12th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECONOMETRICS STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH

May 26-29 2011 Denizli -TURKEY

PAMUKKALE UNIVERSITY DEPARTMENT OF ECONOMETRICS



© Pamukkale University

Denizli, 2011

No part of the material protected by this copyright may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the Pamukkale University. Author(s) have right to publish their article elsewhere electronically or in another publication.

Printed in TURKEY

İmaj Yayınevi

Fakülteler Mahallesi Dirim Sk. 23/1

Phone :0312 319 3225

12th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECONOMETRICS STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH

May 26-29 2011 Denizli -TURKEY

SPONSORS

Central Bank of the Republic of Turkey (TCMB)

Southern Aegean Development Agency (GEKA)

Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK)

TÜBİTAK

PROCEEDINGS OF THE 12th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECONOMETRICS STATISTICS AND OPERATIONS RESEARCH

Editor

Bülent GÜLOĞLU

Assistant Editor

Şaban NAZLIOĞLU

Editorial Board

Celal KÜÇÜKER

Mehmet BALCILAR

Aşkıner GÜNGÖR

Mehmet İVRENDİ

Atalay ÇAĞLAR

İrfan ERTUĞRUL

Sevcan GÜNEŞ

Serdar İSPİR

Özcan MUTLU

Özgür ALTUNTAŞ

Sinem KANGALLI

Umut UYAR

PREFACE

The first Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics is organized as a bi-annual national event in 1993. Later on, it has been organized as an annual international event. This year, Pamukkale University, Department of Econometrics is hosting the symposium. The symposium takes place on 26-29 May 2011, in Denizli- Turkey. It is one of the important international events in the area of Econometrics, Operations Research and Statistics.

The main objective of the Symposium is to promote theoretical and empirical studies in all areas of Econometrics, Operations Research and Statistics. Symposium also covers, researches analyzing the sensitivity of econometric models to alternative economic policies, international economics, macroeconomics, microeconomics, industrial economics and regional economic issues.

The book contains the full texts of the papers presented in the areas of econometrics, operations researches and statistics. The papers not only asked some important questions but also addressed some important issues.

We would like to thanks to The Central Bank of the Republic of Turkey (TCMB), the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) and the Southern Aegean Development Agency (GEKA) for their financial contributions, to the rector of Pamukkale University, Hüseyin BAĞCI for his friendly effort to facilitate the symposium, to the scientific and organizing committees for their valuable time and to the Symposium secretariat for disciplined and well organized works.

Bülent GÜLOĞLU

Head of the Organizing Committee

	Mehmet Levent KOCAALAN
323-333	GENELLEŞTİRİLMİŞ TAHMİN DENKLEMLERİNDE KORELASYON YAPILARININ İNCELENMESİ Serpil KILIÇ Ahmet Mete ÇİLİNGİRTÜRK
334-337	COMPLETION TIME OF STOCHASTIC METAGRAPHS BY SAMPLING FROM EDGE TIME AND USING THE CONDITIONAL MONTE-CARLO SIMULATION S.S.HASHEMIN
338-348	LINEAR RELATION BASED TRANSFORMATION, PROPERTIES AND ITS APPLICATIONS Sharad D. GORE Behzad KHAFAIE
349-355	SINIFLAMA VE REGRESYON AĞACI ANALİZİ İLE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE GÖRE ŞARAP KALİTESİNİN BELİRLENMESİ Sibel ALADAĞ Hüseyin TATLIDİL
356-365	EVALUATING FAIRNESS IN REGULATION: APPLICATION TO THE AUTO-RICKSHAW BARGAINING PROBLEM Subrato BANERJEE
366-372	CaCO3 TAKVİYESİNİN POLİMER MALZEMEDE GERİLME GEVŞEMESİNE ETKİSİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ Tülin ŞAHİN Şenol ŞAHİN Yıldız YULUĞKURAL Nurdan KOCA
373-384	TÜRKİYE İÇİN EŞDEĞERLİK ÖLÇEĞİNİN HESAPLANMASI VE BİR UYGULAMA Ümit SEYREK Bülent GÜLOĞLU

CaCO3 TAKVİYESİNİN POLİMER MALZEMEDE GERİLME GEVŞEMESİNE ETKİSİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Tülin Şahin[a,1], Şenol Şahin[a,2], Yıldız Yuluğkural[b,3], Nurdan Koca[a]
[1]tulsah@kocaeli.edu.tr
[2]sensah@kocaeli.edu.tr
[3]yildiz.yulugkural@kocaeli.edu.tr

[a] Kocaeli Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, 41380, Kocaeli.
[b] Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, 41380, Kocaeli.

Özet
Plastik malzemeler, yapısal özelliklerinin istenildiği gibi ayarlanabilir olması ve ekonomik olarak elde edilebilmelerinden dolayı günlük yaşamın vazgeçilmez parçaları olmuşlardır. Plastiklerin mekanik özelliklerinin metallerden daha düşük olması nedeniyle üretim teknolojilerinde yeni yöntemler geliştirilerek plastiklere birtakım katkı ve dolgu maddeleri ilave edilmesi sonucunda maliyet ve performans özellikleri gibi hususlarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. CaCO3 minerali ekonomik oluşu, kullanışlığı, geniş partikül dağılımında üretilebilirliği ve mekanik özelliklere katkısı, düşük sertlik gibi avantajları dolayısıyla plastik endüstrisinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.
Polimerler, akma verimi altındaki küçük sayılabilecek gerilimler uzun süreli uygulandığında deformasyona uğrayabilen malzemelerdir. Sürünme adı verilen bu davranış, akma verimine karşılık gelen gerilimlerden daha küçük sabit gerilimlerde, malzemede zamana bağlı gelişen deformasyonlar şeklinde tanımlanır. Bir başka deyişle sürünme, uzun süreli küçük yüklemelerde karşılaşılan soğuk akmadır. Plastik sıvı ve gaz borularında olduğu gibi sabit yük altında çalışan polimer ürünlerde belirlenmiş kullanım süreleri içerisindeki zamana bağlı olarak sürünme dayanımının nasıl değiştiğini bilmek zorunludur.
Mamul üretiminde, süreç parametre ayarlarının doğru belirlenmesi; ortaya konan ürünün verimliliğini, kalitesini ve maliyetini yüksek oranda etkileyen kritik bir işlemdir. Çok sayıda değişkenin etkili olduğu süreçlerde, bu değişkenlerin hangilerinin ürün kalitesi üzerinde en etkili olduğunun, az sayıda deney yaparak belirlenmesi için uygulanan deney tasarımı yöntemleri, kalite teknikleri arasında en sık kullanılanlarıdır. Bu çalışmada, farklı tane boyunda ve farklı dolgu miktarlarında kullanılan kalsiyum karbonat dolgu maddesinin, tespit edilen farklı yükler altında poliolefin grubu malzemelerden olan polipropilenin sürünme özellikleri üzerine olan etkileri deney tasarım yöntemlerinden biri olan Taguchi Metodu ile değerlendirilmekte ve incelenen kalite karakteristiğine göre optimal süreç parametre değerleri ortaya konmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Polimer, Takviye, Kalsiyum karbonat, Sürünme, Taguchi Yöntemi

Giriş
Maddeler dışarıdan üzerlerine uygulanan kuvvetlere farklı yanıtlar verirler ve uygulanan yükün ağırlığına bağlı olarak koparlar, uzarlar, bükülürler, yırtılırlar, kırılırlar veya parçalanırlar. Mekanik özellikler, maddelerin çekme, sıkıştırma gibi dış kuvvetler karşısında gösterdikleri tepkilerin tamamını kapsar. Malzeme aylarca, yıllarca veya saniyelerle ölçülecek kadar kısa süreli yük etkisinde kalabileceği gibi zamanla yükün büyüklüğü de değişebilir [1].
CaCO3 (kalsiyum karbonat) türü katkıların poliolefin borularda kullanımı sayesinde plastik borular lehinde önemli bir kalite avantajı sağlanıp maliyetlerde kayda değer azalmalar ve dolayısıyla da ülke ekonomisine ve ekolojiye katkı sağlamak mümkün olabilmektedir. Ayrıca değişik çalışmalarda CaCO3 (kalsiyum karbonat) ve talkın tatmin edici özelliklerinin ortak olarak etkilerini araştırma amacı ile bu iki dolgunun beraber ilave edildiği hibrit kompozitler üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Leong ve arkadaşlarının 2004 yılında, talk ve CaCO3 (kalsiyum karbonat) dolgulu hibrit kompozitleri üzerine yaptıkları çalışmalarında PP matrisi üzerinde hibrit dolgunun kompozitlerin elastisite modülünü artıran ve dayanımını koruyan çekirdeklendirici etki yaptığını rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmada özelliklerdeki değişimin kompozitte baskın olan dolgunun (oran olarak fazla olan) özelliklerini kazandığını göstermiştir [2].
Polimerik malzemelerin davranışı hem bir katı gibi elastik hem de bir sıvı gibi viskoz davranışın bileşimi şeklindedir. Bu davranış biçimi viskoelastik olarak isimlendirilir. Polimerik malzemelerin mekanik davranışındaki dikkat çeken unsur, malzeme özelliklerine bağımlı olarak zaman ve sıcaklıkla sıkı bir ilişki içinde bulunmasıdır. Bir polimerik malzeme düşük sıcaklık ve yüksek çekme hızında elastik bir davranış sergilerken, yüksek sıcaklık ve düşük çekme hızında kauçuk benzeri toparlanabilir bir davranış sergileyebilir. Çok yüksek sıcaklık seviyelerinde bir sıvı gibi viskoz davranış, orta sıcaklık ve çekme hızı seviyelerinde ise hem camsı hem de kauçuk benzeri bir davranış gösterebilir. Polimerik malzemelerde elastisite modülü zamana bağlı olarak

değişmektedir. Başta elastisite modülü olmak üzere birçok özelliklerin zamana bağlı olarak değişmesi modelleme çalışmalarını güçleştirmektedir.
Tasarım sürecinde deformasyon davranışını tahmin etmek için deneysel sonuçlara ve buna bağlı oluşturulacak matematik modellere ihtiyaç vardır. Bir modelleme esnasında göz önünde tutulması gereken özellikler şunlardır: a) Malzeme davranışı yüksek nonlineer uzama ve sıcaklık bağımlılığına sahiptir, b) Boşaltma eğrileri nonlineerdir, c) Akma davranışı hidrostatik basınç tarafından oldukça etkilidir, d) Sıfır gerilmede toparlanma belirgindir, e) Elastik bölgede sürünme ve gevşeme vardır. [3]
Polimerlerin sürünme düzeyi, polimerlerin kimyasal yapısına, uygulanan yükün büyüklüğüne, sıcaklığa ve yük uygulama zamanına bağlıdır. Zincir hareketleri zor olan polimerlerin sürünme oranı düşüktür. Bu nedenle zincir hareketlerini kısıtlayan yüksek mol kütlesi, kristalite, çapraz bağ, ve zincire sertlik veren yan gruplar sürünmeyi azaltır [1, 4]
Farklı miktarda polipropilen malzemeyi farklı miktarda farklı tane boyutunda katkılandırmak onun içyapısında ve morfolojisinde farklılıklara sebep olur. Bu parametrelere bağlı farklı gerilim miktarlarında viskoelastik alanda deformasyon davranışlarının belirlenmesi, uygulamaya yönelik tasarım parametrelerinin belirlenmesi ile sağlanacaktır.
Bu çalışmanın amacı, genelde boru hammaddesi olarak kullanılan polipropilen malzemelerin CaCO3 ile katkılandırılması sonucunda elde edilen enjeksiyon numunelerine Taguchi deney tasarımı uygulanarak daha az deney sayısı ile optimum sürünme değerlerinin bulunmasıdır. Deney sonuçlarının analizi, polipropilen malzemenin katkılandırma parametreleri ve gerilme miktarına bağlı olarak mekanik davranışlarını ortaya koymaktadır.
Mamul üretiminde, süreç parametre ayarlarının doğru belirlenmesi (eniyilenmesi); ortaya konan ürünün verimliliğini, kalitesini ve maliyetini yüksek oranda etkileyen kritik bir işlem olarak ön plana çıkmaktadır. En uygun mamul üretim süreç parametrelerinin ayarlanmasında üreticilerin geçmiş deneyimlerine dayalı olarak deneme yanılma yöntemiyle sonuç elde etmeye çalışmaları, günümüz rekabet koşulları açısından kabul edilemez bir durumdur. Bu tarz bir yaklaşım dışında çok sayıdaki parametreyi içeren deney koşullarında mümkün tüm kombinasyonların denenmesini gerektiren ve sıklıkla da kullanılan tam faktöriyel tasarımların da zaman ve maliyet açısından verimsiz olmaları, deney sonuçlarının analiz edilmesinde matematiksel iyileştirmelere ihtiyaç duymaları, bunun yanı sıra parametrelerin sonuçlar üzerindeki katkılarının hesaplanmasının çoğunlukla mümkün olmaması gibi bazı mutlak kısıtlamaları bulunmaktadır [5].
Dr. Genichi Taguchi tarafından önerilen Taguchi yöntemi, özellikle deney sonuçları üzerinde etkili olan çok sayıda parametrenin bulunduğu ortamlarda, faktöriyel ve kesirli faktöriyel olarak gerçekleştirilen deneylerin basitleştirilmesi ve standartlaştırılması yoluyla yukarıda da belirtilen bazı sınırlamalarının üstesinden gelmek üzere ortaya konmuş bir istatistiksel yöntemdir [6]. Yöntem, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametrelerin tanımlanmasını ve sistemin performansı üzerinde en büyük etkiye sahip olan parametrelerin, tasarıma ait hedef değerden en az sapmayı sağlayacak şekilde, en uygun kombinasyonlarını ortaya koymak üzere bir takım denemelerin gerçekleştirilmesini içermektedir [7].
Dolayısıyla, deney tasarımı yöntemlerinde sistemi etkileyen tüm faktörler ele alındığı zaman dahi, normalde sistemdeki bir faktörü düzeltmekle elde edilebilecek fayda yerine, bir kaç faktörde küçük değişiklikler yaparak toplamda daha çok fayda sağlanabilirken, [7] hem zaman kayıplarına hem de maliyet artışlarına neden olmadan üretim kusurlarını azaltmak mümkün olmaktadır.

Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi

Robust tasarım, düşük ürün geliştirme ve imalat maliyetleriyle yüksek kalitede ürünler üretmek için farklı nedenlerden kaynaklanan değişkenliklere karşı en az duyarlı ürün ve süreç koşulları elde etmeye yönelik bir mühendislik metodolojisidir. Taguchi parametre tasarımı robust tasarımın gerçekleştirilmesi için önemli bir araçtır. Bu yöntem, tasarımı performans, kalite ve maliyet açısından eniyilemek amacıyla basit ve sistematik bir yaklaşım önermektedir. Robust tasarımda kullanılan iki önemli araç:

1. Kaliteyi değişkenlik esasına göre ölçen(değerlendiren) sinyal gürültü oranı,
2. Birçok tasarım faktörünü eş zamanlı olarak dikkate alan orthogonal diziler [8, 9].

Tam faktöryel tasarım gibi bir geleneksel deney tasarımı, sonuç üzerinde etkili bir çok deney parametresinin bulunduğu durumlarda çok sayıda deneyin yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle böyle bir yöntem hem zaman alıcı hem de pahalı olmaktadır. Bu tür bir sakıncanın ortadan kaldırılması amacıyla Taguchi yöntemi deney tasarımının gerçekleştirilmesinde deney sayısında önemli ölçüde azalma temin eden uygun ortagonal diziler kullanır [10].
Deney Tasarımı (DOE) yöntemlerinden biri olan Taguchi yaklaşımı, bazı özel uygulama prensiplerine sahiptir. Taguchi yöntemi, çıktı değerlerinin bir çok faktöre (değişkene, girdi faktörlerine) bağımlı olduğu süreçlerin araştırılmasında, yorucu ve ekonomik olmayan mümkün tüm kombinasyonların denenmesini gerektirmeyen, deney düzeneklerinin oluşturulması ve sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlayan bir tekniktir.

Taguchi yönteminde gerçekleştirilmek istenen tasarım, verilen koşullar altında en iyi performans değerinin seçimi ile sonuçlandırılır [11].
Taguchi'nin deney tasarımı yöntemi, ortalamayı hedef seviyede tutarken minimum standart sapmaya (değişkenlik) ulaşmayı sağlayan en iyi faktör seviye kombinasyonlarını ortaya koymayı sağlayan etkili bir yaklaşımdır. Yeterli deneysel veri ile ürün veya süreç tasarımının ve sistemin performansını geliştirebilen en etkili problem çözme aracıdır. Taguchi, permutasyon ve kombinasyon matrislerinin mümkün en kısası olan ortagonal dizilerin kullanımını önermektedir. Yöntemin amacı, performans üzerinde aynı anda etkili olan tüm parametrelerin ve parametreler arası etkileşimlerin eş zamanlı olarak incelenebilmesidir. Taguchi yöntemine göre; S/N değeri sinyal (çıktı özelliklerinin ortalaması olan arzu edilen değer) ve gürültünün (çıktı özellikleri için sapmaların karesi olan arzu edilmeyen değer) oranıdır. Sinyal ve gürültü birimleri desibel (dB) cinsindendir. S/N oranı, kalite karakteristiklerini ölçmek için kullanılır.
Sonuç üzerinde etkili olan her bir parametrenin en iyi seviyesinin belirlenmesi işlemi en yüksek S/N oranı dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir [12].
Taguchi'ye göre kalite kayıplarının hesaplanmasında aşağıdaki üç formül kullanılır:

$$L_{ij} = \frac{1}{n_i}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \qquad \text{(daha küçük daha iyi yanıtı için)} \qquad (1)$$

$$L_{ij} = \frac{1}{n_i}\sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \qquad \text{(daha büyük daha iyi yanıtı için)} \qquad (2)$$

$$L_{ij} = \left(\frac{s_{ij}}{\bar{y}_{ij}}\right) \qquad \text{(nominal en iyi yanıtı için)} \qquad (3)$$

Verilen formüllerde,
L_{ij} = j. denemede i. yanıtın kalite kaybı
y_{ijk} = k. tekrar ve j. denemede i. yanıt için gözlenen veri
n_i = i. yanıtın tekrar sayısı
Buradan sinyal gürültü oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$S/N_{ij} = -10\log_{10} L_{ij} \qquad (4)$$

Deney Metodolojisi
Araştırma için Borealis A/S firmasından alınan natürel polipropilen esaslı hammaddeler kullanılmıştır. Polipropilenin (PP) özel bir türü olan polipropilen blok kopolimer, PP-B veya Tip-2 olarak ta bilinen malzeme, boru üretiminde hammadde olarak kullanılan granül şeklinde temin edilmiştir. Granül halde bulunan PP-B hammaddelerine ilave edilecek olan mineral dolgular Mikron's Mikronize Mineral Endüstrisi Tic. A.Ş, Mikro Mineral Endüstriyel Mineraller A.Ş. ve Omya Madencilik A.Ş şirketlerinden farklı tane boyutu çeşitlerinde temin edilmiştir.
Granül haldeki PP-B malzemeler, TSE'nin TS 1149-1 (1978) numaralı standardı dikkate alınarak, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle ilgili deneylere ait deney numuneleri üretilmiştir. Enjeksiyon numunelerinin üretiminde Bursa'da yerleşik EMAŞ Plastik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi bünyesinde bulunan ARBURG ALLROUNDER Enjeksiyon makineleri firmasına ait 370 CMD Model Enjeksiyon Makinesi kullanılmıştır. Bu deneyin amacı farklı büyüklükte kalsiyum karbonat katkısının farklı gerilmelerde PP malzemenin zorlanma ve sürünme özelliklerine olan etkisini incelemektir. Deneyler Zwick Z250 marka çekme makinası ile 10 KN' luk gerilme uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Hacimce % 10, 15, 17,5 ve 20 oranlarında ve farklı tane boyutlarında (1G, 5G) CaCO3 katılarak oluşturulan Polipropilen malzemeden yapılmış deney numuneleri ile gerçekleştirilen deneyler, Taguchi deney tasarım yöntemi tarafından ortaya konulan uygun deney düzeneği kullanılarak, E-3 1/sn çekme hızında ve iki farklı gerilme altında (8 MPa ve 16 MPa) 600 sn sürünme zamanında gerçekleştirilmiştir. Buna göre farklı gerilme değerlerinde elde edilen zorlanma ve sürünme değerleri kayıt edilmiştir. Bütün testler 23±1 °C oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.
Deney sonuçları üzerinde etkili olduğu düşünülen hacimce % dolgu miktarı, gerilme değeri ve tane boyutu parametrelerinin Taguchi deney tasarımı yöntemi ile incelenebilmesi amacı doğrultusunda öncelikle uygun bir deney deseninin belirlenmesi sağlanmıştır. Mevcut çalışmada incelenen süreç parametrelerinden dolgu miktarının (A) 4, yük miktarının (B) 2 ve kalsiyum karbonat ortalama tane boyunun (C) 2 farklı seviyede ele alınması nedeniyle Taguchi L_8 ($4^1 * 2^2$) karma seviyeli tasarım (mixed level design) düzeneği tercih edilmiştir. Tablo 1., gerçekleştirilen çalışmaya ait 3 tekrarlı deneysel sonuçları göstermektedir.

Tablo 1. PP/$CaCO_3$ kompozitlerin sürünme özellikleri değerlendirmesinde Taguchi L_8 (4^1* 2^2) karma seviyeli tasarım düzeneği

Deney Sırası	Hacimce % Dolgu miktarı (A)	Gerilme (B)	Tane Boyu (C)	600s Sürünme	Ortalama
1	10	8	1,65	0,15	0,16
2	10	8	1,65	0,17	
3	10	8	1,65	0,16	
4	10	16	5	1,13	1,12
5	10	16	5	1,12	
6	10	16	5	1,11	
7	15	8	1,65	0,15	0,15
8	15	8	1,65	0,15	
9	15	8	1,65	0,15	
10	15	16	5	0,95	0,98
11	15	16	5	0,99	
12	15	16	5	0,99	
13	17,5	8	5	0,17	0,16
14	17,5	8	5	0,16	
15	17,5	8	5	0,16	
16	17,5	16	1,65	0,74	0,73
17	17,5	16	1,65	0,7	
18	17,5	16	1,65	0,76	
19	20	8	5	0,14	0,15
20	20	8	5	0,15	
21	20	8	5	0,15	
22	20	16	1,65	0,64	0,64
23	20	16	1,65	0,63	
24	20	16	1,65	0,65	

Tablo 2., Taguchi deney tasarımı yöntemiyle gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre Minitab 16 paket programı vasıtasıyla ortalama sürünme değerleri için tahmin edilen regresyon denklemi katsayılarını vermektedir. Modelin uygunluğunun test edilebilmesi amacıyla Varyans Analizi gerçekleştirilmiştir. Tabloya göre incelenen parametrelerin malzemeye ait sürünme değerleri üzerindeki etkileri 5% önem düzeyi ve 95% güven aralığında değerlendirilmiştir. Tablo 3.'de verilen Varyans Analizi sonuçlarına göre dolgu miktarı (A) ve yük miktarı (B) parametrelerinin anlamlı bir etkisi olduğu ($P < 0,05$) ancak, ortalama tane boyu (C) parametresinin $P > 0,05$ olması nedeniyle incelenen kalite karakteristiği üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Yine incelenen kalite karakteristiğindeki değişkenliği en çok açıklayan parametrenin P = 0,001 değeri ile yük miktarı olduğu söylenebilmektedir. Modele ait R-Sq = 99,9% ve R-Sq(adj) = 99,6% istatistik değerleri, ortaya konan modelin sürünme değerlerindeki değişkenliği açıklamak konusunda oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

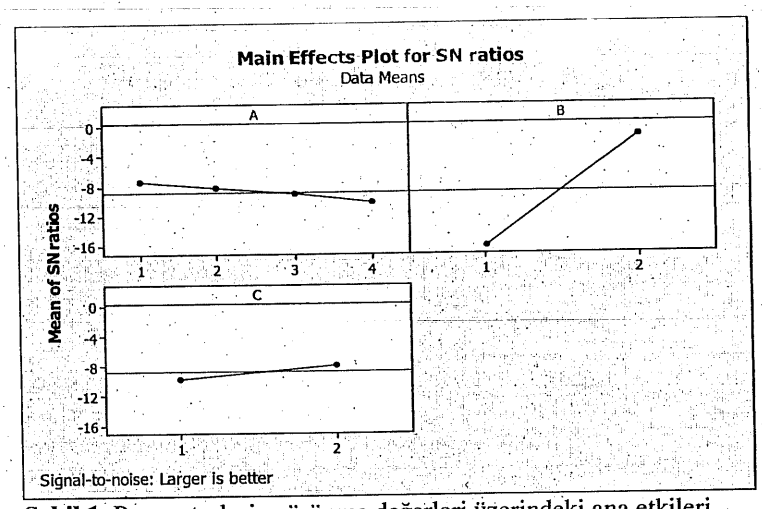
Tablo 2. Ortalamalar için tahmini model katsayıları

Terim	Katsayı	SE Katsayı	T	P
Sabit	0,685417	0,006250	109,667	0,000
A 1	0,092917	0,010825	8,583	0,013
A 2	0,032917	0,010825	3,041	0,093
A 3	-0,038750	0,010825	-3,580	0,070
B 1	-0,263750	0,006250	-42,200	0,001
C 1	-0,007917	0,006250	-1,267	0,333
S = 0,01768	R-Sq = 99,9%		R-Sq(adj) = 99,6%	

Tablo 3. Modele ait Varyans Analizi Sonuçları

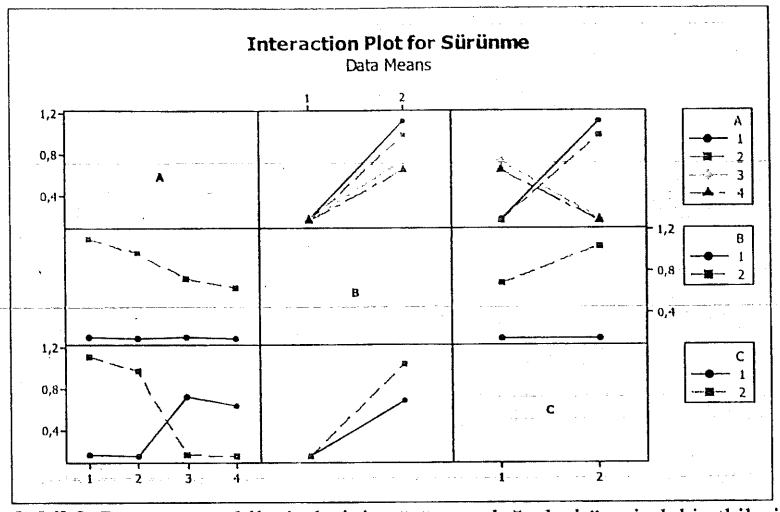
Kaynak	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	3	0,037604	0,037604	0,012535	40,11	0,024
B	1	0,556512	0,556512	0,556512	1780,84	0,001
C	1	0,000501	0,000501	0,000501	1,60	0,333
Artık Hata	2	0,000625	0,000625	0,000313		
Toplam	7	0,595243				

Deneysel çalışmalarla elde edilen sürünme değerlerinin Minitab 16 paket programı ile gerçekleştirilen analizlere ait sonuçlar Şekil 1., Şekil 2. ve Şekil 3.'de görülmektedir. Şekil 1., incelenen parametrelerin sürünme değerleri S/N oranı üzerindeki ana etkilerini göstermektedir. Şekil 1.'e göre, CaCO3 dolgu maddesinin artan oranları sürünme değerlerini azaltıcı yönde etki ederken diğer iki parametre olan yük miktarı ve dolgu maddesi ortalama tane boyunun daha yüksek seviyeleri sürünme değerlerini arttırıcı yönde etki etmektedir. CaCO3 dolgulu polipropilen kompozit malzemesinin sürünme değerleri üzerinde en büyük etkiye sahip olan parametrenin yük olduğu Şekil 1.'den görülmektedir. CaCO3 miktarı yükten sonra sürünmeyi en fazla etkileyen ikinci değişkendir. CaCO3 miktarı arttıkça ortalama sürünme değeri azalmaktadır. Sürünme değerinin arttırılabilmesi için CaCO3 hacimce %10'luk dolgu oranında kullanılması gerektiği söylenebilmektedir.



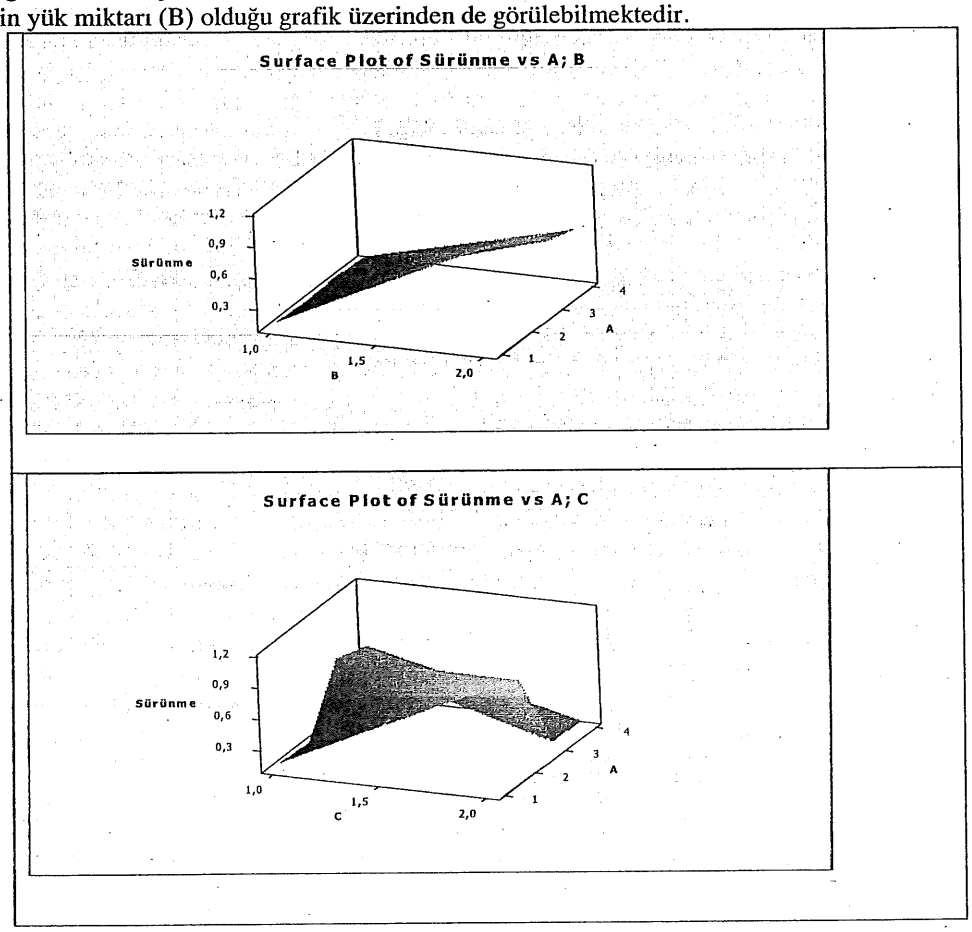
Şekil 1. Parametrelerin sürünme değerleri üzerindeki ana etkileri

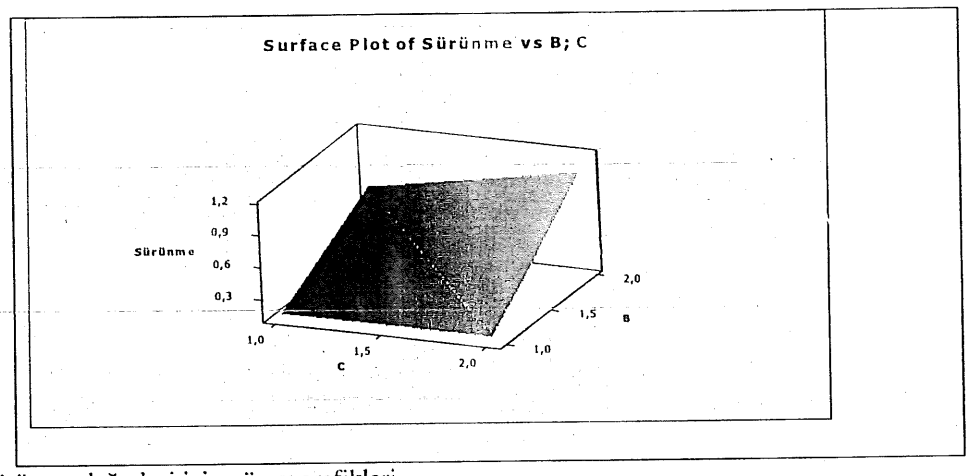
Şekil 2. hem incelenen parametrelerin sürünme değerleri üzerindeki ana etkilerini hem de parametreler arası etkileşimlerin etkilerini göstermektedir. Şekil 2.'ye göre, 8 MPa yük altında CaCO3 dolgu maddesinin sürünme değerleri üzerinde belirgin bir etkisi görülmezken 16 MPa yük altında dolgu maddesinin artan oranlarının sürünme değerlerini azaltıcı yönde etki ettiği görülmektedir. Yine dolgu maddesi ortalama tane boyunun 1G olarak seçilmesi durumunda yüzde 17,5 ve 20 dolgu miktarı oranlarında sürünme değerlerinde belirgin bir artış gözlenmekteyken, ortalama tane boyunun 5G olarak tercih edildiği durumda ise sürünme değerlerini arttırabilmek için dolgu miktarının yüzde 10 ve 15 olarak seçilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Yük miktarı (B) ve dolgu maddesi ortalama tane boyu (C) parametreleri arasındaki etkileşim incelendiğinde ise yük miktarının 8 MPa olduğu durumda seçilen ortalama tane boyunun malzemenin sürünme değerini etkilemediği, ancak 16 MPa yük altında 5G ortalama tane boylu dolgu maddesinin sürünme değerlerini arttırıcı etkisi olduğu görülebilmektedir. Yine CaCO3 dolgulu polipropilen kompozit malzemesinin sürünme değerleri üzerinde en büyük etkiye sahip olan parametre etkileşimlerinin, seviyeler arasındaki değişimleri ortaya koyan eğrilerin birbirini kesen yapıda olmasından dolayı, dolgu miktarı(A) ve ortalama tane boyu(C) olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 2. Parametre etkileşimlerinin sürünme değerleri üzerindeki etkileri

Şekil 3.'te görülen yüzey kontur grafiği de ikili karşılaştırmalar şeklide incelenen parametrelere bağlı hem ana hem de etkileşim etkilerinin deneysel olarak incelenen kalite karakteristiği üzerindeki etkilerini açıklamakta kullanılabilmektedir. Buna göre malzemeye ait sürünme değeri kalite karakteristiğinin her bir parametrenin hangi seviyesinde daha iyi değerlere ulaştığı ve hangi parametreler arası etkileşimlerin sonuç üzerinde belirgin değişimler yarattığı görülebilmektedir. Yüzey grafiğinde görülen eğrilerin doğrusallıktan uzaklaşma derecesi parametreler arası etkileşimin artışına işaret etmektedir. Bu açıklamalar doğrultusunda dolgu miktarı (A) ve ortalama tane boyu (C) parametreleri arasındaki etkileşimin deney sonuçları üzerinde çok belirgin şekilde etkili olduğunu söylemek mümkün olmaktadır. Şekil 3. üzerinde yük miktarı (B) ve dolgu miktarı (A) parametrelerinin $CaCO_3$ dolgu malzemesi ile takviyeli polipropilen malzemenin sürünme değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra uygulanan yük miktarının (B) ele alınan farklı seviyelerinde sürünme değerinde oldukça anlamlı artışlar gözlendiği dikkat çekmektedir. Dolayısıyla en anlamlı etkiye sahip parametrenin yük miktarı (B) olduğu grafik üzerinden de görülebilmektedir.





Şekil 3. Sürünme değerleri için yüzey grafikleri

Sonuç ve Öneriler

Gerçekleştirilen deneysel çalışma ile $CaCO_3$ takviyeli polipropilen malzemelerin sürünme davranışının, tespit edilen farklı yük değerleri ve dolgu maddesi parametrelerine bağlı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda analizlerin gerçekleştirilmesi esnasında Taguchi deney tasarımı yönteminden yararlanılmış ve deney sayısının yarı yarıya azaltılması sağlanmıştır. Tercih edilen yöntemin analiz sonuçlarına göre incelenen süreç parametrelerinin hem ana etkileri hem de ikili olarak etkileşimlerinin etkileri ortaya konmuştur. İncelenen kalite karakteristiğinin (sürünme değerinin) eniyilenebilmesi doğrultusunda gerekli parametre seviyesi ayarlamasının $A_1B_2C_2$ olması gerektiği tespit edilmiştir. Analizler sonucu ortaya konulan parametre ayarlarının doğruluğunun test edilebilmesi amacıyla kontrol deneyleri gerçekleştirilmiş ve sürünme değerleri açısından tatmin edici sonuçlara ulaşılabildiği görülmüştür.

İnceleme konusu ile ilgili olarak gerçekleştirilebilecek sonraki çalışmalarda kompozit malzemenin sürünme değerleri dışında, sürünmeye başlama noktası ve/veya maksimum uzama gibi farklı kalite karakteristiklerinin de incelemeye dahil edilmesi ve gerek tek tek gerekse ikili ve üçlü olarak eniyileme amaçlı analizlerin gerçekleştirilmesi mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

[1] Sacak, M., (2005). Polimer Teknolojisi, **Gazi Kitabevi**, 389-402, 97-134.

[2] Karcan, H.E., (2007). "Mineral dolgu maddeleri ile polipropilen boruların kısa süreli iç basınç performans özelliklerinin optimasyonu", Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**.

[3] Düşünceli, N., (2007). "Polimerik Malzemelerin Viskoelastikviskoplastik Davranışlarının Belirlenmesi Ve Modellenmesi", Doktora Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,** 15-25.

[4] Koca, N., (2007). "Dolgu Maddeli Polimer Malzemelerin Taguchi Yöntemi İle Performans Optimizasyonu" ", Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**.

[5] Roy, R.K., (1990). A Primer on the Taguchi Method. **Van Nostrand Reinhold**, New York.

[6] Yanga, K., Teoa, E.C., Fus, F.K., (2007). "Application of Taguchi method in optimization of cervical ring cage", **Journal of Biomechanics**, 40, 3251–3256.

[7] Montgomery, D.C., (1997). Design and Analysis of Experiments, Fourth ed., **Wiley**, New York.

[8] J.A. Ghani, I.A. Choudhury, H.H. Hassan, 2004. "Application of Taguchi method in the optimization of end milling parameters", **Journal of Materials Processing Technology**, 145, 84–92.

[9] Hsin-Hsi Lai, Yu-Ming Chang, Hua-Cheng Chang, 2005. "A robust design approach for enhancing the feeling quality of a product: a car profile case study", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 35, 445–460.

[10] Chang-Chiun Huang · Tsann-Tay Tang, 2006. "Parameter optimization in melt spinning by neural networks and genetic algorithms", **Int J Adv Manuf Technol,** 27, 1113–1118.

[11] L.A. Dobrzañski, J. Domaga, J.F. Silva, 2007. "Application of Taguchi method in the optimisation of filament winding of thermoplastic composites", **Archives of Materials Scienceand Engineering**, 28(3), 133-140.

[12] Chandra Mouli, K.V.V., Srinivas, J., Subbaiah, K.V., 2006. "Optimisation and Output Forecasting using Taguchi-Neural Network Approach", **IE(I) Journal–PR**, 86, 54-57.