,86		R-sq(adj)=%91,05

Tablo 6: İncelme Miktarı için ANOVA Tablosu

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	409,508	68,251	9,71	0,241
Linear	3	402,114	134,038	19,06	0,166
A	1	44,651	44,651	6,35	0,240
B	1	28,501	28,501	4,05	0,293
C	1	328,961	328,961	46,79	0,092
2-Way Interactions	3	7,394	2,465	0,35	0,810
A*B	1	1,901	1,901	0,27	0,695
A*C	1	5,281	5,281	0,75	0,545
B*C	1	0,211	0,211	0,03	0,891
Error	1	7,031	7,031		
Total	7	416,539	R-sq=%98,31		R-sq(adj)=%88,18

İncelme miktarı için ana faktörler için F değeri 9,71 p değeri 0,241; etkileşimler için F değeri 0,35 p değeri ise 0,810 olarak görülmektedir. Bu durumda incelme miktarı üzerinde ana faktörlerin ve etkileşimlerinin önemli bir etkilerinin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Sistemi en çok etkileyen faktörleri tespit etmek için Pareto Analizi grafikleri (Şekil 4) incelenebilir. Grafikte eşik çizgisini geçen faktörler ve etkileşimleri, istatistiksel anlamda sistemi önemli derecede etkileyen faktörler ya da etkileşimleridir. Verilen kilo için sistemi en çok etkileyen faktörün C (Spor yapılan gün sayısı) olduğu görülmektedir. İncelme Miktarı için ise hiçbir faktör 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik sınırını geçmemiştir.

**Şekil 4:** Verilen Kilo ve İncelme Miktarı Pareto Grafikleri

Sadece ana etkiler analize dahil edilip çoklu regresyon analizi yapıldığında Tablo 7' deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 7: Ana Faktörlerle Yapılan Çoklu Regresyon Analizleri

Verilen Kilo						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		2,676	0,124	21,56	0,000	
A	0,573	0,287	0,124	2,31	0,082	1,00
B	-0,834	-0,417	0,124	-3,36	0,028	1,00
C	1,553	0,776	0,124	6,26	0,003	1,00
İncelme Miktarı						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		38,263	0,671	56,99	0,000	
A	4,725	2,363	0,671	3,52	0,024	1,00
B	-3,775	-1,887	0,671	-2,81	0,048	1,00
C	12,825	6,413	0,671	9,55	0,001	1,00

Seçilen ana faktörler (A, B, C) sistemdeki değişkenliğin Verilen kilo için, R² (adj) %88,29'unu; incelme miktarı için ise R² (adj) % 93,94'ünü açıklamaktadır. Bu değerler oldukça yüksektir. Kilo verme ve incelme miktarları için bağıntı eşitlikleri aşağıda görülmektedir.

$$\text{Verilen Kilo} = 2,676 + 0,287 A - 0,417 B + 0,776 C$$

$$\text{İncelme Miktarı} = 38,263 + 2,363 A - 1,887 B + 6,413 C$$

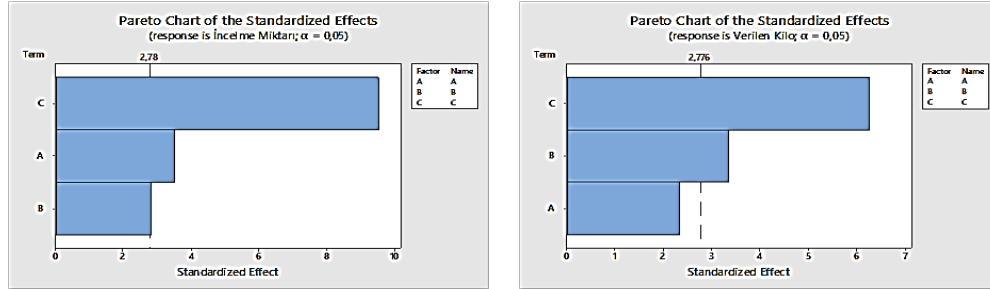
Şekil 9 incelendiğinde 0,05 anlamlılık düzeyinde verilen kiloyu en çok etkileyen faktör p=0,003 ile C faktörü yani haftalık spor yapılan gün sayısıdır. Günlük alınan kalori miktarı (B), p=0,028 ile verilen kiloyu ikinci derecede etkilemektedir. A faktörü ise 0,10'luk anlamlılık düzeyinde (p=0,082<0,10) kilo verme üzerinde etkilidir.

İncelme miktarı için sırasıyla; 0,05 anlamlılık düzeyinde p=0,001 ile C faktörü (spor yapılan gün sayısı), p=0,024 ile A faktörü (günlük spor yapılan süre) ve p=0,048 ile B faktörü (günlük kalori miktarı) önemlidir.

Tablo 8: Ana Faktörlerle Yapılan Varyans Analizi Sonuçları

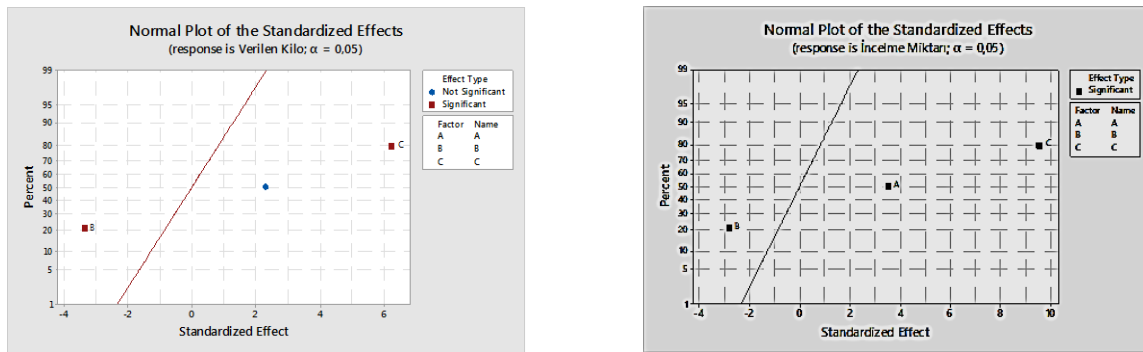
Verilen Kilo					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	6,8712	2,2904	18,59	0,008
Linear	3	6,8712	2,2904	18,59	0,008
A	1	0,6572	0,6572	5,33	0,082
B	1	1,3919	1,3919	11,30	0,028
C	1	4,8221	4,8221	39,14	0,003
Error	4	0,4928	0,1232		
Total	7	7,3640		R-sq=%93,31	R-sq(adj)=%88,29
İncelme Miktarı					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	402,11	134,038	37,17	0,002
Linear	3	402,11	134,038	37,17	0,002
A	1	44,65	44,651	12,38	0,024
B	1	28,50	28,501	7,90	0,048
C	1	328,96	328,961	91,22	0,001
Error	4	14,43	3,606		
Total	7	416,54		R-sq=%96,54	R-sq(adj)=%93,94

Tablo 8’ de görüldüğü gibi verilen kilo modeli için F değeri 18,59 ve p değeri 0,008 ile; incelme miktarı için F değeri 37,17 ve p değeri 0,002 ile 0,05 anlamlılık düzeyinde oldukça anlamlıdır. Sadece ana faktörlerle oluşturulan Pareto Analizi grafikleri incelendiğinde, eşik değerlerini verilen kilo için B ve C faktörleri; incelme miktarı için ise A, B ve C faktörleri geçmiştir (Şekil 5).



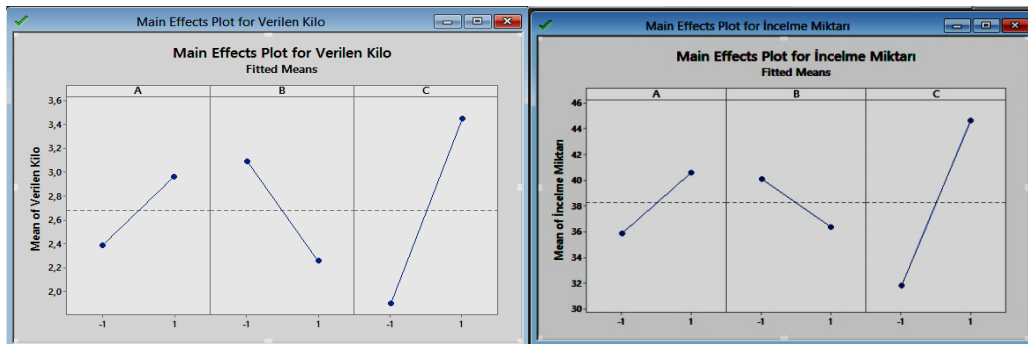
Şekil 5: Ana Faktörler İçin Pareto Grafikleri

Şekil 6’daki normal dağılım grafiği incelendiğinde verilen kilo için B ve C faktörleri; incelme miktarı için ise A, B ve C faktörlerinin 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 6: Ana Faktörler İçin Normal Dağılım Grafikleri

Şekil 7’ de verilen kilo üzerinde ana faktörlerin etki grafiği incelendiğinde özellikle C ve B faktörlerinin A faktörüne göre daha anlamlı ve önemli bir etkiye sahip olduğu kolayca görülmektedir.



Şekil 7: Ana Faktörlerin Verilen Kilo ve İncelme Miktarı Üzerindeki Etki Grafikleri

İncelme miktarı üzerinde C faktörünün B ve A faktörlerine göre daha anlamlı ve önemli etkiye sahip olduğu görülür (Şekil 7). Dikkat edilirse C faktörü kilo verme ve incelmede en önemli faktördür. Kilo verme üzerinde 0,10 anlamlılık düzeyinde etkili olan A faktörü incelme üzerinde 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir etkiye sahiptir. A faktörünün alt ve üst limitleri arasındaki bu süre ara kardiovasküler çalışmadır. Ancak bayanların yorulma veya yeterli ısınmama gibi nedenlerle önemsemedikleri bu 10 dakikalık süre kilo verme ve incelme üzerinde oldukça etkili bir faktör olarak görülmektedir.

3.4. Doğrulama Deneyi

Spor merkezine devam eden üyelerin dosya kayıtlarından rasgele sekiz adet seçilmiş ve bir ay boyunca verdikleri kilolar ve incelme değerleri kaydedilmiştir. Yine daimi üyeler arasından gönüllü sekiz adet üye seçilmiş ve tam faktöriyel deney tasarımı ile belirlediğimiz faktör-seviye kombinasyonuna göre deneye tabi tutulmuştur (Tablo 9). Elde edilen veri seti Tablo 10'da görülmektedir.

Tablo 9: Önerilen Faktör Düzeyleri

FAKTÖR	VERİLEN KİLO	İNCELME MİKTARI
<i>A (Günlük Spor Süresi)</i>	2. Düzey (30 dk)	2.Düzey (30 dk)
<i>B (Kalori Miktarı)</i>	1.Düzey (1500-2000)	1.Düzey (1500-2000)
<i>C (Çalışma Sıklığı)</i>	2.Düzey (6 gün)	2.Düzey (6 gün)

Tablo 10: Doğrulama Deneyi Veri Seti

Verilen kilo (kg)		1	2	3	4	5	6	7	8
D. Önce		1,900	2,300	2,500	3,600	4,500	2,750	2,900	1,400
	D. Sonra	4,300	4,900	5,050	4,750	4,200	4,950	4,750	5,050
İncelme (cm)	D. Önce	33	35	29	24	41	52	27	54
	D. Sonra	49	51	49	52	47	53	53.5	48

Tablo 10' da görülen deney öncesinde rasgele alınan sonuçlarla ve deney analizi sonucunda tespit edilen ideal faktör/seviye kombinasyonlarına göre yapılan deney sonuçları değerlendirilmiştir. Kilo ve incelmeye ilişkin ortalama, standart sapma, değişim aralığı, minimum - maksimum değerler ve varyans hesaplanmıştır (Tablo 11).

Tablo 11: Kilo Verme ve İncelme için İstatistiksel Sonuçlar

Verilen		Ortalama	Standart Sap.	Maks. D.	Min. D.	Değişim Ar.	Varyans
Kilo (kg)	D. Önce	2,731	0,972	4,500	1,400	3,100	0,945
	D. Sonra	4,750	0,327	5,050	4,200	0,850	0,107
İncelme (cm)	D. Önce	36,88	11,23	54	24	30	126,13
	D. Sonra	50,313	2,404	53,500	47,00	6,5	5,781

Tablo 11’de görüldüğü gibi kilo verme ve inceleme kalite karakteristikleri için yapılan çalışma oldukça olumlu sonuçlar vermiştir. Aslında SM için sorun bayanların yeterli miktarda kilo verememeleri ve incelememelerinden daha büyüktü. İstenilen seviyede zayıflayamayan bayanlar SM’nden ayrılmakla kalmayıp yeni müşterilere olumsuz bilgiler vererek firmanın imajını da zedelemekteydi. Yapılan çalışma sonucunda tespit edilen faktör/seviye kombinasyonlarına göre verilen hizmet ideale yakındır. Çünkü uzman diyetisyen ve antrenörlere göre ayda 4-5 kilo üzerindeki zayıflamalarda verilen kiloların hızla ve iki katı oranda geri alındığı ifade edilmiştir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Yapılan çalışmada Minitab 17.0 programı ile ana faktörler ve ikili etkileşimler birlikte analiz edilmiştir. Ana faktörlerin etkileşimler olmadan yapılan analiz neticeleri daha anlamlı sonuçlar vermiştir. Çoklu regresyon sonuçlarına bakıldığında verilen kilo değişkeni için etkileşimlerin dahil edildiği zaman hesaplanan p değeri 0,070 ile 0,05 anlamlılık düzeyinden büyüktür. İnceleme miktarı için çoklu regresyon analizi sonuçlarına göre p değeri 0,241 ile yine 0,05 değerinden oldukça büyüktür. Modele sadece ana faktörlerin dahil edildiği çoklu regresyon analizi sonuçlarına göre verilen kilo için p değeri 0,008, inceleme miktarı için elde edilen p değeri ise 0,002 ile 0.05 değerinden daha küçük ve anlamlıdır. Başka bir ifade ile "ilgili faktörlerin kilo verme ve inceleme üzerinde etkisi yoktur" üzerine kurulan hipotez reddedilir.

Etkileşimlerin çoklu regresyona dahil edildiği durumda verilen kilo için R^2 (adj) değeri 91,05 iken sadece faktörlerin analize dahil edildiği durumda R^2 (adj) değeri 88,29’a düşmüştür. Ancak yinede yüksek bir değerdir. Etkileşimlerin kilo verme için analiz dışında bırakılmasında bir sakınca yoktur. İnceleme miktarı için etkileşimlerle yapılan analiz sonucunda R^2 (adj) değeri 88,18 iken faktörlerle yapılan analiz neticesinde R^2 (adj) değeri 93,94’e çıkmıştır. Bu daha büyük bir değer olarak sadece ana faktörlerin sistemi daha iyi temsil ettiğini göstermektedir. İnceleme miktarı için ikili etkileşimlerin analiz dışında bırakılması daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Tüm bu analizler neticesinde istatistiksel olarak kilo verme üzerinde B (günlük alınan kalori miktarı) ve C (haftalık spor yapılan gün sayısı) faktörlerinin etkili olduğu deney tasarım metotlarından tam faktöriyel tasarım metodu ile gösterilmiştir. Aynı metotla inceleme miktarı üzerinde A (günlük yapılan spor süresi), B ve C faktörlerinin tamamının etkili olduğu istatistiksel olarak ortaya konmuştur. İkili etkileşimlerin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kilo verme miktarının artırılması için günlük alınan kalori miktarı en düşük seviyesi olan 1500-2000 kalori olarak, haftalık spor yapılan gün sayısı ise üst limit olan 6 gün olarak seçilmiştir. Sadece günde yarım saat spor anlayışı ile hizmet veren bu sistemin ideal koşullarının bu seviyeler olduğu istatistiksel olarak bulunmuştur ve tüm üyelere bu konudaki çalışmalar anlatılmıştır. Kilo verme üzerinde günlük spor yapılan sürenin anlamlı bir etkisi olmamasına rağmen sağlık ve inceleme üzerinde pozitif etkileri olan ara istasyon çalışmalarının yapılması için üyeler teşvik edilmiştir. Çalışmanın temel amacı kilo verme ve inceleme miktarlarının aynı anda optimal değerlerinin bulunması olduğu için inceleme üzerinde etkin bir faktör olan A faktörü 2. seviyesinde kabul edilmiş ve tüm üyeler bu seviyede çalışmaları konusunda teşvik edilmiştir.

İnceleme miktarı için ara hareketlerin içinde bulunduğu üst seviye yani 30 dakikalık spor süresi, günlük 1500-2000 kalori ile alt sınır ve haftada 6 gün ile 2. seviye faktör düzeyleri olarak belirlenmiş ve bu konuda üyeler bilgilendirilmiştir. Uzman antrenörler ve sistemin kuruluşunu ve aletlerin tasarım uzmanlarının ortak kararları olarak daha önce belirtilen bu seviyeler, istatistiksel olarak ispatlanmıştır.

Çalışma sonuçları ilgili spor merkezine bildirilmiş, antrenörler ve merkez sahipleri bu konuda broşürlerle üyelerini bilgilendirmeyi ve uygulamada bu sonuçlara göre çalışma yapmayı kararlaştırmışlardır. Çalışma rakip pek çok SM ile kalite yarışında ön sıralarda olmak zorunda olan SM'ne pozitif yararlar sağlamıştır. Merkez bu çalışmanın bünyesinde bulundurduğu iki ayrı sistem için de uygulanmasını talep etmiştir.

Kaynaklar

- Akman, G. ve Özkan, C. (2011). Sac İmalatında Karşılaşılan Yapışma Probleminin Deneysel Tasarımı ile Çözümü. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12 (2), ss. 187-199.
- Altunkaynak, B. ve Özbek, Z. E. (2006). Obezite: Nedenleri ve Tedavi Seçenekleri. *Van Tıp Dergisi*, 13 (4), ss. 138-142.
- Anawa, E. M. and Olabi, A. G. (2008). Using Taguchi Method to Optimize Welding Pool of Dissimilar Laser-Welded Components. *Optics & Laser Technology*, 40 (2), pp. 379-388.
- Aytaç, A., Yılmaz, B. ve Deniz, V. (2009). Lastik Kordu Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Taguchi ve Tam Etkensel Deneysel Tasarımıyla İncelenmesi. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), ss. 61-71.
- Bahloul, R., Mkaddem, A., Santo, P. D. and Potiron, A. (2006). Sheet Metal Bending Optimisation Using Response Surface Method: Numerical Simulation and Design of Experiments. *International Journal of Mechanical Sciences*, 48, pp. 991-1003.
- Baynal, K. ve Gencel İ. (2015). Taguchi Yönteminin Gıda Sektöründe Çok Yanıtlı Problemin Eniyilemesinde Uygulanması, *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 19(1), pp.107-121.
- Baynal, K. ve Terzi, Ü. (2005). Çoklu Kalite Başarım Özelliklerinin Hedef Programlama ve Taguchi Yöntemi Kullanılarak Eniyilenmesi. *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi Bildiriler Kitabı*, 25-27, ss. 573-578.
- Besterfield, D. C., Besterfield, G. H. and Besterfield, M. (1995). Total Quality Management, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.
- Breyfogle, F. W. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc. ss.549-570.

- Cheng, W. T., Li, H. C. and Huang, C. N. (2008). Simulation and Optimization of Silicon Thermal CVD Through CFD Integrating Taguchi Method. *Chemical Engineering Journal*, 7(3), pp. 603-613.
- Dixon, D., Eatock, J., Meenan, B. J. and Morgan, M. (2006). Application of Design of Experiment (DOE) Techniques to Process Validation in Medical Device Manufacture. *Journal of Validation Technology*, 12(2), pp. 92-100.
- Dizdar, E. N. (1998). Üretim sistemlerinde olası iş kazaları için bir erken uyarı modeli, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Gürsakal, N. (2005). Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim, 2. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, Türkiye.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2003). Taguchi Metodu: Bir Uygulama. *Teknoloji*, 3-4, ss. 7- 17.
- Kırıs, S., Anagün, A. S. ve Yüzügüllü, N. (2015). Bir Kalite Karakteristiğinin Deney Tasarımı ile İyileştirilmesi, ss. 1-5, Available from: <http://mmf.ogu.edu.tr/sanagun/Docs/Dok34.pdf>2015.
- Lunani, M., Nair, V. N. and Wasserman, G. S. (1997). Graphical Methods for Robust Design with Dynamic Characteristics. *Journal Of Quality Technology*, 29, pp. 327-338.
- Margavio, G. W. and Margavio, T.M. (1993). Quality Improvement Technology Using the Taguchi Method. *Cpa Journal*, 63, pp. 72.
- Mezarcıöz, S. ve Oğulata, R. T. (2010). Süprem Kumaşlarda Patlama Mukavemeti Değerinin Taguchi Ortogonal Dizayna göre Optimizasyonu. *Tekstil ve Hazır Giyim Dergisi*, 4, ss. 322-328.
- Montgomery, D. C. (2005). Design and Analysis of Experiments, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., Newyork, USA.
- Oudjene, M. and Ben-Ayed, L. (2008). On the Parametrical Study of Clinch Joining of Metallic Sheets Using the Taguchi Method. *Engineering Structures*, 30(6), June, pp. 1782-1788.
- Özek, C. ve Ünal, E. (2012). Kare Kapların Derin Çekilmesinde Kalıp/Baskı Plakası Açısının Limit Çekme Oranı ve Et Kalınlığı Üzerindeki Etkisi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 27(3), ss. 615-622.
- Prevention and management of the global epidemic of obesity. Report of the WHO Consultation on Obesity (Geneva, June, 3-5, 1997). Geneva: WHO.
- Rojas, C. R., Welsh, J. S., Goodwin, G. C. and Feuer, A. (2006). Robust Experiment Design for System Identification. *Automatica*, 43, pp. 993-1008.
- Rosa, J. L., Robin, A., Silva, M. B., Baldan, C. A. and Peres, M. P. (2008). Electrodeposition of Copper on Titanium Wires: Taguchi Experimental Design Approach. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(3), pp. 1181-1188.
- Saat, M. (2000). Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2 (3), ss. 97-108.
- Savaşkan, M., Taptık, Y. ve Ürgen, M. (2004). Deney Tasarımı Yöntemi ile MatkapUçlarında Performans Optimizasyonu. *İTÜ Dergisi*, 3(6), ss. 117-118.
- Sönmez, H. (2006). Müşteri Tercihleri için Konjoint Analizi Uygulaması: Ev Bilgisayarı Nasıl Seçilir. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 2, ss. 185-196.
- Şimşek, F., Ulukol, B., Berberoğlu, M., Gülнар, S., Adıyaman, P. ve Öcal, G. (2005). Ankara'da bir İlköğretim Okulu ve Lisede Obezite Sıklığı. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 58, ss. 163-166.
- Uslu, T. (2007). Faktöriyel Tasarım ve Süreç Optimizasyonu. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(1), ss. 534-551.
- Yang, W. H. and Tarng, Y. S. (1998). Design Optimization of Cutting Parameters for Turning Operations Based on the Taguchi Method. *Journal of Materials Processing Technology*, 84, pp. 122-129.
- Yükseloğlu, M. ve Gültekin B. C. (2002). Oksijen Bazlı Ağartıcı Temizlik Maddelerinin Pamuklu Kumaşlardaki Sararma Üzerine Etkisi. *Tekstil Maraton*, Kasım-Aralık, Cilt: 63, ss. 58-62.