

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANOLİF TAKVİYE EDİLMİŞ GERİDÖNÜŞÜM DOKUSUZ YÜZEY
KUMAŞLARIN SES YUTUM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ayşe ÖZKAL

**Danışman
Doç. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU**

**DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Ayşe ÖZKAL]

TEZ ONAYI

Ayşe ÖZKAL tarafından hazırlanan "Nanolif Takviye Edilmiş Geridönüşüm Dokusuz Yüzey Kumaşların Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

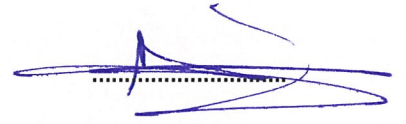
Danışman

Doç. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi

.....

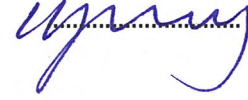

Jüri Üyesi

Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Süleyman Demirel Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa YAVUZ
Süleyman Demirel Üniversitesi

.....


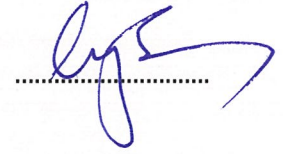
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ümit Halis ERDOĞAN
Dokuz Eylül Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem AKDUMAN
Pamukkale Üniversitesi

.....


Enstitü Müdürü


Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ayşe ÖZKAL



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Nanolifler.....	3
1.1.1. Nanolif üretim yöntemleri.....	4
1.1.1.1. Elektro lif çekimi ile nanolif üretimi.....	5
1.1.1.2. Elektro lif çekimine etki eden parametreler.....	7
1.1.2. Nanolif uygulama alanları.....	9
1.1.2.1. Nanoliflerin akustik uygulamaları.....	9
1.1.2.2. Nanoliflerin kompozit uygulamaları.....	10
1.2. Dokusuz Yüzeyler.....	11
1.2.1. Dokusuz yüzeylerin üretim yöntemleri.....	12
1.2.1.1. İğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeyler.....	12
1.2.2. Dokusuz yüzey uygulama alanları.....	13
1.2.2.1. Dokusuz yüzeylerin akustik uygulamaları.....	13
1.2.2.2. Dokusuz yüzeylerin kompozit uygulamaları.....	14
1.3. Geri Dönüşümün Önemi.....	15
1.4. Akustik ve Ses.....	17
1.4.1. Bazı temel kavramlar.....	17
1.4.1.1. Ses dalgası.....	17
1.4.1.2. Dalga boyu.....	18
1.4.1.3. Frekans.....	19
1.4.1.4. Periyot.....	19
1.4.1.5. Empedans.....	20
1.4.1.6. Ses basıncı.....	21
1.4.1.7. Oktav.....	22
1.4.2. İnsan kulağının duyabileceği frekanslar.....	23
1.4.3. Gürültü.....	23
1.4.4. Ses yalıtımı.....	24
1.4.5. Ses yutum mekanizması.....	24
1.4.6. Ses yutum katsayısı.....	25
1.4.7. Ses yutum katsayısını etkileyen faktörler.....	26
1.4.7.1. Hava akış direnci.....	26
1.4.7.2. Hava geçirgenliği.....	27
1.4.7.3. Kalınlık.....	27
1.4.7.4. Gözeneklilik.....	28
1.4.7.5. Eğrilik.....	29
1.4.7.6. Sıkıştırma.....	30
1.4.7.7. Görünür yoğunluk.....	30
1.4.7.8. Alansal yoğunluk (gramaj).....	31
1.4.7.9. Elyaf boyutları.....	31

1.4.8. Ses yutum katsayısının ölçümü.....	31
1.4.8.1. Gürültü azaltma katsayısı	33
1.4.9. Ses yutum malzemeleri.....	33
1.4.9.1. Rezonans ses yutum malzemeleri.....	35
1.4.9.2. Gözenekli ses yutum malzemeleri.....	37
1.4.9.2.1. Tekstil ses yutum malzemeleri.....	38
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	43
2.1. Nanolifler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları.....	43
2.2. Dokusuz Yüzeyler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları.....	46
2.3. Kompozitler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları.....	50
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	59
3.1. Materyal.....	59
3.2. Yöntem.....	59
3.2.1. Nanolifli yüzey üretimi.....	61
3.2.1.1. Çözeltilerin hazırlanması.....	62
3.2.1.2. Çözeltilerin viskozitelerinin belirlenmesi.....	62
3.2.1.3. Çözeltilerin yüzey gerilimlerinin belirlenmesi.....	63
3.2.1.4. Çözeltilerin pH değerlerinin belirlenmesi.....	64
3.2.1.5. Çözeltilerin katı madde oranlarının belirlenmesi.....	65
3.2.1.6. Çözeltilerin elektrik iletkenlik değerlerinin belirlenmesi.....	65
3.2.1.7. Nanolif üretimi.....	66
3.2.1.8. Nanolif SEM görüntülerinin alınması.....	67
3.2.1.9. Nanolif toplama süresi optimizasyonu.....	68
3.2.1.10. Nanolif gramajlarının belirlenmesi.....	69
3.2.2. Dokusuz yüzey ve kompozit yapılar a ait özelliklerin belirlenmesi.....	69
3.2.2.1. Dokusuz yüzey kalınlıklarının belirlenmesi.....	70
3.2.2.2. Dokusuz yüzey gramajlarının belirlenmesi.....	71
3.2.2.3. Dokusuz yüzey hava geçirgenliklerinin belirlenmesi.....	71
3.2.2.4. Dokusuz yüzey ve bazı kompozit malzemelerin SEM karakterizasyonu.....	72
3.2.2.5. Malzeme yapılarının hazırlanması.....	72
3.2.2.6. Numunelerin kodları	72
3.2.3. Ses yutum katsayısı ölçümlerinin yapılması	77
3.2.3.1. Gürültü azaltma katsayılarının hesaplanması.....	79
3.2.3.2. Ortalama ses yutum katsayılarının hesaplanması.....	79
3.2.4. İstatistiksel analizler	79
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	81
4.1. Nanolifli Yüzey Üretimine Ait Analiz Bulguları.....	81
4.1.1. Çözelti özelliklerine ait analiz bulguları.....	81
4.1.2. Nanoliflerin morfolojisine ait bulgular.....	83
4.1.3. Nanolif membran gramajları.....	88
4.2. Dokusuz Yüzey ve Kompozit Yapılara Ait Analiz Bulguları.....	89
4.2.1. Dokusuz yüzeylere ait fiziksel özelliklerin analizi.....	89
4.2.2. Dokusuz yüzeylere ait SEM görüntüleri.....	90
4.2.3. Kompozit yapılar a ait SEM görüntüleri.....	92

4.2.3.1. Nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri.....	93
4.2.3.2. Sandviç yapılara ait enine kesit SEM görüntüleri.....	94
4.3. Ses Yutum Katsayısı Ölçüm Sonuçlarının Analizi.....	96
4.3.1. Dokusuz yüzeylere ait gürültü azaltma katsayısı sonuçları...	97
4.3.1.1. Dokusuz yüzey hava geçirgenliği-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi.....	101
4.3.1.2. Dokusuz yüzey gramajı-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi.....	102
4.3.1.3. Dokusuz yüzey kalınlığı-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi.....	103
4.3.1.4. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine çoklu etkisi.....	104
4.3.2. Nanolif toplama süresine ait optimizasyon bulguları.....	105
4.3.3. Nanolif üretim süresinin ses yutumuna etkisi.....	109
4.3.3.1. Nanolif üretim süresinin nanolif membranlarda ses yutumuna etkisi.....	110
4.3.3.2. Nanolif üretim süresinin nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylerde ses yutumuna etkisi.....	113
4.3.3.3. Nanolif üretim süresinin sandviç yapılarda ses yutumuna etkisi.....	131
4.3.4. Nanolif çapının ses yutumuna etkisi.....	153
4.3.4.1. Nanolif çapının nanolif membranlarda ses yutumuna etkisi.....	154
4.3.4.2. Nanolif çapının kompozit numunelerde ses yutumuna etkisi.....	157
4.3.4.2.1. Nanolif çapının 5 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi.....	158
4.3.4.2.2. Nanolif çapının 20 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi.....	167
4.3.4.2.3. Nanolif çapının 60 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi.....	175
4.3.4.2.4. Nanolif çapının 120 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi.....	184
4.3.5. Malzeme yapısının ses yutumuna etkisi.....	192
4.3.5.1. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltilisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	195
4.3.5.2. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltilisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	206
4.3.5.3. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltilisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	214

4.3.5.4. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	224
4.3.5.5. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	234
4.3.5.6. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	243
4.3.5.7. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	253
4.3.5.8. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi.....	263
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	273
KAYNAKLAR.....	277
EKLER.....	289
EK A. Nanolif üretim süresinin gürültü azaltma katsayısına etkisi ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları.....	290
EK B. Nanolif çapının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait bağımsız t testlerinin SPSS çıktıları.....	303
EK C. Malzeme yapısının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları..	316
ÖZGEÇMİŞ.....	340

ÖZET

Doktora Tezi

NANOLİF TAKVİYE EDİLMİŞ GERİDÖNÜŞÜM DOKUSUZ YÜZEY KUMAŞLARIN SES YUTUM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayşe ÖZKAL

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU

Bu tez çalışmasında, polyester tekstil atıklarından (250, 500 ve 1000 g/m²) ve polyester atık şişelerden (250, 500 ve 750 g/m²) iğneleme yöntemi ile geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeylere elektro lif çekim prosesi ile üretilen poliüretan (PU) nanolifler takviye edilerek hem gürültü hem de atık problemlerine çözüm olması amacıyla kompozit ve sandviç malzemeler üretilmiştir. Nanolif üretim optimizasyonu çalışmaları neticesinde seçilen % 13 ve % 15 PU konsantrasyonlarından sırasıyla 296,5 ve 509, 9 nm çaplarında farklı sürelerde üretilen nanoliflerin takviye edilmesi ile elde edilen malzemelerin ses yutum katsayısı (SYK) değerleri ölçülerek gürültü azaltma katsayıları (GAK) hesaplanmıştır. Malzeme yapısının, nanolif çapının ve nanolif üretim süresinin SYK ve GAK üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik, kalınlık ve gramajları ile GAK değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nanolifler daha düşük frekans aralıklarında dokusuz yüzeylerden daha etkili ses yutumu sağlamıştır. Düşük frekanslarda ince nanoliflerin, yüksek frekanslarda ise kalın nanoliflerin SYK değerlerinin daha yüksek ölçülmesi neticesinde ince nanoliflerin GAK değerleri daha yüksek bulunmuştur. Malzeme kalınlığı ve nanolif membran kalınlığı arttıkça daha düşük frekanslarda daha etkili ses yutumu sağlanmıştır. Nanolif takviyesi ile elde edilen kompozit yapıların bazılarının GAK değerlerinde %100'den fazla artış elde edilirken sandviç yapılarda daha az yükselme hatta bazı malzemelerin GAK değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Nanolif takviyesi sonucunda şişe atıklarından elde edilen dokusuz yüzeyler üzerinde tekstil atıklarından üretilenlere göre GAK değerlerinde daha fazla artış görülmüştür. GAK değeri 0,205 olan H250 kodlu dokusuz yüzeye 15120 kodlu nanolif takviyesi ile elde edilen H250-15120 numunesinin GAK değeri % 112,9 artarak 0,437'ye ulaşmıştır. Bu tez çalışması neticesinde üretilen malzemelerin atıklara katma değeri daha yüksek bir kullanım alanı bulma potansiyeli ile ekonomiye, çevreye ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ses yutumu, nanolif, dokusuz yüzey, iğneleme, nano kompozit, PET şişe, geridönüşüm

2019, 341 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF NANOFIBER REINFORCED RECYCLED NONWOVEN FABRICS' SOUND ABSORPTION PROPERTIES

Ayşe ÖZKAL

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU

In this thesis, recycled needled nonwoven surfaces, obtained from polyester textile wastes (250, 500 and 1000 g/m²) and polyester waste bottles (250, 500 and 750 g/m²), were reinforced with electrospun polyurethane (PU) nanofibers to form composite and sandwich materials in order to overcome both noise and waste problems. As a result of nanofiber production optimization studies, 296.5 and 509.9 nm diameter nanofibers were produced from the selected 13% and 15% PU concentrations, respectively. These nanofibers were produced for different time periods to reinforce the nonwovens. Sound absorption coefficients (SAC) of the produced materials were measured and noise reduction coefficients (NRC) were calculated. The effects of material structure, nanofiber diameter and nanofiber production time on SAC and NRC values were investigated. In addition, the relationship between air permeability, thickness and weight of nonwovens and NRC values were investigated. According to the results, nanofibers provided more effective sound absorption than nonwoven surfaces in lower frequency ranges. SAC values for thicker nanofibers were measured higher than that of finer nanofibers however SACs for finer nanofibers were higher at lower frequency ranges resulting in higher NRCs for finer fibers. As the material thickness and nanofiber membrane thickness increased, more effective sound absorption was provided at lower frequencies. While the NRC values of some of the composite structures obtained by nanofibre reinforcement were increased by more than 100%, it was found that the sandwich structures had a smaller increase or even a decrease in the NRC values of some materials. As a result of nanofibre reinforcement, NRC values of nonwoven surfaces obtained from bottle wastes increased more than those produced from textile wastes. The NRC value of H250-15120 obtained by the addition of 15120 coded nanofiber to the nonwoven surface with a value of 0.205 has increased by 112.9% to 0.437. It is thought that the materials produced in this thesis have the potential to contribute to economy, environment and sustainability with the advantage of finding a higher value added usage areas to wastes.

2019, 341 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın ilerleme sürecine büyük katkılarda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL ve Doç. Dr. Ümit Halis ERDOĞAN'a, nanolif üretim aşamasında düzeneğin kurulmasına katkıda bulunan ve kendisinden almış olduğum pozitif enerji ile motive olduğum Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem AKDUMAN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca kıymetli vakitlerinden ayırarak destek olan Prof. Dr. Sema PALAMUTCU, Prof Dr. Yüksel İKİZ, Prof. Dr. Cemal MERAN, Doç. Dr. Burcu ATAR ve Dr. Öğr. Üyesi Reyhan KESKİN ve Tekstil Yüksek Mühendisi Hülya KESİCİ GÜLER'e teşekkürü borç bilirim.

Tezin konusunu oluşturan ses yutumu ile ilgili testler için kapılarını bize açarak yüzlerce ölçüm yapmama müsaade eden HIFYBER HIGH PERFORMANCE NANOFIBERS Şirketi adına başta Beyza ABALIOĞLU ÇAPUTÇU olmak üzere yardım ve desteklerini esirgemeyen Volkan DEMİREL, Bedriye TOPAL ve Buket GÜLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunar, HIFYBER Şirketi'nin bu tez çalışmasının ortaya çıkmasındaki payının çok büyük olduğunu vurgulamak isterim. Ayrıca geridönüşüm dokusuz yüzeyleri temin ettiğimiz HASSAN TEKSTİL AŞ'ne ve K&G KARATEKE KEÇE VE GEOTEKSTİLLER'e, ses yutum katsayısı ölçümlerinde kullanılmak üzere çalışma için yaptıkları sarf malzemeler için DOĞRAR METAL AŞ'ne çok teşekkür ederim.

4891-D2-17 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL'a ve kendilerine ayırmam gereken zamanı tezim için kullanmamı sabır ve anlayışla karşılayan canım yavrularım Ahmet Selim, Mehmet Eren ve Kerem Yiğit'e sonsuz sevgilerimi sunarım.

Ayşe ÖZKAL
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Nanoliflerin incelik bakımından kıyaslanması (a: nanolif çapının mikro lif ve konvansiyonel lif ile kıyaslanması, b: saç telinin nanolif çapı ile kıyaslanması).....	4
Şekil 1.2. 2005-2019 yılları arasında elektro lif çekimi ile ilgili yapılan yayın sayısı (2019*: 22.06.2019'a kadar).....	6
Şekil 1.3. Elektro lif çekim düzeneğinin şematik gösterimi.....	7
Şekil 1.4. Ses dalgasının hareketi.....	18
Şekil 1.5. Sinüs dalgasının şematik gösterimi.....	19
Şekil 1.6. Ses yutumunun şematik gösterimi.....	25
Şekil 1.7. Ses yutum katsayısı ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi.....	32
Şekil 1.8. Panel yutucu (a) ve Helmholtz yutucu (b) şematik gösterimi.....	36
Şekil 1.9. Rezonans frekansında nanolifli membranın titreşimi.....	36
Şekil 1.10 Katı bir malzemenin şematik enine kesit görüntüsü.....	37
Şekil 1.11. Bazı gözenekli ses yutucu malzemeler (a: hücreli, b: parçacıklı, c: lifli).....	38
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan viskozimetre.....	63
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan yüzey gerilim ölçme cihazı.....	64
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan pH ölçüm cihazı.....	64
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan katı madde oranı tayin cihazı.....	65
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan elektrik iletkenlik ölçme cihazı.....	66
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan elektro lif çekim düzeneği.....	67
Şekil 3.7. Elektro lif çekim düzeneğine ait yüksek güç kaynağı (a) ve şırınga pompası (b).....	67
Şekil 3.8. Gramajı hesaplanmak üzere kesilen nanolifler (a) ve ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazi (b)	69
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan dijital kalınlık ölçer.....	70
Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan hava geçirgenlik ölçüm cihazı.....	71
Şekil 3.11. Ses yutum katsayısı ölçümlerinde kullanılan cihaz.....	78
Şekil 3.12. Ses yutum katsayısı ölçümü için hazırlanan numuneler.....	78
Şekil 4.1. PU çözeltilerine ait viskozite-elektrik iletkenliği (a) ve viskozite-yüzey gerilimi (b) grafikleri.....	82
Şekil 4.2. % 12 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)	84
Şekil 4.3. % 12 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait histogram.....	84
Şekil 4.4. % 13 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)	85
Şekil 4.5. % 13 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait histogram.....	85
Şekil 4.6. % 14 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$).....	86
Şekil 4.7. % 14 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait histogram.....	86
Şekil 4.8. % 15 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)	87
Şekil 4.9. % 15 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflere ait histogram.....	87
Şekil 4.10. A250 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	90

Şekil 4.11. A500 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	90
Şekil 4.12. A1000 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	91
Şekil 4.13. H250 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	91
Şekil 4.14. H500 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	92
Şekil 4.15. H750 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)	92
Şekil 4.16. A250 kodlu bazı nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)	93
Şekil 4.17. H250 kodlu bazı nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)	94
Şekil 4.18. A250 kodlu bazı sandviç yapılara ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)	95
Şekil 4.19. H250 kodlu bazı sandviç yapılara ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)	96
Şekil 4.20. H250, H500, H750, A250, A500 ve A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri	97
Şekil 4.21. H250, H500, H750, A250, A500 ve A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	97
Şekil 4.22. Tek katlı ve iki katlı dokusuz yüzeylerin gürültü azaltma katsayısı ve ortalama ses yutum katsayısı değerleri	100
Şekil 4.23. Hava geçirgenliğinin gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi	101
Şekil 4.24. Gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi	103
Şekil 4.25. Kalınlığın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi	104
Şekil 4.26. 1505, 1510, 1520, 1530, 1560, 1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri	106
Şekil 4.27. 1505, 1510, 1520, 1530, 1560, 1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	107
Şekil 4.28. Süre optimizasyonu için 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık sürelerde üretilen nanoliflere ait gürültü azaltma katsayısı ve ortalama ses yutum katsayısı değerleri	108
Şekil 4.29. 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri	111
Şekil 4.30. 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	111
Şekil 4.31. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri	112
Şekil 4.32. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	112
Şekil 4.33. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri	116
Şekil 4.34. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	116

Şekil 4.35. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	117
Şekil 4.36. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	117
Şekil 4.37. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	118
Şekil 4.38. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	118
Şekil 4.39. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	120
Şekil 4.40. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	120
Şekil 4.41. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	121
Şekil 4.42. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	121
Şekil 4.43. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	122
Şekil 4.44. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	122
Şekil 4.45. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	124
Şekil 4.46. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	124
Şekil 4.47. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	125
Şekil 4.48. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	125
Şekil 4.49. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	126
Şekil 4.50. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	126
Şekil 4.51. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	128
Şekil 4.52. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	128
Şekil 4.53. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	129

Şekil 4.54. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	129
Şekil 4.55. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	130
Şekil 4.56. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	130
Şekil 4.57. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	135
Şekil 4.58. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	135
Şekil 4.59. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	136
Şekil 4.60. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	136
Şekil 4.61. H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	137
Şekil 4.62. H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	137
Şekil 4.63. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	140
Şekil 4.64. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	140
Şekil 4.65. H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	141
Şekil 4.66. H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	141
Şekil 4.67. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	142
Şekil 4.68. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	142
Şekil 4.69. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	145
Şekil 4.70. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	145

Şekil 4.71. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	146
Şekil 4.72. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	146
Şekil 4.73. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	147
Şekil 4.74. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	147
Şekil 4.75. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	150
Şekil 4.76. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	150
Şekil 4.77. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	151
Şekil 4.78. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	151
Şekil 4.79. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	152
Şekil 4.80. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	152
Şekil 4.81. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	156
Şekil 4.82. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	156
Şekil 4.83. 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	160
Şekil 4.84. 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	160
Şekil 4.85. 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	161
Şekil 4.86. 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	161

Şekil 4.87. 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	162
Şekil 4.88. 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	162
Şekil 4.89. 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	164
Şekil 4.90. 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	164
Şekil 4.91. 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	165
Şekil 4.92. 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	165
Şekil 4.93. 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	166
Şekil 4.94. 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	166
Şekil 4.95. 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	168
Şekil 4.96. 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	168
Şekil 4.97. 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	169
Şekil 4.98. 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	169
Şekil 4.99. 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	170
Şekil 4.100. 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	170
Şekil 4.101. 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	172
Şekil 4.102. 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	172

Şekil 4.103.	1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	173
Şekil 4.104.	1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	173
Şekil 4.105.	1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	174
Şekil 4.106.	1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	174
Şekil 4.107.	1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutum katsayısı değerleri.....	177
Şekil 4.108.	1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	177
Şekil 4.109.	1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutum katsayısı değerleri.....	178
Şekil 4.110.	1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	178
Şekil 4.111.	1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutum katsayısı değerleri.....	179
Şekil 4.112.	1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	179
Şekil 4.113.	1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	181
Şekil 4.114.	1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	181
Şekil 4.115.	1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	182
Şekil 4.116.	1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	182
Şekil 4.117.	1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	183
Şekil 4.118.	1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	183

Şekil 4.119.	15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120- H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	185
Şekil 4.120.	15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120- H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	185
Şekil 4.121.	15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120- H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	186
Şekil 4.122.	15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120- H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	186
Şekil 4.123.	15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120- H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	187
Şekil 4.124.	15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120- H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	187
Şekil 4.125.	15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120- A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	189
Şekil 4.126.	15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120- A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	189
Şekil 4.127.	15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120- A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	190
Şekil 4.128.	15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120- A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	190
Şekil 4.129.	15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120- A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	191
Şekil 4.130.	15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120- A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	191
Şekil 4.131.	1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	198
Şekil 4.132.	1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	198
Şekil 4.133.	1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	199
Şekil 4.134.	1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	199
Şekil 4.135.	1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	200

Şekil 4.136. 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	200
Şekil 4.137. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	203
Şekil 4.138. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı.....	203
Şekil 4.139. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	204
Şekil 4.140. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	204
Şekil 4.141. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	205
Şekil 4.142. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	205
Şekil 4.143. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	207
Şekil 4.144. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine gürültü ait azaltma katsayısı değerleri.....	207
Şekil 4.145. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	208
Şekil 4.146. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	208
Şekil 4.147. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	209
Şekil 1.148. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	209
Şekil 4.149. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	211
Şekil 4.150. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	211
Şekil 4.151. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	212
Şekil 4.152. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	212
Şekil 4.153. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	213
Şekil 4.154. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	213

Şekil 4.155. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	216
Şekil 4.156. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerler.....	216
Şekil 4.157. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	217
Şekil 4.158. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	217
Şekil 4.159. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	218
Şekil 4.160. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	218
Şekil 4.161. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	221
Şekil 4.162. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	221
Şekil 4.163. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	222
Şekil 4.164. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	222
Şekil 4.165. 1320, A1000, A1000-1320, A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	223
Şekil 4.166. 1320, A1000, A1000-1320, A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	223
Şekil 4.167. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	226
Şekil 4.168. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	226
Şekil 4.169. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	227
Şekil 4.170. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	227
Şekil 4.171. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	228
Şekil 4.172. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	228
Şekil 4.173. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	231

Şekil 4.174. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	231
Şekil 4.175. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	232
Şekil 4.176. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	232
Şekil 4.177. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	233
Şekil 4.178. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	233
Şekil 4.179. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	236
Şekil 4.180. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	236
Şekil 4.181. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	237
Şekil 4.182. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	237
Şekil 4.183. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	238
Şekil 4.184. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	238
Şekil 4.185. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	240
Şekil 4.186. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	240
Şekil 4.187. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	241
Şekil 4.188. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	241
Şekil 4.189. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	242
Şekil 4.190. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	242
Şekil 4.191. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	245
Şekil 4.192. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	245

Şekil 4.193. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	246
Şekil 4.194. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	246
Şekil 4.195. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	247
Şekil 4.196. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	247
Şekil 4.197. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	250
Şekil 4.198. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	250
Şekil 4.199. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	251
Şekil 4.200. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	251
Şekil 4.201. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	252
Şekil 4.202. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	252
Şekil 4.203. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	255
Şekil 4.204. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	255
Şekil 4.205. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	256
Şekil 4.206. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	256
Şekil 4.207. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	257
Şekil 4.208. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	257
Şekil 4.209. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	260
Şekil 4.210. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	260
Şekil 4.211. 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	261

Şekil 4.212.	13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	261
Şekil 4.213.	13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	262
Şekil 4.214.	13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	262
Şekil 4.215.	15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	265
Şekil 4.216.	15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	265
Şekil 4.217.	15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	266
Şekil 4.218.	15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	266
Şekil 4.219.	15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	267
Şekil 4.220.	15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri..	267
Şekil 4.221.	15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	270
Şekil 4.222.	15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	270
Şekil 4.223.	15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	271
Şekil 4.224.	15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	271
Şekil 4.225.	15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri.....	272
Şekil 4.226.	1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri	272

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Elektro lif çekimine etki eden parametreler.....	8
Çizelge 1.2. Nanolif uygulama alanları.....	9
Çizelge 1.3. Frekans aralıklarına göre sesin algılanması.....	23
Çizelge 1.4. Bazı yalıtım malzemelerinin gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	34
Çizelge 1.5. Çeşitli tekstil yüzeylerinin akustik uygulamalar açısından karşılaştırılması.....	42
Çizelge 3.1. Çalışmada uygulanan deney tasarımı.....	60
Çizelge 3.2. İş akış şeması.....	61
Çizelge 3.3. Elektro lif çekimi proses parametreleri.....	66
Çizelge 3.4. Nano membranların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	73
Çizelge 3.5. Tek katlı dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	73
Çizelge 3.6. İki katlı dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	74
Çizelge 3.7. Nanolif takviye edilmiş A kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	74
Çizelge 3.8. Nanolif takviye edilmiş H kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	75
Çizelge 3.9. A kodlu sandviç yapıların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	76
Çizelge 3.10. H kodlu sandviç yapıların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları.....	77
Çizelge 4.1. Çözelti özellikleri.....	81
Çizelge 4.2. Nanoliflerin özellikleri.....	83
Çizelge 4.3. Nanolif membran gramajları.....	88
Çizelge 4.4. Dokusuz yüzeylere ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği değerleri.....	89
Çizelge 4.5. Dokusuz yüzeylere ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	99
Çizelge 4.6. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkilerinin basit lineer regresyon analiz özeti.....	101
Çizelge 4.7. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkilerinin çoklu lineer regresyon analiz özeti.....	105
Çizelge 4.8. % 15 PU çözeltisinden üretilen nano membranlara ait gürültü azaltma katsayısı değerleri ve numune kodları.....	106
Çizelge 4.9. Süre optimizasyonu neticesinde seçilen süreler ve seçilme nedenleri.....	109
Çizelge 4.10. Nanoliflere ait gürültü azaltma katsayısı değerleri.....	109
Çizelge 4.11. Nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey yapılarına ait GAK değerleri.....	114
Çizelge 4.12. Sandviç yapıli numunelerin GAK değerleri.....	132

Çizelge 4.13. Nanolif membran takviyesinin tek katlı dokusuz yüzey ve iki katlı dokusuz yüzeylerin GAK değerlerinde meydana getirdiği değişim (%).....	193
Çizelge A.1. 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	290
Çizelge A.2. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	290
Çizelge A.3. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	291
Çizelge A.4. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	291
Çizelge A.5. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	292
Çizelge A.6. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	292
Çizelge A.7. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	293
Çizelge A.8. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	293
Çizelge A.9. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	294
Çizelge A.10. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	294
Çizelge A.11. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	295
Çizelge A.12. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	295
Çizelge A.13. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	296
Çizelge A.14. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	296
Çizelge A.15. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	297
Çizelge A.16. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	297

Çizelge A.17 H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	298
Çizelge A.18. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	298
Çizelge A.19. H500-1505-H500, H250-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	299
Çizelge A.20. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	299
Çizelge A.21. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	300
Çizelge A.22. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	300
Çizelge A.23. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	301
Çizelge A.24. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	301
Çizelge A.25. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	302
Çizelge A.26. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	302
Çizelge B.1. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	303
Çizelge B.2. H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	304
Çizelge B.3. H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	304
Çizelge B.4. H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	305
Çizelge B.5. A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	305
Çizelge B.6. A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	306
Çizelge B.7. A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	306
Çizelge B.8. H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	307
Çizelge B.9. H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	307

Çizelge B.10. H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları...	308
Çizelge B.11. A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları....	308
Çizelge B.12. A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları....	309
Çizelge B.13. A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	309
Çizelge B.14. H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları...	310
Çizelge B.15. 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	310
Çizelge B.16. H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları...	311
Çizelge B.17. A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları....	311
Çizelge B.18. A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları....	312
Çizelge B.19. A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	312
Çizelge B.20. H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	313
Çizelge B.21. H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	313
Çizelge B.22. H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	314
Çizelge B.23. A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	314
Çizelge B.24. A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	315
Çizelge B.25. A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları.....	315
Çizelge C.1. 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	316
Çizelge C.2. 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	316
Çizelge C.3. 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	317
Çizelge C.4. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	317

Çizelge C.5. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	318
Çizelge C.6. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	318
Çizelge C.7. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	319
Çizelge C.8. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	319
Çizelge C.9. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	320
Çizelge C.10. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	320
Çizelge C.11. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	321
Çizelge C.12. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları....	321
Çizelge C.13. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	322
Çizelge C.14. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	322
Çizelge C.15. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	323
Çizelge C.16. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	323
Çizelge C.17. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	324
Çizelge C.18. 1320, A1000, A1000-1320 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	324
Çizelge C.19. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	325
Çizelge C.20. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	325
Çizelge C.21. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	326
Çizelge C.22. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	326
Çizelge C.23. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	327
Çizelge C.24. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları....	327
Çizelge C.25. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	328
Çizelge C.26. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	328
Çizelge C.27. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	329
Çizelge C.28. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	329

Çizelge C.29. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	330
Çizelge C.30. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları....	330
Çizelge C.31. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	331
Çizelge C.32. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	331
Çizelge C.33. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	332
Çizelge C.34. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	332
Çizelge C.35. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	333
Çizelge C.36. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları....	333
Çizelge C.37. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	334
Çizelge C.38. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	334
Çizelge C.39. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	335
Çizelge C.40. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	335
Çizelge C.41. 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	336
Çizelge C.42. 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	336
Çizelge C.43. 15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	337
Çizelge C.44. 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	337
Çizelge C.45. 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	338
Çizelge C.46. 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	338
Çizelge C.47. 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	339
Çizelge C.48. 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları.....	339

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kuruluşu (American Society for Testing and Materials)
c	Ses hızı
d	Lif çapı
DMAc	Dimetilasetamid
DMF	Dimetilformamid
E _i	Ortamdaki ses enerjisi
E _r	Yansıyan ses enerjisi
E _α	Yutulan ses enerjisi
f	Frekans
GAK	Gürültü azaltma katsayısı
GO	Grafenoksit
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Standardization Organization)
n	Lif sayısı
NRC	Gürültü azaltma katsayısı (noise reduction coefficient)
ORT	Ortalama ses yutum katsayısı
p	Ses basıncı
PA	Poliamid
PAN	Poliakrilonitril
PEO	Polietilenoksit
PET	Polietilentereftalat
PLA	Polilaktikasit
PP	Polipropilen
PS	Polistren
PU	Poliüretan
PVA	Polivinilalkol
PVC	Polivinilklorit
PVP	Polivinilpirolidon
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SYK	Ses yutum katsayısı
T	Periyot
v	Parçacık hızı
V _f	Katı hacim
V _t	Toplam hacim
W	Güç
Z	Empedans
Ø	Gözeneklilik
ρ _w	Görünür yoğunluk
ρ _f	Liflerin yoğunluğu
λ	Dalga boyu
α	Ses yutum katsayısı
ρ	Yoğunluk

1. GİRİŞ

Atık oluşumu insanlığın varlığıyla meydana gelmeye başlamıştır (Üçgöl, 2015). Ülkemiz için önemli sektörlerden olan tekstil sanayinde yüksek oranda atık oluşumu mevcuttur (Altun, 2010). Tekstil sektörü hem üretim hem de tüketim açısından değerlendirildiğinde dünyada en fazla hammadde kullanımı ve dolayısı ile de atık oluşumu olan sektörlerden biridir. Bu atıklardan doğal olanlar çevre açısından önemli sorun oluşturmamasına rağmen ekonomik yönden büyük kayıplara sebebiyet vermektedir. Sentetik esaslı olanlar ise doğada uzun süre kalmaları ve giderek azalan petrol kaynaklarından üretilmeleri sebebiyle çevre açısından da ciddi tehdit oluşturmaktadır. Atıkların değerlendirilmesi konusunda dikkat çeken diğer bir önemli husus ise ülkemizde genellikle atıkların katma değeri düşük ürünlerde kullanılması veya önemli bir bölümünün de değerlendirilmeden atılmasıdır (Altun, 2010).

Tekstil tüketiminin artması sebebiyle tekstil atıkları da artmaktadır ve çevresel, ekonomik ve sürdürülebilir kazanımlar elde etmek açısından bu atıklara yeni kullanım alanları bulunması gereklidir (Jordeva vd., 2015). Atıkların geri kullanımı ile sürdürülebilirliğe çok ciddi katkıda bulunarak gelecek kuşakların koruma altına alınması mümkündür (Briga-Sa vd., 2013).

Tekstil atıkları son yıllarda bina ve inşaat teknik tekstilleri olarak klasik yapı malzemelerine giderek artan bir oran ile alternatif haline gelmektedir (Kopitar vd., 2014). Ayrıca tekstil malzemeleri gözenekli yapıları nedeniyle ses yalıtım ve ses yutumuna katkıda bulunur (Jordeva vd., 2015). Gürültünün insan sağlığı ve konforu üzerinde çok olumsuz etkileri olması sebebiyle istenmeyen sesin ortamlarda azaltılması gereklidir. Bu amaçla kullanılacak en iyi tekstil malzemesi dokusuz yüzeylerdir (Jordeva vd., 2015). Özellikle jeotekstil amaçlı olarak da kullanılan ve iğneleme yöntemi ile üretilen dokusuz yüzeyler üç boyutlu, kompleks ve çok lifli yapıları nedeniyle çok iyi ses yutum malzemesi olma potansiyeline sahiptir (Kopitar vd. 2014).

Dokusuz yüzeyler, dokuma ve örme gibi diğer tekstil yüzeyleri çeşitli tarım ve endüstri atıkları takviyesi ile akustik uygulama amacıyla kompozit malzeme üretiminde kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin pek çok yönden gereksinimleri saf malzemelerden daha iyi karşılayabildikleri bilinmektedir. Kompozit malzemelerde kullanılan katkıların ve yapıştırıcıların miktarı, yerleşim biçimleri son ürün üzerinde etkili olmaktadır (Cosereanu vd., 2010). Özellikle çok yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip olmaları sebebiyle üstün malzeme olarak değerlendirilen nanolifler kompozitlerde takviye olarak kullanılmaları durumunda mevcut üstün özelliklerinde daha fazla iyileşme elde edilmektedir (Cengiz Çallıoğlu, 2011).

Nanolifler ses yutumu amaçlı olarak geleneksel tekstil malzemeleri veya geleneksel akustik malzemelerle kompozit yapı oluşturduklarında, tekstil malzemelerinin yeterli olamadığı düşük frekans aralığı için etkin ses yutumu sağlayabilmektedir. Geleneksel akustik malzemeler ve gözenekli tekstil yüzeyleri orta ve yüksek frekans aralığında etkili ses yutumu sağlarken düşük frekans aralığında yeterli olamamaktadır (Xiang vd., 2011).

Bu tez çalışmasında, polyester tekstil atıklarından ve atık polyester şişelerden iğneleme yöntemi ile geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeylere poliüretan nanolifler takviye edilerek gürültü problemine çözüm olması hedeflenen kompozit malzemeler üretilmiştir. Elde edilmek istenen sonuç, genellikle jeotekstil amaçlı kullanılan ucuz dokusuz yüzeyler ile son yılların gözde teknolojilerinden olan elektro lif çekim yöntemi ile elde edilen nanolifleri bir araya getirerek katma değeri çok daha yüksek ürünler ile ekonomiye ve çevreye katkıda bulunmaktır.

Nanolif takviyesi ile orta ve yüksek frekans aralığında iyi ses yutumu sağlayan dokusuz yüzeylerin düşük frekans aralığında da ses yutumu özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada kullanılmış olan malzemeler ilk kez bir araya getirilmiştir. Literatürde nanolifler ve dokusuz yüzeyler ile ilgili olarak akustik özelliklerin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma vardır fakat polyester tekstil atıklarından ve atık polyester şişelerden elde edilen

dokusuz yüzeylere veya bunlara poliüretan nanolif takviye ederek yapılan araştırmalara rastlanmamıştır. Konu ile ilgili olan literatür çalışmaları incelendiğinde bu çalışmada kullanılan malzemelerin ve deneysel tasarımı daha önce birlikte çalışılmamış olması sebebiyle, bu tez çalışmasının literatürdeki bu eksikliği doldurmak açısından katkı yapacağı düşünölmektedir.

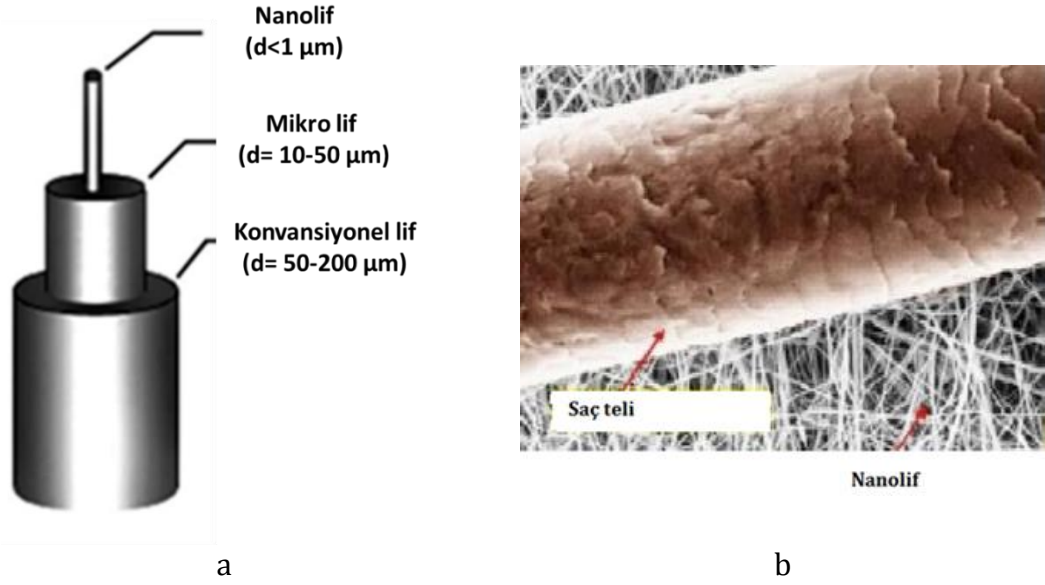
Giriş bölümü dört bölümden oluşmakta olup birinci bölümde nanolifler, ikinci bölümde dokusuz yüzeyler, üçüncü bölümde geri dönüşüm ve dördüncü bölümde akustik ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Tezin tüm ana bölümlerinde (giriş, kaynak özetleri, materyal ve yöntem, araştırma bulguları ve tartışma) mümkün olduğunca iş akışı ile de uyumlu olduğu düşünölen bir sistematik izlenerek önce nanolifler, sonra dokusuz yüzeyler ve en son da kompozit malzemeler ile ilgili gerekli bilgiler verilmiş ve tartışmalar yapılmıştır.

1.1. Nanolifler

apı bir mikronun altında olan lifler için nano tabiri kullanılsa da bu konuda farklı görüşler mevcuttur (Celep, 2007). Bazıları apı 50-300 nm olan lifleri (Özdoğan vd., 2006b) nano kabul ederken bir kısım araştırmacılara göre 500 nm altı olan lifler, bazılarına göre ise 100 nm altı lifler nanolif olarak kabul edilmelidir (Celep, 2007).

şekil 1.1'de nanolif çapının mikro lif, konvansiyonel lif ve sa teline göre kıyaslanması görölmektedir.



Şekil 1.1. Nanoliflerin incelik bakımından kıyaslanması (a: nanolif çapının mikro lif ve konvansiyonel lif ile kıyaslanması (Haghi, 2011), b: saç telinin nanolif çapı ile kıyaslanması (Özdoğan vd., 2006a))

Nanolifli yapılar, yüksek özgül yüzey alanı/hacim oranı, yüksek gözeneklilik ve küçük gözenek boyutlarına sahip oldukları için pek çok alanda katkı sağlama potansiyeli olan malzemelerdir (Erdem ve Sancak, 2013). Benzersiz mekanik, elektrik ve kimyasal özellikleri nedeniyle üstün materyaller olarak kabul edilmekte oldukları için hem sanayide hem de akademide nanoliflere ve nanolif kompozitlere dayalı pek çok araştırma yapılmaktadır (Cengiz Çallıoğlu, 2013). Nanolifler üstün özellikleri nedeniyle biyotıp, filtrasyon, sensör uygulamaları, paketlenme materyalleri, elektronik sensörler ve ses yalıtımı gibi pek çok alanda uygulamaya sahiptir (Cengiz vd., 2010).

1.1.1. Nanolif üretim yöntemleri

Konvansiyonel liflerin üretildiği yöntemler en ekonomik yöntemler olmalarına rağmen bu yöntemlerle nanolif elde edilmesi mümkün değildir (Celep, 2007). Farklı nanolif üretim yöntemleri ile nanolifler, membran formunda üretilmektedir (Kıyak ve Çakmak, 2014). Nanolif üretim yöntemlerini aşağıda listelendiği şekilde genel olarak 9 sınıfa ayırmak mümkündür (Celep, 2007; Kıyak ve Enes, 2014).

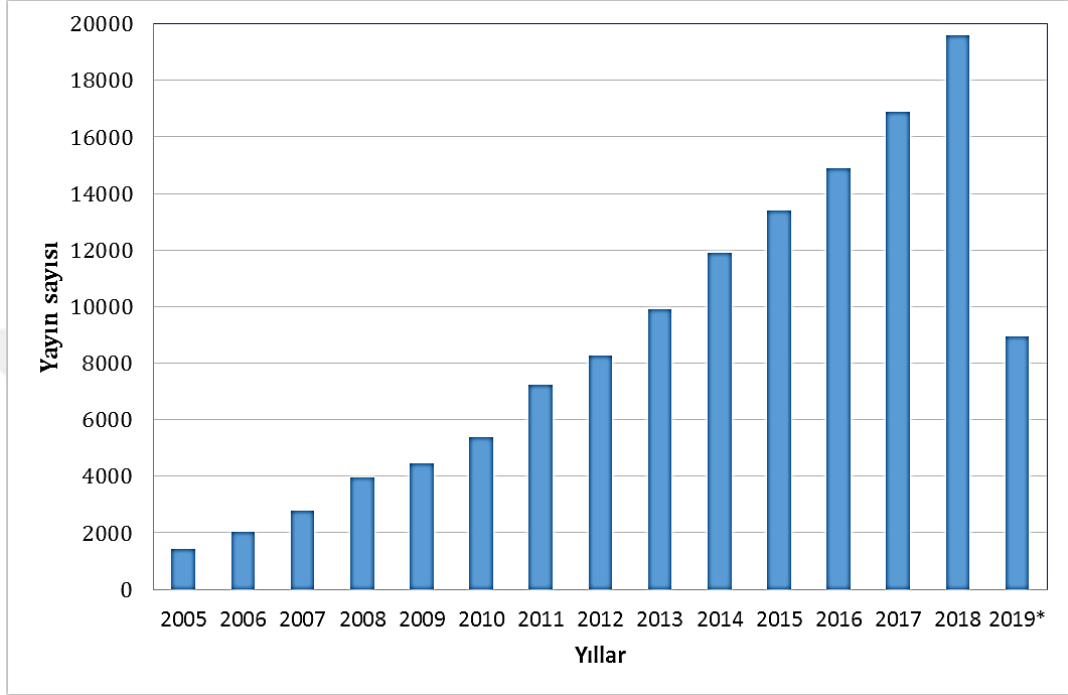
- 1- Meltblowing
- 2- Spunbonding
- 3- Bikomponent lifler yoluyla
- 4- Fibrilasyon
- 5- Elektro lif çekimi (eriyikten ve çözültiden)
- 6- Islak eğirme (Wet Spinning)
- 7- Çekim (Drawing)
- 8- Merkezi eğirme (Centrifugal Spinning)
- 9- Diğer (şablon sentezi ile ve faz ayırma ile)

1.1.1.1. Elektro lif çekimi ile nanolif üretimi

Nanolif üretiminde elektro lif çekim yönteminin kullanılması 1600'lü yıllardan beri bilinmektedir (Cengiz ve Jirsak, 2009). Elektro lif çekimi, elektrostatik kuvvetlerin yardımıyla polimer çözültülerinde oluşan jetten mikro ve özellikle nano ölçekte liflerin üretilmesi olarak tanımlanmaktadır (Erdem ve Sancak, 2013). Konvansiyonel lif çekim yöntemlerinde lif eriyiğinin düzelerden püskürtülmesini ve ardından sarımını mekanik kuvvetler sağlamaktadır. Uygun bir çözücü ile çözülen veya ısı ile eritilen polimer, bir ucu kapalı ve daralan, diğer ucunda küçük bir delik bulunan bir pipetin içine yerleştirildikten sonra polimer çözültisi/eriyiğine ve karşı taraftaki toplayıcı levhaya gerilim uygulanır. Oluşan elektrik kuvvetlerin çözültinin/eriyiğin yüzey gerilimini yenmesiyle birlikte jet oluşur. Elektrik yüklü jet uzayarak Taylor konileri oluşturup elektrik alan içinde hızlandıktan sonra stabilitesi bozularak karşı toplayıcı yüzeyde birikir (Kut ve Güneşoğlu, 2005). Elektro lif çekim yöntemi, nanolif üretimi için en basit ve etkin yöntemlerden biridir (Xiang vd., 2011, Cengiz Çallıoğlu vd., 2013). Fakat nanolifleri etkileyen pek çok parametre olması sebebiyle proses olarak karmaşıktır (De Vrieze vd., 2009).

Günümüzde elektro lif çekim prosesi, malzeme bilimi ve mühendisliği için enerjik bir araştırma alanı olarak mikro ve nano ölçekli malzemelerin üretilmesinde hem laboratuvar hem de endüstriyel ölçekte ümit vericidir (Ghosal, 2018). Elektro lif çekim yöntemi ile doğal ve sentetik polimerlerden

etkin bir şekilde nanolif üretmek mümkün olduğu için bu yönetime hem akademi hem de endüstrinin ilgisi giderek artmaktadır (Erdem ve Sancak, 2013). Şekil 1.2'de 2005-2019 yılları arasında elektro lif çekimi kelimesinin geçtiği yayın sayıları görülmektedir.

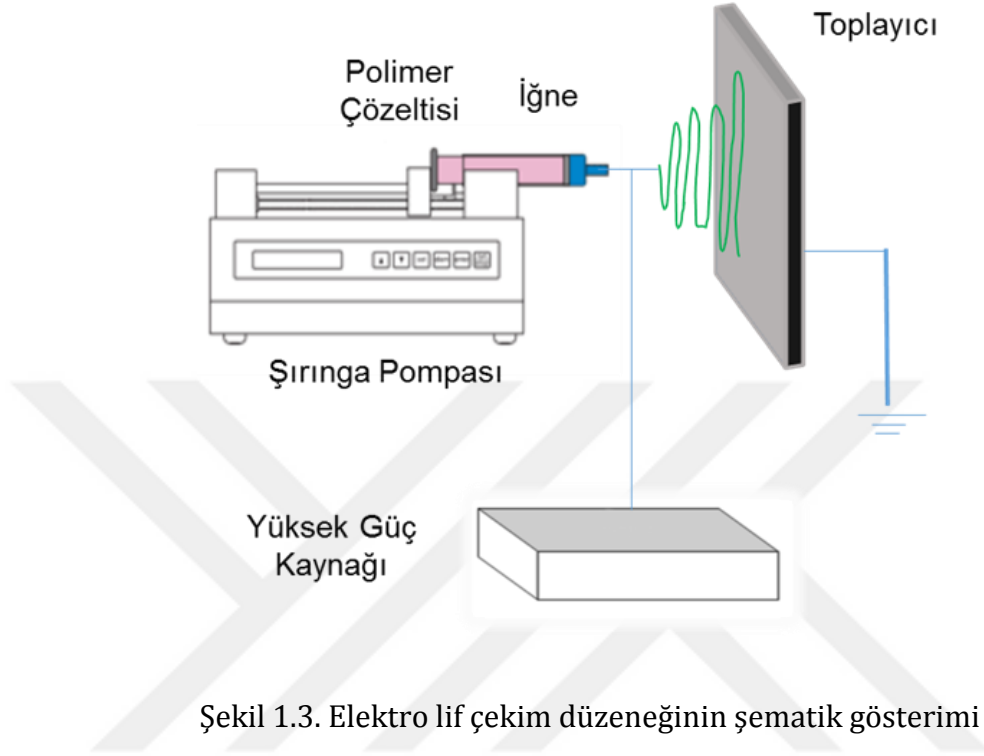


Şekil 1.2. 2005-2019 yılları arasında elektro lif çekimi ile ilgili yapılan yayın sayısı (2019*: ilk 6 ay)

Şekil 1.2'den görüldüğü gibi 2005 yılından 2019 yılına kadar elektro lif çekimi ile ilgili yapılan yayın sayısında çok belirgin bir artış olmuştur. 2018 yılında yapılan yayın sayısı 2005 yılının 13,8 katıdır. Yayın sayıları arama motoruna (Google Akademik) "electrospinning" anahtar kelimesi girilerek bulunmuştur. Patentler ve atıflar hariç tutulmuştur.

Hedef uygulamaya bağlı olarak polimer, seramik veya metaller ve onların kompozitleri eriyikten, çözeltiden veya emülsiyondan elektro lif çekim yöntemi ile elde edilebilmektedir. İğneli elektro lif çekim düzeneği ilave bir aparata ihtiyaç duyulmaksızın emülsiyon elektro lif çekimi için de kullanılmaktadır (Kesici Güler vd., 2019). Her tekniğin birbirine göre avantajlı olduğu noktalar vardır. Örneğin eriyikten çekimin avantajı güvenli olması ve yüksek proses

çıkıtısına sahip olmasıdır. Çözeltiden elektro lif çekimi ise diğerlerine göre daha çok yönlü ve enerji tüketimi açısından daha ekonomiktir (Ghosal, 2018). Şekil 1.3'te iğneli bir elektro lif çekim düzeneğinin şematik resmi görülmektedir.



Şekil 1.3. Elektro lif çekim düzeneğinin şematik gösterimi

Şekil 1.3'ten görüldüğü gibi elektro lif çekim düzeneği temel olarak bir toplayıcı levha, yüksek güç kaynağı ve pompadan meydana gelmektedir.

1.1.1.2. Elektro lif çekimine etki eden parametreler

Elektro lif çekim yöntemi ile elde edilen nanoliflerin morfolojisi (lif çapı, lif üniformitesi ve yapısı) pek çok parametreden etkilenmektedir (Haghi, 2011). Bu parametreler Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Elektro lif çekimine etki eden parametreler (Celep, 2007; Haghi, 2011)

Çözelti özellikleri	Viskozite Polimer konsantrasyonu Elektrik iletkenliği Yüzey gerilimi
İşlem parametreleri	Çözelti/eriyik besleme hızı Uygulanan voltaj İğne ucu/düse - toplayıcı mesafesi
Çevresel parametreler	Sıcaklık (çözelti/eriyik ve ortam) Bağıl nem Hava akış hızı

Bu parametrelerden en önemli olanlarının viskozite (doğrudan polimer konsantrasyonu ile ilgili) ve uygulanan voltaj olduğunu ifade etmek mümkündür. Elektro lif çekiminde viskozite düzeden (iğneli ise iğneden) devamlı jet çıkışı olacak şekilde seçilmelidir. Genelde çözelti viskozitesinin artması ile daha kalın lifler elde edilmektedir (Celep, 2007).

Polimer çözeltilerinin konsantrasyonu nanolif oluşumunda çok önemli rol oynamaktadır. Konsantrasyon çok düşük olursa polimerik nano partiküller oluşmakta ve düşük konsantrasyona bağlı olarak elektro lif çekim işlemi yerine elektro püskürtme gerçekleşmektedir. Konsantrasyon biraz daha artar ise boncuklu lifler gözlemlenmektedir. Konsantrasyon uygun hale geldiğinde boncuksuz, düzgün liflerin gözlemlenmesi mümkün olmaktadır. Konsantrasyonun çok yüksek olması durumunda ise nano boyutta olmayan kurdele gibi liflerin oluşumu mümkündür (Li ve Wang, 2013).

Yüzey gerilimi çözeltilerdeki çözücü kompozisyonlarının bir fonksiyonudur. Farklı çözeltiler farklı yüzey gerilimi değerlerine sahip olabilmektedir. Konsantrasyon sabit tutularak çözeltinin yüzey geriliminin azaltılması boncuklu liflerin düzgün liflere dönüşmesini sağlamaktadır (Li ve Wang, 2013). Yüksek elektrik alan ve düşük yüzey gerilimi ile daha ince çaplı lifler elde etmek mümkündür (Erkan vd., 2005).

Çözelti iletkenliği temelde polimer tipine, çözelti çeşidine ve tuza bağlıdır. Çözeltinin elektrik iletkenliğinin tuz ilavesi ile ayarlanması mümkündür. Çözelti besleme hızı, voltaj, toplayıcı-iğne mesafesi ve ortam şartlarının da elektro lif çekim işlemine belirgin etkileri vardır (Li ve Wang, 2013).

1.1.2. Nanolif uygulama alanları

Nanoliflerin kullanım alanları giderek genişlemektedir. Çizelge 1.2'de nanoliflerin uygulama alanlarından bazıları listelenmiştir.

Çizelge 1.2. Nanolif uygulama alanları (Celep, 2007)

Filtrasyon uygulamaları	Kimyasal gaz Hava Kan
Biyomedikal uygulamalar	Tıbbi protezler Tele-tıp İlaç taşıma Yara örtücüler Cilt bakım ürünleri Doku şablonları
Uzay uygulamaları	Güneş ve ışık panelleri Uzay platformları
Savunma uygulamaları	Koruyucu giysiler
Elektriksel optik uygulamalar	Elektrotlar Algılayıcılar Sensörler
Tarım uygulamaları	Bitki koruma örtüleri Gübre vericiler
Kompozitler	Malzeme kuvvetlendiriciler
Diğer uygulamalar	Enzim taşıyıcılar

1.1.2.1. Nanoliflerin akustik uygulamaları

Araştırmacılar, poliakrilonitril (PAN) (Küçükali Öztürk, 2017), poliüretan (PU) (Rabbi vd., 2013), poliamid (PA) (Trematerra vd., 2014), polivinilalkol (PVA), polistren (PS), polivinilklorit (PVC) (Bihola vd., 2015), polivinilprolidin (PVP) (Del Sorbo vd., 2019) gibi çeşitli polimerden nanolif takviyeli malzemelerle ses yutumu ve iletimi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Nanolifler ses yutumu malzemesi olarak önem kazanmaktadır (Asmatulu vd., 2009). Nanolifli yapılar gözenekli yapılardan farklı olarak akustik rezonans membran gibi davranarak ses yutumu sağlamaktadır (Na vd., 2012; Mohrova ve Kalinova, 2012). Gözenekli yapıları sebebiyle moleküller arasında yüksek etkileşim meydana gelmektedir (Asmatulu vd., 2009). Nanoliflerin akustik uygulamalarda tercih edilmelerindeki artışta, yeni teknolojilerle nanoliflerin üretiminin daha kolay olması, üretim maliyetinin azalması ve nano membran kalitesinin artması gibi sebepler etkilidir. Ayrıca nanolifler mevcut akustik malzeme üretim proseslerine kolay bir şekilde entegre olabilmektedir. Nanolifler hava akışını kısıtlayarak yutumu malzemelerinin akustik empedansını artırmaktadır. Ayrıca daha düşük malzeme kalınlık ve ağırlığı ile iyileştirilmiş ses yutumu özellikleri elde edilmesini sağlarlar (Küçükali Öztürk, 2017).

Geleneksel ses yutucu malzemeler düşük (0-500 Hz) ve orta (500-2500 Hz) frekans aralıklarında çok iyi değil iken yüksek frekans aralığında (>2500 Hz) etkindir (Echeverria vd., 2019). Dolayısıyla akustik alanında düşük ve orta frekans aralığında etkin materyallere ihtiyaç vardır. Mikroliflerden farklı olarak nanolifler çok yüksek esneklik, gözeneklilik, yüzey alanı/hacim oranı ve çok düşük ağırlığa sahiptir (Xiang vd., 2011). Nanolif takviye edilen yapıların düşük ve orta frekans aralıklarında ağırlık ve kalınlık dezavantajı olmaksızın çok daha iyi ses yutumu değerlerine sahip oldukları görülmüştür (Xiang vd., 2011, Küçükali Öztürk vd., 2017). Nanolifli yapıların akustik uygulamalar için çok ümit verici olduğunu söylemek mümkündür (Xiang vd., 2011).

1.1.2.2. Nanoliflerin kompozit uygulamaları

Mikro boyutlarda kevlar, karbon elyaf, cam elyaf gibi lifler kompozitlerde takviye olarak kullanılmaktadır. Bu liflerin takviyesi ile oluşan kompozitlerin yapısal özellikleri çok güçlenmektedir. Nanolifler kompozitlerde takviye olarak kullanıldıklarında, nanoliflerin yüksek yüzey/hacim oranları nedeniyle oluşan kompozitin özellikleri (elastiklik modülü, mukavemet/ağırlık oranı vb.) daha fazla iyileşmektedir (Li ve Wang, 2013). Çeşitli mühendislik uygulamalarında nanolif takviyeli kompozitler geleneksel malzemelere alternatif olarak gideren

artan bir oranda kullanılmaktadır (Vijay Kumar vd., 2019). Nanolifler takviye malzemesi olarak kullanıldığında matris malzemeleri ile birbirlerine temas ettikleri noktalardaki ara yüzey alanları da daha fazla olmaktadır (Erem ve Özcan, 2013). Kompozitlerde mekanik özelliklerin iyileştirilmesinin dışında daha farklı fiziksel ve kimyasal özellikler elde edebilmek amacıyla da nanolifler kompozitlerde takviye olarak kullanılmaktadır (Cengiz Çallıoğlu, 2011).

Nanolif takviyeli kompozitlerin özellikleri, elyaf çapı, en boy oranı, yerleşim şekli, miktar, ara yüz etkileşimleri vb. gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Nanoliflerin kompozitlerin darbe dayanımı, delaminasyon direnci, yorulma özellikleri, eğilme özellikleri, dayanıklılık, sönümlenme özellikleri ve hatta kendini iyileştirme özelliklerini geliştirmede üstün oldukları kanıtlanmıştır (Vijay Kumar vd., 2019). Nanolifler dokusuz yüzeylerin üzerine takviye edildiklerinde düşük frekans aralığında iyi ses yutumu sağlamaktadırlar (Singh ve Mukhopadhyay, 2016).

1.2. Dokusuz Yüzeyler

INDA'nın (Association of the Nonwoven Fabrics Industry) tanımına göre dokusuz yüzeyler, geleneksel kağıt, dokuma ve örmeden başka olarak, fiziksel ve/veya kimyasal yöntemlerle belli bir seviyede yapısal bütünlük oluşturacak şekilde tasarlanan lif birlikteliğidir (Inda, 2019).

EDANA (European Disposables and Nonwovens Association) tanımına göre: "kağıt ve dokuma, örme, tafting, iplik ve filament takviyesi ile dikişle birleştirilmiş ürünler dışında yönlendirmeli veya rastgele yerleştirilmiş liflerden sürtünme ve/veya kohezyon ve/veya adezyon yolu ile birleştirilerek veya ıslak dinkleme ile ilaveten iğnelenmiş veya iğneleme olmaksızın üretilmiş tabaka, tül veya keçedir" (EDANA, 2019). Pek çok dilde dokusuz yüzey (nonwoven) terimi dokunmuş (woven) kumaşların zıttı olarak ifade edilmiştir. Dokusuz yüzeyler, liflerden çeşitli yöntemlerle elde edilen kumaşlardır. Bu liflerde bir kısıtlama söz konusu değildir. Dokusuz yüzeyler doğal, suni, organik veya inorganik olabilirler (Albrecht vd., 2006). Fakat kullanım amacına göre optimize

edilebilmesi nedeniyle dokusuz yüzey üretiminde daha çok kimyasal lifler kullanılmaktadır (Wulfhorst, 2003).

1.2.1. Dokusuz yüzeylerin üretim yöntemleri

Dokusuz yüzeylerin üretim basamakları genel olarak önce lif üretimi sonra liflerden tülbent oluşturulması, daha sonra tülbent yüzeyin birbirine bağlanması ve en son olarak da bitim işlemleri olarak özetlenebilir (Erdoğan, 2008).

Tülbent oluşturma: Dokusuz yüzeyin oluşabilmesi için rastgele veya paralel olarak birbiri üzerine serilmesidir (Wulfhorst, 2003). Tülbent oluşturma işlemleri mekanik, aerodinamik, hidrodinamik ve eriyikten çekim olarak sınıflandırılabilir. Bazı kaynaklarda mekanik ve aerodinamik yöntemlerden “kuru yöntem”, hidrodinamik yöntem için ise “yaş yöntem” olarak bahsedilmektedir. Jeotekstillerin üretiminde en çok kullanılan tülbent oluşturma yöntemi mekanik yöntemdir (Erdoğan, 2008).

Tülbent birleştirme: Fiziksel veya kimyasal olarak tülbent birleştirme yapılmaktadır. Tülbent birleştirmesinde en çok kullanılan fiziksel yöntemler; mekanik (iğneleme, su jeti ve dikme) ve termal (sıcak hava, kalandırlama ve ultrasonik) yöntemlerdir. Kimyasal yöntemlerden ise emdirme, püskürtme, baskı, köpükle aplikasyon ve kaplama sık kullanılmaktadır (Erdoğan, 2008).

1.2.1.1. İğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeyler

İğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeylerin jeotekstil olarak kullanımı çok yaygındır. Tülbent yapı oluşturulduktan sonra çentikli iğneler yardımıyla yapı birbirine bağlanmaktadır. İğnelerin yukarı ve aşağı hareketi sırasında çentiklere takılan lifler tülbentin de hareketiyle yer değiştirir. Böylece lifler iğneleme işlemi sonunda birbirine karışmakta ve farklı açılarla yönlenebilir (Erdoğan, 2008).

Bu çalışma kapsamında destek kumaş olarak kullanılan dokusuz yüzeyler jeotekstil malzemeler olup bunların birleştirilmesinde iğneleme yöntemi kullanılmıştır.

1.2.2. Dokusuz yüzey uygulama alanları

Dokusuz yüzeylerin çok fazla kullanım alanı olmasına rağmen genellikle görünmeyen kısımlarda kullanıldıkları için fark edilmesi mümkün olmayabilir (Yılmaz, 2009). Dokusuz yüzey kullanım alanlarının bazıları şunlardır:

- Jeotekstil olarak karayolları, köprüler, barajlar, havaalanları, tüneller, demiryolları, erozyon kontrolü, ziraat alanları ve spor alanları gibi çok yaygın kullanım alanına sahiptirler (Erdoğan, Ü.H., 2008),
- Kişisel bakım ve hijyen (bebek bezi ve kadın bağı),
- Ev kullanımı (temizlik bezleri, masa örtüleri vb),
- Gürültü kontrolü (akustik uygulama),
- Filtrasyon (hava ve gaz filtreleri, Hepa, Hevac, Ulpa filtreler vb) (Yılmaz, 2009),
- Sağlık (cerrahi maske, ameliyat örtüleri, önlükler),
- Giyim (astar, ayakkabı, eldiven vb),
- İnşaat (izolasyon, çatı kaplama, kanal koruma vb),
- Otomotiv (kaplama, ses izolasyonu, bagaj astarı, iç kapı paneli, döşeme vb),
- Tarım (çim koruma, ürün üzeri örtme, fidanlık kaplama vb),
- Endüstriyel ve askeri (uyku tulumu, kablo izolasyonu, taşıma bandı vb) (Çinçik, 2010).

1.2.2.1. Dokusuz yüzeylerin akustik uygulamaları

Dokusuz yüzeyler gözenekli yapıları nedeniyle gürültü kontrolünde önemli kullanım alanına sahiptir. Dokusuz yüzeyler düşük maliyetleri ve düşük yoğunlukları nedeniyle köpük gibi malzemelerden daha üstündür. Ayrıca geri dönüştürülemeyen konvansiyonel ses yutucular ve poliüretan köpüklere göre daha çevre dostudurlar (Yılmaz vd., 2011). Otomotiv endüstrisinde de geri

dönüştürülmüş dokusuz yüzeyler ses yutumu sağlamak için konvansiyonel ses yutucu malzemelere alternatif olarak kullanılmaktadır (Kalebek, 2016). Dokusuz yüzeyler orta-yüksek frekans aralığında etkilidir (Yılmaz vd., 2011).

Dokusuz yüzeylerin üretim yöntemi, bitim işlemleri, proses parametreleri ve elyaf kompozisyonu ses yutum özelliklerinde etkilidir. Örneğin iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeylerde iğneleme yoğunluğu ve derinliği akustik özelliği etkileyen parametrelerdendir. İğneleme yoğunluğunun artması ile hava akış direnci ve eğrilik artarken lifler birbirine daha sıkı kenetlenir ve bunlar da ses yutumunun artmasını sağlar (Memon vd., 2015). Fakat kritik bir noktadan sonra ses yutum katsayısı düşer. Yani hava akış direncinin çok yüksek olması durumunda malzeme ses yutucu değil, bir yansıtıcı gibi işlev görmeye başlayabilmektedir. Her frekans aralığı için optimum bir hava akış direnç değeri vardır (Yılmaz, 2009).

Dokusuz yüzeylerin gözeneklilik, elyaf tipi, elyaf şekli, yoğunluğu, kalınlığı, eğrilik, lif oryantasyonu ve hava akış direnci ses yutumunu etkileyen karakteristik özelliklerindedir. Etkin bir ses yutumu için birbirine bağlı gözeneklere ihtiyaç vardır. Kapalı gözenekler etkili ses yutumu sağlayamamaktadır (Cox ve D'Antonio, 2017).

Lif çapının incilmesi, lif kesitinin tırtıklı olması, liflerin rastgele yerleşimi, dokusuz yüzeyin kalın olması ses yutumunu artırmaktadır (Cox ve D'Antonio, 2017).

1.2.2.2. Dokusuz yüzeylerin kompozit uygulamaları

Çeşitli sentetik ve doğal elyaf katkılı dokusuz yüzey kompozitlerin akustik özellikleri araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır. Dokusuz yüzeyler ile üretilen kompozitler diğer ses bariyer malzemeleri ile birlikte kullanıldıklarında daha etkili ses yalıtım ve ses yutumu sağlamaktadır. Kompozitlerde dokusuz yüzeyler matris olarak kullanılmaktadır. Kompozitlerin ses yutum özelliklerini iyileştirmek için kompozit malzemedeki boşlukları artırmak ilginç bir

yaklaşımıdır çünkü genelde kompozitlerde oluşan boşluklar hata olarak değerlendirilmektedir. Eğer boşlukların varlığı malzemenin mekanik özelliklerini etkilemiyor ise ses bariyer özelliklerinin iyileştirilmesi için yapıda boşluk oluşumu sağlanmasının ses yutumuna katkısı vardır (Singh ve Mukhopadhyay, 2016).

Dokusuz yüzeyler örneğin bir dokuma kumaş ile birlikte kullanıldıklarında dokuma kumaş elde edilen kompozit malzemenin ses yutumunu değiştirecek şekilde davranmaktadır. Çifte gözenek profili olan yapılarda daha geniş bir frekans aralığında ses yutumu iyileşmektedir (Segura-Alcaraz vd., 2019).

1.3. Geri Dönüşümün Önemi

Atık oluşumu insanlığın varlığıyla meydana gelmeye başlamıştır (Üçgül, 2015). Tekstil atıklarının geri dönüşümü, işlenmesi ve daha sonra farklı formlar elde edilmesinin kolaylığı sebebiyle daha çok termoplastik polimer esaslı lifler için yapılmaktadır. Pamuk, yün, ipek gibi doğal liflere de termoplastik polimerler kadar olmasa da geri dönüşüm işlemleri yapılmaktadır (Eser vd., 2016).

Tekstil atıklarının değerlendirilmesi 20. yüzyılda önem kazanmaya başlamıştır (Can, 2005). Ülkemiz için önemli sektörlerden olan tekstil sanayinde yüksek oranda atık oluşumu mevcuttur (Altun, 2010). Tekstil döküntülerini üretim ve tüketim döküntüsü olarak ayırmak mümkündür (Can ve Gök Sadıkoğlu, 2009). Tekstil sektörü hem üretim hem de tüketim açısından değerlendirildiğinde dünyada en fazla hammadde kullanımı olan sektörlerden biridir.

Tekstil tüketiminin artması sebebiyle tekstil atıklarında da artış olmaktadır ve çevresel, ekonomik ve sürdürülebilir kazanımlar elde etmek açısından bu atıklara yeni kullanım alanları bulunması gereklidir (Jordeva vd., 2015). Atıkların geri kullanımı ile sürdürülebilirliğe çok ciddi katkıda bulunarak gelecek kuşakların koruma altına aşınması mümkündür (Briga-Sa, 2013). Sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilmek için tasarruf, geri dönüşüm, ekoloji ve fonksiyonellik gibi kavramlar çok önemsenmelidir. Kaynakları daha verimli

kullanmak, geri dönüştürülebilir atıkların miktarını artırmak ve çevreci üretim yöntemlerini kullanmak çevresel, ekonomik ve sürdürülebilir kazanımlar elde etmek için gereklidir (Önal Elyaf, 2016). Ayrıca kaynakların sınırsız olmadığı bizden sonraki kuşaklara temiz bir dünya ve yeterli kaynak bırakmamızın gerekli olduğu düşünüldüğünde tasarruf, kaynakların etkin kullanımı, mevcut atıkların (sanayii veya tarım) değerlendirilmesi daha da önemli olmaktadır (Jordeva vd., 2015). Bu yüzden günümüzde geri dönüşüm, ekoloji, biyo bozunurluk gibi kavramlar çok önemlidir (Altun, 2010).

Oluşan atıklardan doğal olanlar çevre açısından önemli sorun oluşturmamasına rağmen ekonomik yönden büyük bir kayıplara sebebiyet vermektedir. Sentetik esaslı olanlar ise doğada uzun süre kalmaları ve giderek azalan petrol kaynaklarından üretilmeleri sebebiyle çevre açısından da ciddi tehdit oluşturmaktadır (Altun, 2010). Polyester su şişesi atıkları ise doğada çok uzun yıllar yok olmadıkları için çok daha büyük tehlike oluşturmaktadırlar. Bir plastik şişe doğada 3000 yıl yok olmamaktadır. 1000 kg plastiğin geri kazanılması 14000 kWh enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ülkemizde her yıl üretilen 165000 ton polyester su şişesinin sadece 40000 tonu geri dönüştürülmektedir (Tayyar ve Üstün, 2010).

Atıkların değerlendirilmesi konusunda dikkat çeken önemli bir husus ise ülkemizde bunların genellikle katma değeri düşük ürünlerde kullanılması veya önemli bir bölümünün de değerlendirilmeden atılmasıdır. Teleflerin az bir kısmı dönüşüm sistemine girmekte bir kısmı yakılmakta ve geri kazanılan miktarın da daha çok iplik üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan miktar ise çok azdır. Tüm bunlara rağmen telef işleyenler telef bulamamaktan şikayetçidir (Altun, 2010).

1.4. Akustik ve Ses

Akustik, sesin orijinini ve boşlukta, borularda ve kanallarda veya kapalı alanlarda yayılmasını inceleyen bilim dalıdır (Kuttruff, 2006). Kısaca “Ses bilimi” olarak ifade etmek mümkündür (Ersoy, 2007).

Sesin farklı tanımları vardır. Sesi, “*elastik bir ortamdaki parçacıkların basınç altında yer değiştirmesi*” olarak tanımlamak mümkündür (Beranek, 2005). Ses, “*titreşim yapan bir kaynaktan yayılan ve hava basıncıyla oluşan dalgalanmalarla meydana gelen fiziksel bir olaydır*” veya ses, “*insanların fark ettiği basınç değişimi*” olarak da tanımlanmaktadır (Gelen, 2016).

1.4.1. Bazı temel kavramlar

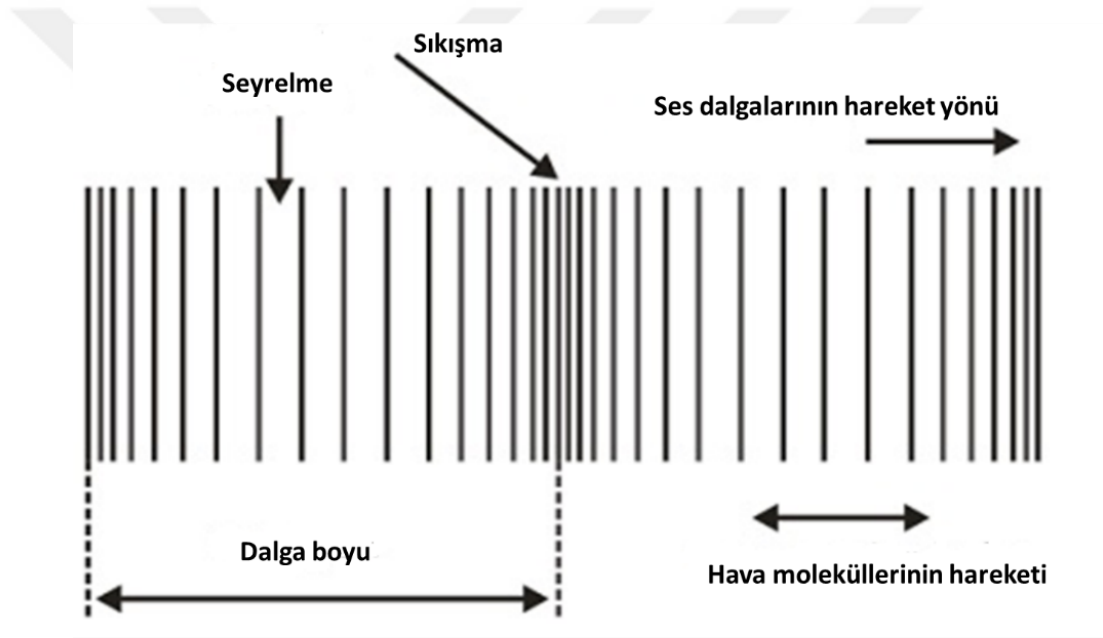
Akustik bir bilim dalı olması sebebiyle çok fazla kavram ihtiva etmektedir. Bazı temel kavramlar açıklanmıştır.

1.4.1.1. Ses dalgası

Sesten bahsedebilmek için birbirine bağımlı olmayan üç kavramın bir arada bulunması gereklidir. Bunlar ses kaynağı, iletici ortam ve kulaktır. Bu üçü birbirine dalga hareketi ile bağlıdır. Yani sesin olduğu yerde mutlaka bir dalga hareketi vardır. Dalga hareketinin olması titreşim olması anlamına gelmektedir. Ses dalgasının frekansı, dalga boyu ve şiddeti (genlik) farklı ses tiplerinin üretilmesine sebep olan özelliklerdir (Kadam ve Nayak, 2016).

Ses dalgaları boşlukta yayılmaz. Ses dalgalarının yayılabilmesi için katı, sıvı veya gaz ortamlar gereklidir. Ses dalgaları farklı ortamlarda farklı hızla yayılır (Canbolat, 2013). Ses dalgalarının ortamlardaki yayılma hızları kıyaslandığında; sesin katılarda en yüksek hızla, sonra sıvılarda ve en düşük hızla da gazlarda yayıldığını söylemek mümkündür (Karaağaçlıoğlu, 2012). Ses dalgaları yayılırken ortamın basınç, sıcaklık ve yoğunluğunda ani değişiklikler meydana gelmektedir (Kuttruff, 2006).

Ses dalgaları prensip olarak uzunlamasına dalgalardır. Ortam dalgası örneğin hava, dalganın yönüne paralel olarak salınım yapar. Bir ucu sabitlenmiş olan yumuşak bir yay düşünülürse, yay serbest ucundan hızla çekilip bırakılırsa yay kuvvet yönünde uzayıp kısalarak hareket eder. Uzunlamasına ses dalgasında da aynı olay gerçekleşerek hava parçacıkları ses dalgasının hareketine paralel olarak öne ve arkaya salınım hareketi yaparlar. Bunun neticesinde sürekli birbirini izleyen sıkışma ve seyrelme hareketleri oluşur. Arka arkaya gelen iki sıkışma veya iki seyrelme hareketi arasındaki mesafe dalga boyu olarak ifade edilmektedir (Kadam ve Nayak, 2016). Şekil 1.4'te ses dalgasının hareketi şematize edilmiştir.



Şekil 1.4. Ses dalgasının hareketi (Embibe Institutes, 2019)

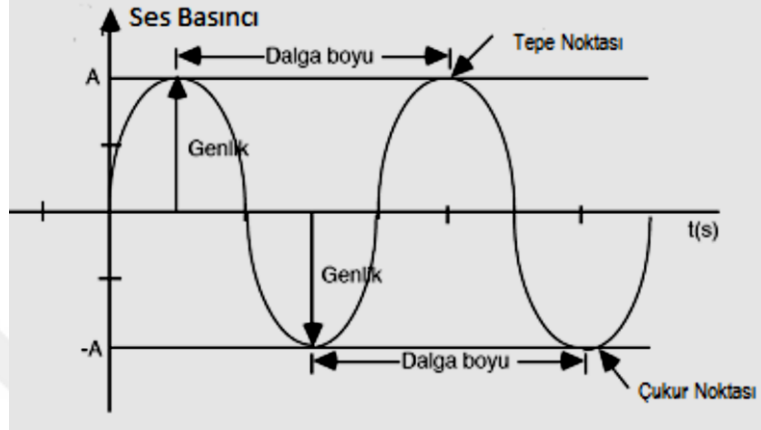
1.4.1.2. Dalga boyu

Tam bir periyot boyunca saf tonun aldığı mesafe dalga boyu olarak tanımlanmaktadır. Dalga boyunun formülü :

$$\lambda = cT = c/f \quad (1.1)$$

Denklem 1.1' de, λ dalga boyu, T periyot, c sesin hızı ve f frekansı ifade etmektedir.

Şekil 1.5'te bir sinüs dalgasının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 1.5. Sinüs dalgasının şematik gösterimi (Canbolat, 2013)

Şekil 1.5'ten görüldüğü gibi sinüs dalgasında, dalganın en tepe iki uç (tepe ve çukur arası) noktası arasındaki mesafenin yarısı dalganın genliğidir (Canbolat, 2013).

1.4.1.3. Frekans

Frekans saniyedeki devir sayısı olarak tanımlanmaktadır. Sesin frekansı Hertz (Hz) ile ifade edilir ve f ile gösterilir (Beranek, 2005). Ses dalgaları bir ortamda yayılırken farklı oran veya frekanslarda titreşim yaparlar ve titreşim kaynağına bağlı olarak bir veya birden fazla frekansa sahip olabilir. Sinüs dalgalarını tek frekansı vardır (Kadam ve Nayak, 2016).

1.4.1.4. Periyot

Zaman (t), sıfırdan $1/f$ e değiştiğinde bir tam devir oluşmaktadır. Periyot T ile gösterilir ve $1/f$ e eşittir. Örneğin frekansı 500 Hz olan bir dalganın periyodu 0,002 saniyedir (Beranek, 2005). Periyot formülü Denklem 1.2'de verilmiştir.

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

Denklemden T periyodu, f frekansı ifade etmektedir.

1.4.1.5. Empedans

Genel olarak bir noktada alternatif bir eylem tarafından bir etki oluştuğunda buna empedans denmektedir. Yani

$$Z = \text{Hareket/Etki} \quad (1.3)$$

Burada Z ilgili noktadaki empedansı ifade etmektedir. Ses olayında akustik empedans:

$$Z = \frac{p}{v} \quad (1.4)$$

Denklemden p, hareketi üreten ses basıncı, v ise ortam parçacık hızını ifade etmektedir. Z ses dalgasının o noktadaki akustik empedansı anlamına gelmektedir.

Bir ses dalgası hiç bir kayba uğramaksızın bir alanda yayılırken akustik empedans ortam yoğunluğu (ρ) ve ses hızından (c) elde edilmektedir (Denklemler 1.5)

$$Z = \frac{p}{v} = \rho c \quad (1.5)$$

Denklemden Z ortama göre spesifik bir değeri olan karakteristik empedansı (veya spesifik akustik rezistans) ifade etmektedir. Örneğin standart şartlardaki havanın karakteristik empedansı 415 kg/m²s'dir (Maekawa ve Lord, 1994). Bir katmanın karakteristik empedansı çarpan ses dalgalarının içeriye girmesine izin verecek şekilde havanınkinden çok farklı olmadığı sürece yüksek ses yutum katsayıları oluşmaktadır (Kuttruff, 2006).

Tamamen rijit ve gözeneksiz bir duvar akustik açıdan “sert” olarak tanımlanmaktadır. Sert duvarın yüzeyindeki ortam parçacıkları kendisine dik gelen dalgaları taşıyamaz ve parçacık hızı sıfır olur. Duvar yüzeyinin empedansı sonsuz ($Z = \infty$) olur. Böyle bir duvar gelen dalgayı mükemmel bir şekilde yansıtır. Tüm açılar için yansıtma faktörü 1’dir. Pratikte beton veya kiremitten yapılan bir duvar insan kulağının duyabileceği frekans aralığında akustik olarak “sert” kabul edilebilir (Kuttruff, 2006).

1.4.1.6. Ses basıncı

Atmosferik basıncın altında veya üstündeki bir basınç varyasyonu ses basıncı olarak tanımlanmaktadır. Birimi paskaldır (Pa). $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dir. Duyma mekanizması ses basıncına cevap verir. Genç bir insan kulağı $20 \mu\text{Pa}$ kadar düşük basınçları seçebilmektedir (Beranek, 2005). Alçak konuşma sesinin basıncı $20 \mu\text{Pa}$, normal bir konuşmanın $20000 \mu\text{Pa}$, bir uzay mekiğinin kalkış ses basıncı ise $2000000000 \mu\text{Pa}$ ’dır. Bu rakamlar arasında çok fazla fark olduğu için kullanımda 20 – 2000000000 aralığındaki rakamları ifade etmek çok pratik değildir. Bu sebeple ses şiddetini tanımlamak için daha basit bir yöntem olan logaritmik (10 tabanında) ifade yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde ses şiddeti Pa cinsinden değil daha kontrol edilebilir ve rahat ifade edilebilir rakamlarla decibel (dB) cinsinden ifade edilmektedir. Logaritmik skalada referans olarak en düşük duyma eşiği olan $20 \mu\text{Pa}$, 0 dB olarak alınmaktadır (Hawkins, 2014).

A. Graham Bell ses sinyallerinin hesaplanması ile ilgili yaptığı çalışmalar sonucunda yeni bir birim olarak kendi soyadı olan “Bell” birimini ortaya atmıştır. Bu birime 10 çarpanı eklenerek “Desibel” birimi kullanılmaya başlanmıştır (Işıkhan, 2019).

Desibel “Başta güç ve basınç olmak üzere, referans değerine göre oranı alınan parametrenin logaritmik değeri” olarak tanımlanmaktadır. Denklem 1.6 ve 1.7’de sırasıyla bell ve desibel formülleri verilmiştir.

$$SBS \text{ (Bell)} = \log_{10} \frac{W}{W_0} \quad (1.6)$$

$$SBS \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} \quad (1.7)$$

Denklemlerde W açığa çıkan gücü, W_0 referans gücü ifade etmektedir. Akustik güç, akustik basıncın karesine eşit olduğu için başka bir ifade ile desibel;

$$SBS \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (1.8)$$

olarak ifade edilir. Denklemden SBS ses basınç seviyesi anlamına gelmektedir ve dB desibeli, P açığa çıkan basıncı ve P_0 referans basıncı ifade etmektedir (Işıkkhan, 2019). Referans basınç $20 \mu\text{Pa}$, açığa çıkan basınç da ilgili frekanstaki ses basıncıdır.

Desibel cinsinden ifade edildiğinde konforlu bir ortamın ses basınç seviyesinin 40-45 desibel olması gerekir (Sever, 2016). Aynı konforun Pa cinsinden yaklaşık olarak $20000 \mu\text{Pa}$ olarak ifade edilebileceği tahmin edilmektedir.

1.4.1.7. Oktav

Akustik biliminde ses frekansları on standart oktav banda bölünmüştür. Her oktav bandın bir merkez frekansı (f_c) vardır ve her merkez frekans bir önceki oktav bandın merkez frekansının iki katıdır. Üst bant limiti (f_u) ve alt bant limitinin (f_L) geometrik ortalaması merkez frekansını (f_c) vermektedir. Üst bant limit ve alt bant limit değerleri arasındaki fark bant genişliğini vermektedir. Her oktav bant, 1/3 oktav bandını elde etmek için üç alt banda bölünmüştür. 1/3 oktav bandının merkez frekansı 20 Hz ile 20000 Hz arasındadır (Kadam ve Nayak, 2016).

Bu tez çalışmasında 1/3 oktav bandı frekanslarından 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 ve 5000 Hz için ses yutum katsayısı ölçümleri yapılmıştır.

1.4.2. İnsan kulağının duyabileceği frekanslar

İnsan kulağı 16 Hz ile 20000 Hz aralığındaki frekansları duyabilir (Kuttruff, 2006). Beranek (2005)'e göre ise genç bir insanın normal duyabileceği frekans aralığı kabaca 15 Hz-16000 Hz aralığı olarak ifade edilebilir. Fakat bazı diğer canlılar bu frekanslardan farklı sesleri duyabilmektedir (Sever, 2016). Günlük konuşmalar genellikle 300-2800 Hz aralığındadır (Ersoy, 2007). Normal bir kulak 3000-6000 Hz aralığındaki frekanslara karşı çok hassastır. Sesin frekansı arttıkça kulağın algıladığı ses incelmekte, frekans azaldıkça kalınlaşmaktadır (Karaağaçlıoğlu, 2012). Frekans aralıklarına göre sesleri kalın, orta ve ince olarak Çizelge 1.3'teki gibi sınıflandırmak mümkündür (Ersoy, 2007).

Çizelge 1.3. Frekans aralıklarına göre sesin algılanması (Ersoy, 2007)

Frekans aralığı (Hz)	Sesin algılanması
16-100	çok kalın
100-400	kalın
400-1600	orta kalın
1600-3150	ince
3150-18000	çok ince

1.4.3. Gürültü

Sesin şiddeti rahatsız edici büyüklükte olduğunda “Gürültü” olarak tanımlanmaktadır. Gürültünün insan sağlığı ve konforu üzerinde çok olumsuz etkileri vardır (Del Sorbo vd., 2019). Bu nedenle istenmeyen sesin ortamlarda azaltılması gereklidir (Ersoy, 2007). Akustik düzenleme ve ses yalıtımı ile insan sağlığını ve konforunu olumsuz etkileyen gürültüyle mücadele edilebilmektedir (Harran Üniversitesi, 2019). İnsan kulağının duyabileceği çok geniş bir frekans aralığı vardır. Gürültü kontrolü açısından kontrol altına alınmak istenen frekans aralığının bilinmesi gereklidir (Karaağaçlıoğlu, 2012).

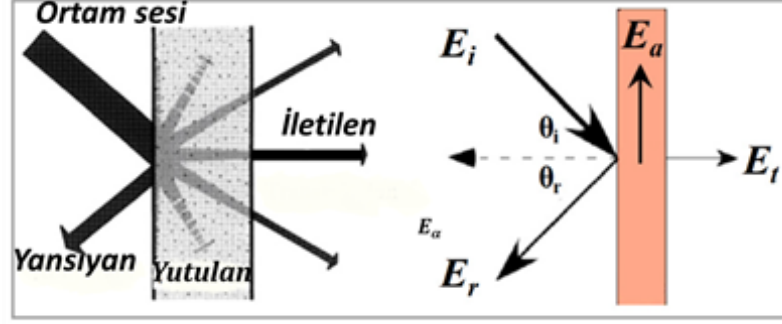
Ses şiddetinin 40-45 desibel olduğu ortamlar sessiz alanlar olarak nitelendirilirler. 50-55 desibel ve üstü gürültülü alanları ifade etmektedir (Sever, 2016).

1.4.4. Ses yalıtımı

Bir malzemenin ses akışına karşı gösterdiği direnç ses yalıtımı olarak adlandırılmaktadır. Malzemenin ağırlığı ses yalıtımı açısından önemlidir. Akustikteki kütle kanununa göre ağır malzemeler hafif olanlara göre kendilerinden geçen daha fazla sesi durdurabilmektedir. Geçirgen olmayan bir malzeme için malzemenin ağırlığı iki katına çıktıkça gürültüyü durdurma kabiliyeti yaklaşık olarak 6 dB artmaktadır (Rabbi vd., 2013; Sengupta, 2010). Beton, kalın cam ve metal gibi çok yüksek yoğunluklu malzemeler çok sert oldukları için ortama sesi geri yansıtarak çok etkili bir şekilde ses yalıtımı sağlayabilir (Tascan ve Vaughn,2008a). Bu malzemeler sese karşı bariyer vazifesi yaparak sesin iletimine engel olabilmektedir (Nayak ve Padhye, 2016). Akustik amaçlı kullanılacak malzemenin paketlenme yoğunluğu arttıkça lifler arasındaki boşluk azalmakta ve malzemenin sesi yansıtma kabiliyeti artmaktadır (Tascan ve Vaughn, 2008b).

1.4.5. Ses yutum mekanizması

Ses enerjisi gözenekli ses yutuculardaki boşluklara girdiğinde ısı enerjisine dönüşmektedir (Cao vd., 2018). Ses yutum prensibi buna dayanmaktadır (Lee ve Joo, 2003). Ses dalgaları bir gözenekli yüzeye çarptığında yansıma, yutum ve iletim olmak üzere üç olay gerçekleşmektedir. Ortam ses enerjisi bu üçünün toplamıdır (Cao vd., 2018). Ortam ses dalgasının basıncı yüzeyin hava akış direncini yenmeli ve ilaveten arka tarafına yayılan sesin basıncını dengelemelidir (Kuttruff, 2006). Ses yutum mekanizması Şekil 1.6'da şematize edilmiştir.



Şekil 1.6. Ses yutulumunun şematik gösterimi (Cao vd., 2018)

Ses yutumu ile ilgili kullanılan eşitlikler:

$$E_i = E_r + E_\alpha + E_t \quad (1.9)$$

$$\alpha = \frac{E_r + E_t}{E_i} = \frac{E_\alpha}{E_i} \quad (1.10)$$

Denklemlerde; α ses yutum katsayısını, E_i ortamdaki ses enerjisini, E_r yansıyan, E_α yutulan ve E_t iletilen ses enerjilerini ifade etmektedir.

1.4.6. Ses yutum katsayısı

Ses yutum katsayısı pratikte çok önemli olan bir kavramdır. Emilen ses enerjisinin ortamdaki sesin enerjisine oranıdır ve α ile gösterilmektedir (Gao vd., 2016; Del Sorbo vd., 2019). Yani bu duvardan yansımayan ses enerjisinin (duvar içinde oluşan kayıplar sebebiyle dağılması veya duvardan iletilmesi nedeniyle) oranıdır (Kuttruff, 2006).

Ses yutum katsayısı uygulanan frekansa göre 0 ile 1 arasında değişiklik gösteren bir değerdir. Bu değer 1'e yakınlığı oranında iyi bir ses yutumu sağlamaktadır (Cox ve D'Antonio, 2017). Bir malzemenin ses yutulumunun etkinliğini değerlendirmek açısından 0,5 kritik bir değerdir (Liu ve Hu, 2010). Fakat Liu ve Zuo (2019)'ya göre ses yutum katsayısı 0,2 olan bir malzeme ses yutum malzemesi olarak değerlendirilebilmektedir.

Ses yutum katsayısı frekansa göre değişiklik göstermektedir. Örneğin standart ses yalıtım malzemeleri olan mineral yünlerin (50 mm kalınlığındaki cam yünü ve taş yünü) ses yutum katsayıları 125-4000 hertz frekans aralığında 0.10 ile 1.00 arasında değişiklik göstermektedir. Her malzeme bir ses yutma katsayısına (α) sahiptir (Harran Üniversitesi, 2019).

1.4.7. Ses yutum katsayısını etkileyen faktörler

Ses yutum katsayısını etkileyen çok sayıda parametre vardır. Bunlar arasında kalınlık (Liu ve Hu, 2010), yoğunluk, açık hücre oranı, hava parçacıklarının hızı (Bahrambeygi vd., 2013), eğrilik, gramaj, empedans, hava akış direnci (Yılmaz, 2009) gözeneklilik, sıkıştırma, elyaf boyutları (Qiu, 2016b) vb. sayılabilir. Bu parametrelerle ses yutum katsayısı arasında doğrudan basit bir ilişki kurmak kolay değildir (Qiu, 2016b). Bu parametreler malzemenin üretim yöntemi, hammadde kompozisyonu, elyaf tipi, bitim işlemleri vb. bağlı olarak ortaya çıkmaktadır ve hepsi birbirinden bağımsız değildir (Yılmaz, 2009).

1.4.7.1. Hava akış direnci

Bu parametreler içinde hava akış direnci en etkili olanlardandır. Birim kalınlığın spesifik hava akış direncidir. Malzemenin hava akış direnci ne kadar çok olursa hava geçirgenliği de o kadar az olur. Ses yutum katsayısı da fazla olur (Qiu, 2016a). Ses yutumu hava akış direncinin artmasıyla birlikte kritik bir noktaya kadar artmakta daha sonra düşmeye başlamaktadır (Taşcan, 2016). Hava akış direncinin 10 kPa s/m² limitine kadar artması ile ses yutum katsayısında artış görülmekte daha yüksek değerlerde düşüş meydana gelmeye başlamaktadır (Martellotta vd., 2018). Bir malzemenin hava akış direnci çok küçük ise malzemenin karakteristik empedansı ortamınki ile aynı olur ve malzemenin arkasında rijit bir duvar da yoksa malzeme sonsuz kalınlıktaymış gibi davranarak yüksek ses yutum katsayısı değerlerine sahip olur (Qiu, 2016b).

Hava akış direnci gözeneklilik ve gözenek büyüklüğüne bağlı olarak belirlenebilir. Malzeme içindeki birbirine bağlı açık gözenekler sayesinde hava

akış direnci ve ses enerjisinin bu gözeneklere yayılma oranı artar (Maderuelo-Sanz vd., 2012).

1.4.7.2. Hava geçirgenliği

Hava geçirgenliği malzemelerin ses yutumu ile yakından ilişkilidir (Küçükali Öztürk vd., 2017). Hava geçirgenliği bir malzemedeki havanın geçişi olarak anlaşılmaktadır. Hava, tekstil yüzeyinin iplik ve lifleri arasındaki gözeneklerden geçer. Hava geçirgenliği malzemenin iç yapısını tanımlayan ve içinden hava geçişine izin veren gözeneklerin miktar ve büyüklüğüne bağlı olan bir özelliktir. Hava geçirgenliği, belli bir basınç altında bilinen bir alandan malzemedeki olarak geçen havanın oranıdır. Hava geçirgenliği de malzeme kalınlığına, yapısal parametrelere, elyaf çapına, elyaf şekline, gözenek büyüklük ve dağılımına bağlıdır (Bhat ve Messiry, 2019). Belli bir hava geçirgenliği değerine ulaşıldığında ses yutum katsayısı değeri pik yaptıktan sonra düşmeye başlamaktadır (Kang vd., 2019).

Hava geçirgenliğinin fazla olması ses yutum katsayısının azalması (Marmaralı vd., 2014; Tascan ve Vaughn, 2008a; Tang vd., 2019) ve daha fazla ses iletimi anlamına gelmektedir (Tascan ve Vaughn, 2008a). Başka ifadelerle düşük hava geçirgenliği düşük ses iletimine dolayısı ile daha iyi bir ses yalıtımına sebep olmaktadır (Rabbi vd., 2013; Küçükali Öztürk vd., 2017).

1.4.7.3. Kalınlık

Tekstil yüzeylerinin kalınlığı ses yutumu açısından önemli olan parametrelerden biridir. Tekstil yüzeyinin akustik empedansı ortamına uyduğunda ses ortama geri yansıtılmamakta ve bu durumda malzeme ne kadar kalın olursa o kadar iyi ses yutumu elde edilebilmektedir. Etkili bir ses yutumu için malzemenin kalınlığının ortam sesinin dalga boyunun 1/10'u olması gereklidir (Qiu, 2016b). Malzeme kalınlığı dalga boyunun 1/4'ü olduğunda ise rezonans frekansında pik meydana gelmektedir (Puranik vd., 2014). Bu da düşük frekanslarda dalga boyları fazla olduğu için malzeme kalınlığının da daha

fazla olması anlamına gelmektedir. Tekstil yüzeyinin akustik empedansı ortaminkine kısmen uyduğunda kalın malzemeler yine daha iyi ses yutumu sağlamakta fakat yüzeyin empedansı ortamın empedansından anlamlı olarak farklı olduğunda sesin çoğu ortama geri yansıtılmakta ve bu durumda kalınlığın ses yutumunun iyileşmesine etkisi olmamaktadır (Qiu, 2016b).

Örme ve dokuma kumaşların kalınlıkları çok azdır. Fakat akustik uygulamalar için kullanılan dokusuz yüzeylerin kalınlıkları 10 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Genelde malzeme kalınlığının artması ses yutumunun da iyileşmesine katkıda bulunmaktadır (Taşcan, 2016).

1.4.7.4. Gözeneklilik

Ses dalgaları gözenekli malzemelere çarptığında, gözeneklerdeki hava moleküllerinin titreşmesi ve gözenek duvarlarına çarpan hava moleküllerinin meydana getirdiği sürtünme nedeniyle gözenek ve kanallarda oluşan ısı ve viskoz etkileşimler sonucunda kısmen ısı enerjisine dönüşerek enerjilerinin bir miktarını kaybetmektedir (Marmaralı vd., 2014). Bir malzemenin ses yutum kabiliyeti gözenekliliğine bağlıdır (Yılmaz, 2009). Gözeneklilik arttıkça ses yutumu iyileşmektedir (Kang vd., 2019; Berardi ve Iannace, 2015). Malzemenin birim alanındaki gözenek sayısı arttıkça veya gözeneklerin çapı azaldıkça ses yutumu artış eğilimindedir. Malzemenin maksimum ses yutum katsayısı gözenek alanı ile orantılıdır (Bhat ve Messiry, 2019). Etkili bir ses yutum katsayısı elde edebilmek için malzeme, gözenekliliği ses dalgasının yayılma doğrultusu boyunca artarak ortada maksimum olacak şekilde tasarlanmalıdır (Tascan ve Vaughn, 2008a; Marmaralı vd., 2014). Fakat bazı çalışmalarda araştırmacılar gözeneklilik azaldıkça ses yutum katsayısının arttığını ifade etmişlerdir (Marmaralı vd., 2014; Süvari ve Dulek, 2019). Bunun araştırmacıların malzeme gözenekliliğini farklı yorumlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gözeneklilik; statik, dinamik veya hesaplama gibi yöntemlerle belirlenebilmektedir (Wassilieff, 1996). Gözeneklilik malzemenin içindeki açık

alanların hacminin toplam hacme oranıdır (Yılmaz, 2009). Kapalı gözeneklerin hacmi toplam hacim olarak değerlendirilir. Tanecikli yapılarda tanecik boyutu küçüldükçe gözeneklilik artmasına karşın tanecik boyutunun çok küçülmesi durumunda daha büyük taneler tarafından meydana gelen boşluklar küçük taneciklerle dolarak gözenekliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Gözeneklilik 0-1 arasında bir değere sahiptir. Gözeneklilik hesabında kullanılacak formüllerden biri Denklem 1.11'de verilmiştir (Karaağaçlıoğlu, 2012).

$$\emptyset = \frac{(V_t - V_f)}{V_t} \quad (1.11)$$

Denklemde \emptyset gözeneklilik, V_t toplam hacim, V_f katı hacim, $(V_t - V_f)$ havanın hacmidir. Her iki hacmin de ölçülmesi gereklidir. Sıvı veya kuru hava ile ölçüm yöntemleri vardır (Karaağaçlıoğlu, 2012).

Gravimetrik ölçüm yöntemi ile gözeneklilik Denklem 1.12'deki gibi hesaplanmaktadır (Yılmaz, 2009).

$$\emptyset = 1 - \frac{\rho_w}{\rho_f} \quad (1.12)$$

Denklemde \emptyset gözeneklilik, ρ_w malzemenin boyutlarından (ağırlık ve hacim) hesaplanan yoğunluk (görünen yoğunluk) ve ρ_f malzemeyi oluşturan liflerin yoğunluğudur.

1.4.7.5. Eğrilik

Eğrilik, gözenekli bir malzemenin etkin yoğunluğunun viskoz olmayan ideal bir sıvı emdirildiğinde nasıl değiştiği ile tanımlanabilir. Islanma ile zarar görmeyen ve iletken olmayan gözenekli bir emicinin eğriliği malzemeyi iletken bir sıvı ile çökeltip elektrik direncini ölçerek bulunabilir (Cox ve D'Antonio, 2017). Başka deyişle eğrilik, gözeneklerden geçiş yolu ve gözenekli malzeme kalınlığı arasındaki orandır. Bir malzemenin ses yutumu ses dalgalarının düz bir yol

izlemesine izin vermeyen eğrilikten etkilenir. Eğri bir yol izlemeye zorlanan havadan malzemeye momentum transferi olur (Yılmaz, 2009).

Genellikle eğrilik $\frac{1}{4}$ dalga boyunun pik yaptığı yeri, gözeneklilik ve hava akış direnci de piklerin yükseklik ve genişliğini etkilemektedir (Wassilieff, 1996).

1.4.7.6. Sıkıştırma

Lifli bir malzemenin sıkıştırılması neticesinde ses yutum özellikleri kötüleşebilmektedir. Sıkışan malzemenin kalınlığı azalmakta, yoğunluğu artmakta, eğrilikte ve hava akış direncinde hafif bir artış görülmektedir. Bunun yanında gözeneklilikte bir azalma meydana gelmektedir (Maderuelo-Sanz vd., 2012). Örneğin bir araba içinde yolcuların oturması sonucunda meydana gelen sıkışma nedeniyle araba koltukları ve yer döşemelerinin sıkışmasıyla birlikte ses yutumunda azalma görülebilmektedir (Taşcan, 2016).

1.4.7.7. Görünür yoğunluk

Bir malzemenin yoğunluğu, birim hacim başına ölçülen ağırlık olarak ifade edilmektedir. Fakat gözenekli malzemeler söz konusu olduğunda ses yutumunda görünür yoğunluk (yığın yoğunluğu veya hacimsel yoğunluk) önemli olmaktadır. Gözenekli malzemenin görünür yoğunluğu hava akış direncini lineer olmayan bir şekilde etkilemektedir. Genellikle tüm diğer parametreler sabit tutulduğunda yoğunluğun artması hava akış direncinin artmasına sebep olabilmektedir. Hava akış direnci ile ses yutumu arasında karmaşık bir ilişki vardır. Yoğunluk fazla olduğunda hava akış direnci de fazla olur fakat malzemenin karakteristik empedansı ortamından farklı ise malzeme düşük ses yutumu sağlamaktadır. Diğer taraftan yoğunluğun düşük olması düşük hava akış direnci ile sonuçlanmayabilir (Qiu, 2016b).

Başka bir ifade ile yığın yoğunluğu veya görünür yoğunluk olarak adlandırılabilen hacimsel yoğunluk dokusuz yüzeyler dahil tüm malzeme tipleri için önemli bir parametredir. Birimi g/cm^3 'tür. Akustik uygulamalarda

kullanılan tekstil kumaşlarının hacimsel yoğunlukları kumaşın ağırlığı tartılıp, üç boyutu (en, boy ve kalınlık) ölçülerek hesaplanmaktadır. Tekstil materyalleri çok düzgün olmadıkları için en az 10 ölçüm alınması gereklidir (Taşcan, 2016).

1.4.7.8. Alansal yoğunluk (gramaj)

Alansal yoğunluk, malzemenin birim alanının ağırlığıdır. SI birim sisteminde g/m² olarak ifade edilmektedir. Genelde diğer parametreler sabit kalmak şartıyla gramaj artışıyla ses yutumu artmaktadır (Taşcan, 2016).

1.4.7.9. Elyaf boyutları

Hava akış direnci elyaf çapının karesi ile ters orantılıdır. Diğer tüm parametreler sabit tutulursa ince liflerin hava akış direnci daha fazladır. Malzemenin hava akış direnci fazla olduğunda daha iyi ses yutumuna sahip olması beklenmektedir. Fakat buradan ses yutumu ile direkt bir ilişki kurmak kolay değildir (Qiu, 2016b).

1.4.8. Ses yutum katsayısının ölçümü

Literatürde akustik özelliklerin belirlenmesinde en çok kullanılan iki yöntem empedans tüpü metodu ve çınlama odası metodudur (Taşcan ve Vaughn, 2008a).

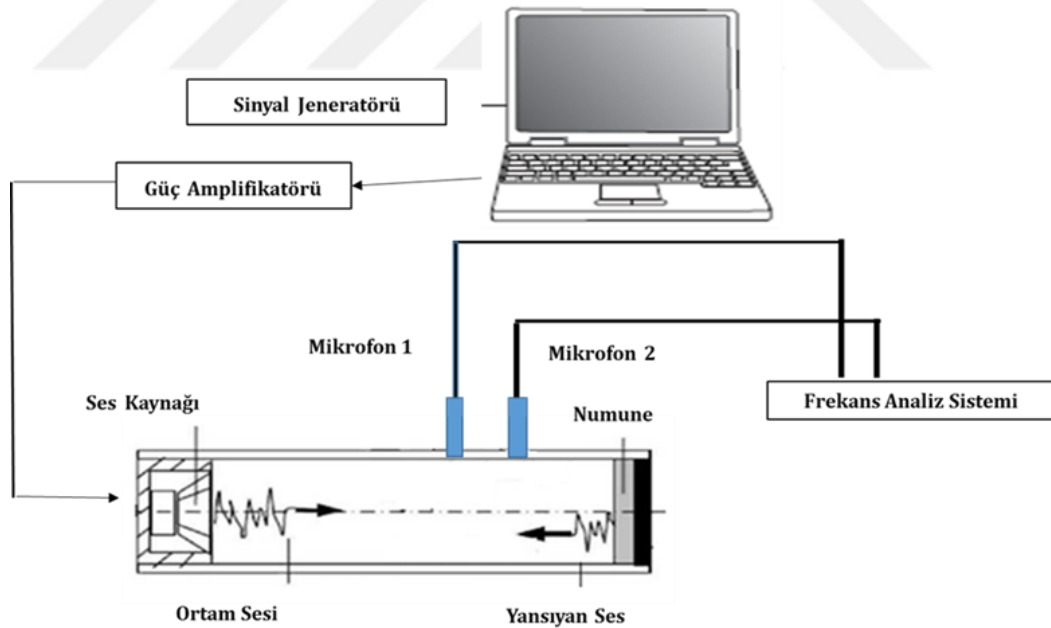
Bu iki yöntemden elde edilen sonuçlar birbirine göre farklılık gösterir. Bunu da numune yerleşimlerinin açısal farklılığı ile yorumlamak mümkündür. Çınlama odası ile ölçüm yöntemi daha uzun süre ve daha fazla numune gerektirmektedir. ASTM C423 standardına göre en az 6.69 m², ISO 10140 standardına göre 10 m² ebatlarında numune gereklidir. Fakat bu yöntemin güvenilirliği daha fazladır (Na vd., 2012).

Empedans tüpü yönteminde ise çok az miktarda numune (frekansa bağlı olarak yaklaşık olarak 29 veya 100 mm çapında) kullanılmaktadır. Bu yöntemde

üretilen ses sinyalleri yükseltildikten sonra ses kaynağına gönderilmekte ve gönderilen ses sinyalleri ses kaynağında ses dalgalarına dönüştürülmektedir (Tascan ve Vaughn, 2008a). Numuneye çarpan sesin bir kısmı yutulmakta ve bir kısmı da geri yansımaktadır.

Empedans borusu ile ölçüm yöntemi bir düzleme dik gelen ses dalgalarının olması durumunda güvenilirdir ve doğru sonuçlar vermektedir. Çınlama odası metodu ile ses yutum katsayısının ölçülmesinde ise ses alanı ve malzemenin büyüklüğü ile ilgili uygun varsayımlar gereklidir. Çınlama odası ile ölçümde oldukça büyük numunelere ihtiyaç duyulmaktadır (TSE, 2001). Çınlama odası ile ölçüm metodunda dağılan sesin gelişi açısından ses yutum katsayısı tayin edilmektedir. Empedans borusunda ise ses dik gelmektedir (TSE, 2003).

Şekil 1.7’de iki mikrofona sahip bir empedans tüpünün şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 1.7. Ses yutum katsayısı ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi (Özkal vd., 2019).

Sinyal jeneratörü tarafından üretilen sinyaller bir amplifikatör ile yükseltilerek ses dalgalarına dönüştürülmek üzere ses kaynağına gönderilir. Test edilecek

malzeme tüpün sonunda, ses yolu üzerinde ve ses dalgaları kendisine dik gelecek şekilde yerleştirilir. Tüpün içinde numuneye çarpan ses dalgaları iki yerde ölçülerek elektrik sinyaline dönüştürülür ve analiz edilmek üzere frekans analiz sistemine gönderilir (Tascan ve Vaughn, 2008a).

1.4.8.1. Gürültü azaltma katsayısı

İnsan kulağının duyabileceği frekans aralığı olan 16-20000 Hz çok geniş bir aralıktır. Bu aralık birbirine eşit olmayan oktav bantlara bölünmüştür. Mühendislik uygulamalarında gürültü kontrolü için 1/3 oktav bant frekansları olan 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 ve 6000 Hz için ses yutum katsayıları ölçülmektedir (Karaağaçlıoğlu, 2012).

ABD Standardı ASTM C 423, Uluslararası Standart ISO 354'e tekabül etmektedir. Ancak, ASTM C 423 ilaveten bir tek sayı belirleme yöntemi içermektedir. Gürültü azaltma katsayısı (GAK) olarak adlandırılan bu ölçü 250, 500, 1000, 2000 frekanslarına ait ses yutum katsayılarının ortalamasıdır.

$$GAK (\alpha) = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4} \quad (1.13)$$

Denklemdede GAK, gürültü azaltma katsayısını, α_{250} , α_{500} , α_{1000} ve α_{2000} sırasıyla 250, 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarındaki ses yutum katsayısı değerlerini ifade etmektedir.

1.4.9. Ses yutum malzemeleri

Ticari ses yutum malzemeleri genel olarak rezonans yutum malzemeleri ve gözenekli yutum malzemeleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Cao vd., 2018). Rezonans yutucuların çalışma mekanizması gözenekli yutuculardan farklıdır. Gözenekli yutucular kanallar, boşluklar ve çatlaklar ihtiva ederler (Cao vd., 2018). Gözenekli yutucularda ses yutumu malzemenin özelliklerine çok bağlıdır

fakat membran/panel yutucularda ses yutumu panelin bir bütün olarak verdiği cevaba ve etkin olması istenen ses alanı ile eşleşmesine bağlıdır. Bu da membran/panel yutucuların yutum özelliklerinin tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır (Qiu, 2016b).

Cam yünü, mineral yün, taş yünü ve polistren gibi geleneksel ses yalıtım malzemelerinin üretim ve kullanım esnasında insan sağlığına ve çevreye zararları vardır (Desarnaulds vd., 2005). Örneğin mineral lifler solunduğunda akciğerlere çökebilir ve cilt tahrişine neden olabilir (Asdrubali, 2006).

Bu tezde çalışılan dokusuz yüzeyler gözenekli, nanolifler rezonans malzemelerdir. Çalışmada elde edilen malzemelerin gürültü azaltma katsayıları (GAK) ile karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla Çizelge 1.4'te bazı yalıtım malzemelerin GAK değerleri ve malzeme kalınlıkları verilmiştir.

Çizelge 1.4. Bazı yalıtım malzemelerinin gürültü azaltma katsayısı değerleri (Karaağaçlıoğlu, 2012).

Malzeme	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (kg/m ³)	Gürültü azaltma katsayısı
Tuğla	*	*	0,037
Tahta blok	50	145	0,045
Parke kaplama	10	120	0,057
Alçıpan tavan	12	*	0,062
Tahta tavan kaplaması	20	145	0,135
Halı (beton üzerinde)	*	*	0,292
Kontrplak levha	10	138	0,347
Halı (kauçuk köpük üzerinde)	*	*	0,382
Hindistan cevizi lifi	35	70	0,515
Polistren levha	50	28	0,518
Yün elyaf	60	25	0,520
Lastik granül levha	5	1400	0,520
Kenevir lifi	50	40	0,568
Polyester levha	50	32	0,588
Taş yünü	50	80	0,638
Cam yünü	50	50	0,663
Poliüretan levha	50	30	0,665
Selüloz elyaf	50	28	0,695
Keten lifi	35	43	0,705
Kenaf elyaf	50	50	0,748
Polyester levha	45	20	0,835

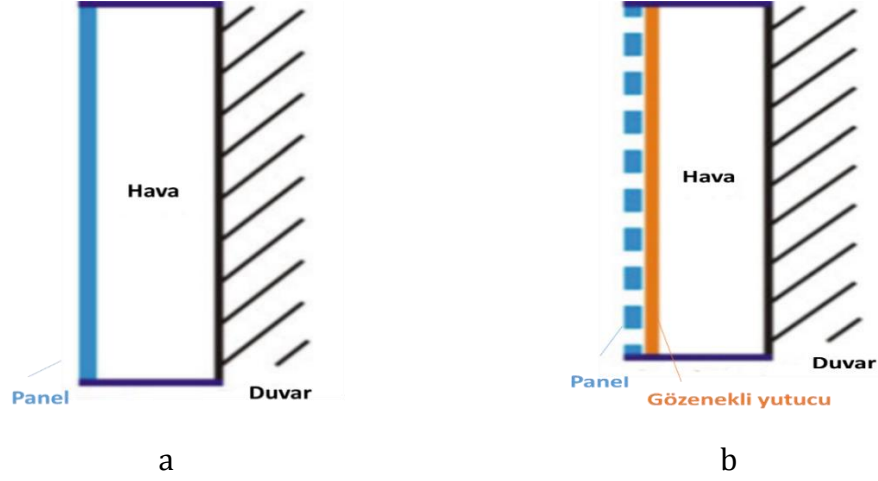
1.4.9.1. Rezonans ses yutum malzemeleri

Uyarıcı sistemin frekansı ile rezonatörün frekansının aynı olduğu durumda oluşan zorlanmış bir titreşim meydana gelmektedir. Oluşan zorlanmış titreşimin genliği uyarıcı titreşimin genliğine göre çok büyük değerler alabilmektedir. Bu olay rezonans olarak adlandırılmaktadır (Zeren, 2003).

Rezonans yutucular kütle-yay sistemleridir (Küçükali Öztürk, 2017). Rezonans yutum malzemeleri, Helmholtz rezonatör ve membran/panel yutucular olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Qiu, 2016b). Bu yutucular iç rezonans etkisi prensibine dayanmaktadır ve düşük frekanslarda daha etkilidir (Cao vd., 2018). Rezonans membranlar titreşim prensibine bağlı olarak sesi elimine ederler. Rezonans ve gözenekli ses yutucular arasındaki en önemli fark rezonans yutucuların genellikle düşük frekans aralığında, gözenekli ses yutucuların ise orta-yüksek frekans aralığında etkili olmasıdır (Qiu, 2016b).

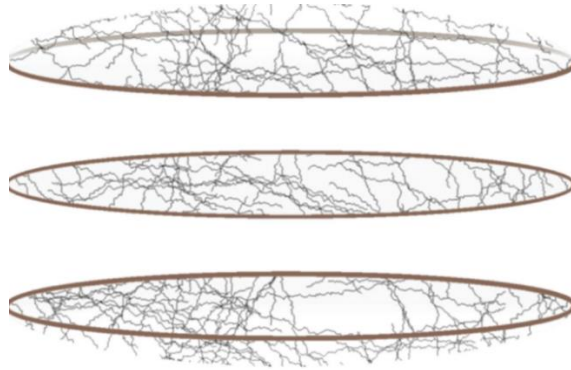
Bir membran/panel ses yutucu için kütle, titreşen membran levhası veya çeşitli malzemelerden yapılabilen paneldir. Yay ise, genellikle membran veya panelin esnek sınırı veya boşluktaki havadır. Membran veya panelin titreşimi ile akustik enerji dağılmaktadır (Qiu, 2016b).

Helmholtz yutucularında ise kütle, perfore levha açıklığındaki hava tıpası ve yay da genellikle boşluktaki havadır. Ses yutucu malzemenin etkinliğini artırmak için Helmholtz rezonatörün boynuna veya bir membran/panel yutucuda membran veya panelin hemen arkasına gözenekli bir yutucu yerleştirmek genellikle daha iyidir (Qiu, 2016b). Şekil 1.8'de bir panel ve Helmholtz yutucunun şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 1.8. Panel yutucu (a) ve Helmholtz yutucu (b) şematik gösterimi (Qiu, 2016b)

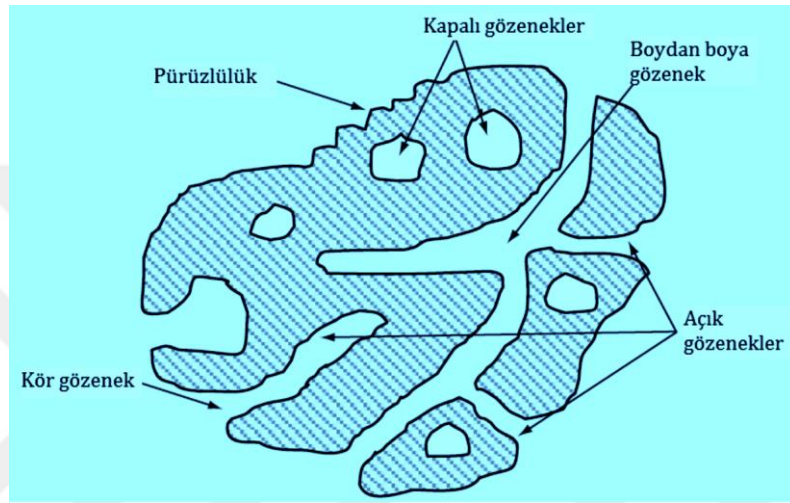
İnce nanolifli yapılar ses yutumu açısından gözenekli lifli yapılar ile kıyaslandıklarında daha farklı özellik sergilemektedir. Gözenekli yapılarda ses yutumu hava parçacıklarının gözenek duvarları ile sürtünmesi prensibine dayanırken, nanolifli yapılarda ses dalgalarının enerjisi membran rezonans prensibine bağlı olarak yutulmaktadır (Mohrova ve Kalinova, 2012). Bu özellik nanoliflerin arasındaki nano boşluklar sebebiyle oluşmaktadır. Ses dalgaları nanolif membrana çarptığında membran bir sarkaç gibi salınarak rezonans frekansında maksimum salınım değerine ulaşmaktadır. Nanolifli yapıların rezonansı sebebiyle akustik enerji ısı enerjisine dönüşmektedir. Nanolifli yapılar düşük frekanslarda etkilidir (Kalinova vd., 2016). Şekil 1.9'da rezonans frekansında titreşen bir nanolifli yapının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1.9. Rezonans frekansında nanolifli membranın titreşimi (Kalinova, 2011).

1.4.9.2. Gözenekli ses yutum malzemeleri

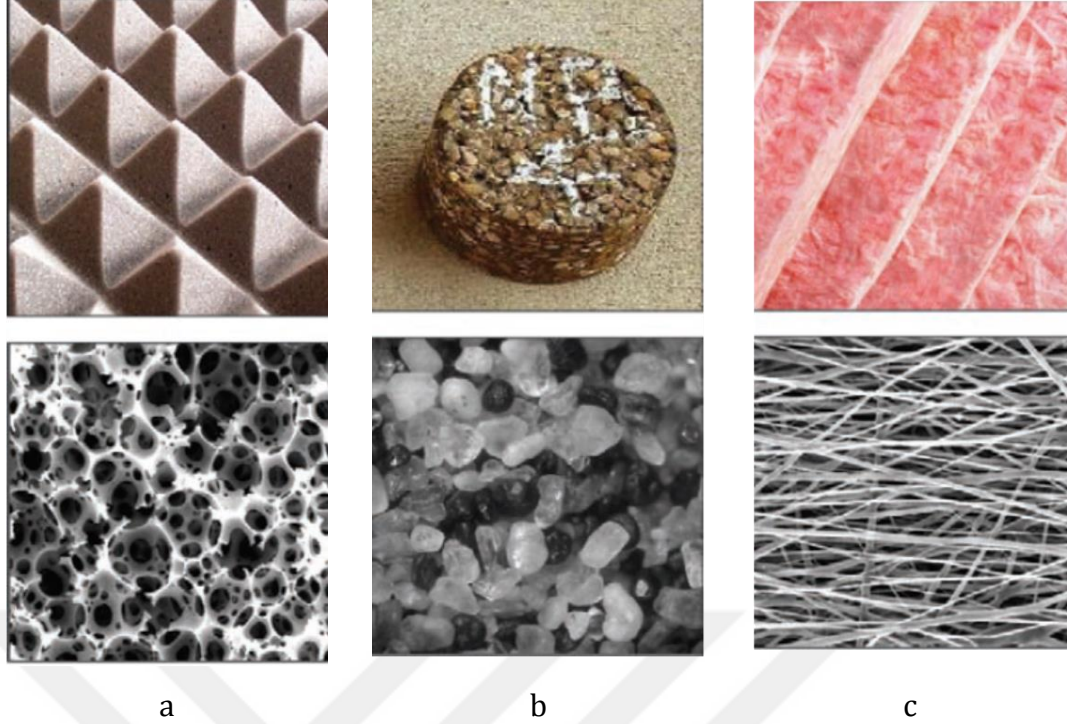
Akustik odaların tasarımında ve gürültü kontrolünde kullanılan ses yutucu malzemeler temelde bazı gözenekli materyalden oluşmaktadır. Malzemenin içindeki gözenekler kapalı değildir. Bu açık gözenekler bir network oluşturacak şekilde içten kanallarla birbirlerine bağlıdır (Kuttruff, 2006). Şekil 1.10'da gözenekli katı bir malzemenin şematik olarak enine kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1.10 Katı bir malzemenin şematik enine kesit görüntüsü (Arenas ve Crocker, 2010)

Gözenekli malzemeler insan kulağının çok hassas olduğu orta ve yüksek frekans aralığında etkilidir (Cox ve D'Antonio, 2017). Düşük frekanslarda dalga boyu uzundur (Nayak ve Padhye, 2016). Dolayısı ile gözenekli malzemelerin düşük frekanslarda etkin bir ses yutumu sağlayabilmeleri için kabul edilemeyecek kalınlıkta olmaları gereklidir (Aygün, 2017). Bu problemi çözmek için düşük frekans aralığında rezonans membranlar kullanılmaktadır (Qiu, 2016b).

Gözenekli ses yutum malzemeleri otomotiv akustiği, oda akustiği, endüstriyel gürültü kontrolü ve kayıt stüdyosu akustiğinde kullanılmaktadır. Ses yutucular genelde sert, rijit iç yüzeylerden yansıyan istenmeyen yankı gürültülerini azaltmak için kullanılmaktadır. Gözenekli ses yutucular hücreli, parçacıklı ve lifli olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir (Yılmaz, 2009). Şekil 1.11'de hücreli, parçacıklı ve lifli bazı ses yutum malzemelerine ait bazı görüntüler verilmiştir.



Şekil 1.11. Bazı gözenekli ses yutucu malzemeler (a: hücreli, b: parçacıklı, c: lifli) (Arenas ve Crocker, 2010)

Ahşap parçacıklarından yapılan paneller, gözenekli beton ve geçirgen yol yüzeyleri parçacıklı yutuculara örnek olarak verilebilir (Patnaik, 2016). Hücreli yutucular arasında poliüretan köpük yüksek tutuşma oranı ve toksin emisyonuna rağmen en yaygın olarak kullanılanlar arasındadır (Yılmaz, 2016). Tekstil malzemeleri ise lifli ses yutuculardır. Halılar, halı altı yalıtıcılar, tavan yalıtımı malzemeleri, perdeler gözenekli lifli ses yutuculardır (Patnaik, 2016).

Lifli ve parçacıklı yutucular genellikle parçacık veya liflerin yapıştırıcı yardımıyla birbirine birleştirilmesi ile üretilmektedir. Yüzeyleri de daha güzel bir görüntü oluşturmak, çevreyi ve insanları malzemenin zararlarından korumak ve ses yutumunu artırmak gibi nedenlerle ince perfore yüzeylerle kaplanmaktadır (Patnaik, 2016).

1.4.9.2.1. Tekstil ses yutum malzemeleri

Tekstil yüzeyleri tek başlarına veya çeşitli atıklarla farklı karışım oranlarında kompozit ve hibrit yapılar halinde ses kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda bina ve inşaat teknik tekstillerinin kullanımı

artmaktadır (Kopitar vd., 2014). Hatta gelecekte tüm yapı malzemelerinin tekstilden olacağı görüşü de vardır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki "Carbon Tower" buna örnek olarak tasarlanmıştır. Teknik tekstiller hafif, fonksiyonel ve daha ucuz olmaları, ses ve ısı yalıtımına katkıda bulunmaları gibi sebeplerle klasik yapı malzemelerinin yerini almaya adaydır (Mecit vd., 2007).

Genellikle sert ve düzgün yüzeyler gelen enerjinin çoğunu yansıtmakta, kumaş gibi yüzeyler gelen enerjinin bir kısmını soğurmaktadırlar (Kalebek, 2016). Örme, dokuma veya dokusuz yüzey tekstil malzemeleri yumuşak ve gözenekli yapıları nedeniyle ortamın ses yalıtım ve ses yutumu katkı sağlar (Patnaik, 2016). Tekstil ses yutucular ses azaltımında giderek artan oranlarda kullanılmaktadır (Na vd., 2012). İç mekânlarda beton ve cam gibi sert malzemeler kendilerine çarpan sesin çoğunu yansıttıkları için ortamda yankı oluşumuna sebep olmaktadır. Örneğin perdelerin kullanılması ses yutumu sağlayarak bu yankının azalmasına katkıda bulunmaktadır. İyi ses yutucu olan kalın ve ağır perdeler alternatif olabilecek daha hafif perdeler bazı araştırmacıların çalışma konusu olmaktadır (Pieren vd., 2018). Dokuma kumaşlar iç dekorasyonda yaygın olarak kullanılırsalar da daha düşük ses yutumu özelliğine sahiptir. Kullanım esnasında duvar ile arkalarında boşluk bırakılarak ses yutumu iyileştirilebilmektedir (Tang vd., 2019). Atkı ve çözgü sıklığı fazla olan dokuma kumaşların ve çift katlı kumaşların, yüksek iplik sıklığına ve düşük gözenekliliğe sahip bezayağının daha iyi ses yutumu sağladığını bildiren çalışmalar vardır (Süvari ve Dulek, 2019). Düşük gözenekliliğin daha iyi ses yutumu sağladığının bildirilmesi Bölüm 1.4.7.4'te ifade edildiği gibi bazı literatür ile uyumlu değildir. Dokumada örtü faktörünün artmasının ve rotor iplik kullanımının ring ve kompakt ipliklere kıyasla, daha hacimli yapıya sahip olmaları nedeniyle ses yutumunu iyileştirdiğini bildirilen çalışmalar vardır (Suvari ve Dulek, 2019).

Akustik amaçla kullanılacak en iyi tekstil malzemeleri dokusuz yüzeylerdir (Jordeva vd., 2015). Genellikle drenaj, filtreleme, ayırma, toprak koruma ve kısmen erozyon kontrolü gibi alanlarda kullanılan iğneleme yöntemi ile üretilen jeotekstillerin üç boyutlu, kompleks ve çok lifli bir yapıları vardır (Kopitar vd.

2014). Bu yapıları sebebiyle iyi bir ses yutum malzemesi olma potansiyeline sahiptirler. Jeotekstillerin üretiminde polyester ve poliolefinler en yaygın olarak kullanılan polimerler arasındadır (Ingold ve Miller, 1988). Dokusuz yüzeyler ayrıca ses yutumu daha düşük olan örme ve dokuma tekstil yapıları ile birlikte kullanılarak ses yutumunda iyileşme sağlanmaktadır (Broda ve Baczek, 2019).

Bölüm 1.4.7 ve 1.2'de sırasıyla ses yutum katsayısını etkileyen faktörler ve araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Bir özetleme yapılacak olursa, özel durumlar ve kritik sınırlar hariç, çoğu durum için şunları söylemek mümkündür (Memon vd., 2015):

- Daha hacimli, ince, hafif ve daha fazla yüzey alanına sahip lifler karışım oranlarına da bağlı olarak daha iyi akustik özelliklere sahiptirler.
- Ağır, kalın, sıkıştırılmamış ve eğri iç bağlantılara sahip tekstil malzemeleri daha iyi ses yutumu sağlarlar.
- Fakat yoğunluk, gözeneklilik, perfore derecesi, hava geçirgenliği ve hava akış direnci için çok net bir şey söylemek her zaman kolay değildir.
- Tüldeki liflerin yerleşiminin dağınık olması genel olarak daha iyi ses yutumu ile sonuçlanmaktadır. Benzer şekilde denizde adacık yöntemi ile üretilen dokusuz yüzeylerde adacık sayısının fazla olması daha iyi akustik özelliklerle sonuçlanmaktadır.
- İğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeylerde iğneleme yoğunluğunun ses yutumu üzerinde olumsuz, iğneleme derinliğinin olumlu etkisi vardır.
- Kimyasal ve ısıl bağlama yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzey ve kompozitlerin akustik özellikleri kullanılan yapıştırıcı miktarı ve türü, takviye malzemeleri ve miktarlarına bağlıdır. Daha fazla elyaf içeriği ve daha az yapıştırıcı miktarı ile daha iyi ses yutum katsayıları elde edilmektedir.
- Spacer örme ve jakarlı örme kumaşlar konvansiyonel düz örme kumaşlardan daha iyi ses yutum özelliklerine sahiptir.
- Laminasyon ses yalıtım özelliğini pozitif yönde etkiler.
- Kumaş kat sayısını artırmak belli bir değere kadar ses yutum katsayısında artış ağlarken daha sonra kat artışı anlamlı olmamaktadır.

- Daha iyi akustik özellik elde etmek için tekstil malzemeleri duvardan biraz mesafeli, ses kaynağından uzak, açısız, köşelere yakın ve sırt sırta yerleştirilmediler.
- Yoğunluk artışı ses yutumunu olumsuz etkilerken hav yoğunluğu artışı olumlu etkilemektedir.

Çizelge 1.5'te çeşitli tekstil yüzeylerinin akustik uygulamalar açısından birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir.



Çizelge 1.5. Çeşitli tekstil yüzeylerinin akustik uygulamalar açısından karşılaştırılması (Singh ve Mukhopadhyay, 2016).

Üretim yöntemi	Özellikler	Avantajları	Dezavantajları
Dokuma	İnce yapılar Yavaş üretim hızı.	Basit ve daha ucuz yöntem	Kumaş kalınlığında ve ses yalıtımını etkileyen faktörlerin optimizasyonunda kısıtlama
Dokusuz yüzey	Gözenekli yapılar Hızlı üretim hızı	Gözeneklilik derecesi ve gözenek büyüklüğü ayarlanabilmesi, farklı liflerin birlikte kullanılabilmesi ve en yaygın kullanılan yöntem olması.	Kumaş kalınlığında kısıtlama olması ve sadece düzlemsel yapılar elde edilebilmesi
Örme	Çözümlü ve atkılı örmede açık yapılar var ve spacer örmenin daha az yaygın	Proses parametrelerinin çok yönlü olması ve düzlemsel olmayan yapıların elde edilmesinin mümkün olması	Spacer örmede az esneklik olması ve sadece spacer örmede ebatların sabit kalması
Polimer kompozitler	Rijit yapılar Sesin çoğunu yansıtır	Tekstil atıklarından yararlanılabilmesi, çok çeşitli kombinasyonlar elde edilebilmesi, istenilen şekilde yapı üretilebilmesi ve ikinci en yaygın kullanılan yöntem olması	Ürünün (yapının) gözenekliliğini azaltır Esneklik kaybolur
Hibrit yapılar	İki veya daha fazla yapının kombinasyondan meydana gelmesi	Yüksek ve düşük frekans aralıklarında etkin olması ve çok yönlü uygulamalarda kullanılabilmesi	Ses yalıtımının bileşenlerin sıralamasına bağlı olması

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde kaynak özetleri tez içeriği açısından diğer 3 başlık altında incelenmiştir. Önce nanolifler, daha sonra dokusuz yüzeyler ve son olarak kompozit malzemeler ile ilgili yapılmış olan ses yutum çalışmaları ile ilgili literatür taramasına ait özet bilgiler verilmiştir.

2.1. Nanolifler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları

Asmatulu vd. (2009), çalışmalarında elektro lif çekim yöntemi ile üretmiş oldukları nano membranların ses yutum katsayılarını 1 ve 2 inç kalınlığında köpük ile kıyaslamışlardır. Çalışma kapsamında üretilen nano membranların gramaj ve lif çapları: PVC (0,5, 1 ve 1,5 g/m² ve lif çapı 200 nm–500 nm aralığında), PVC (lif çapı 500 nm-900 nm aralığında) ve PVP (lif çapı 4-5 µm) olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre nano membranların kalınlığı arttıkça etkili oldukları frekans aralığı sola doğru kayarak daha düşük frekanslarda etkili ses yutumu sağlanmıştır fakat nanolifler köpük ile kıyaslandığında köpük malzemeler ile çok daha etkin ses yutumu elde edildiği görülmüştür.

Xiang vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada % 8 konsantrasyonunda PAN polimerini DMF ile çözerek iğneli elektro lif çekim cihazı ile (10 kV, 13 cm ve 0.02 mL/dk üretim parametreleri ile) 10, 30 ve 60 dakikalık üretimler yapmışlardır. Çalışmalarında, 17, 38 ve 205 µm kalınlıklarında ve sırasıyla 270, 298, 325 cm² alanlarında nanolifli yüzeyler elde ederek bu yüzeylerin kendilerinin ve akustik sünger, PP dokusuz yüzey, perfore panel gibi akustik malzemelere kaplanmış hallerinin ses yutum katsayılarını ölçmüştür. Çalışma kapsamında üretilen nano kompozitler ile düşük ve orta frekans aralığında 1'e varan ses yutum katsayısı değerleri elde edilmiştir. BASF sünger numunesinde ve cam elyafta yüksek frekansta küçük bir düşüş görülmesine rağmen diğer frekanslarda daha fazla artış elde edilmiştir. Fakat bu çalışmada dikkat edilmesi gereken başka bir ayrıntı şudur: Nanolif yüzeylerin ses yutum katsayılarını empedans tüpü ile ölçümünde numunenin arkasında önce hiç boşluk bırakılmamış sonra sırasıyla 10, 20 ve 30'ar mm boşlukla ölçüm yapılmıştır. Hiç

boşluk bırakılmaması durumunda elde edilen değerler her üç nanolif yüzeyi için de çok düşük ölçülmüştür. En iyi değerlerin arkada 10 mm boşluk olması durumunda elde edildiği söylenebilir fakat bu nanolif yüzeyleri geleneksel akustik malzemelere kaplayarak yapılan ölçümlerin mesafesinin ne olduğu makalede belirtilmemiş olup 10 mm olduğu tahmin edilmektedir.

Kalinova (2011) tarafından yapılan bir çalışmada PVA ile farklı çap ve gramajda üretilen nanoliflerin ses iletim ve ses yutumu için rezonans frekansları incelenmiştir. Lif çapı sabit olduğunda nano membran gramajının artması ile daha düşük frekanslarda daha iyi ses yutum katsayısı değerleri elde edilmiştir. Yani rezonans frekansı gramajın artması ile azalmıştır. Gramaj sabit tutulup lif çapının ses yutumu üzerindeki etkisi incelendiğinde; lif çapının azalması ile daha düşük frekanslarda daha yüksek değer elde edilmiştir fakat ses iletim kaybı ve ses yutum katsayısı birlikte değerlendirildiğinde rezonans frekanslarının uyumlu olmadığı görülmüştür.

Khan vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada PVP, PS ve PVC (sırasıyla 130000, 230000, 150000 g/mol) polimerleri sırasıyla etanol, DMF ve DMAc çözümlerinde çözülmüştür. Daha sonra her biri için farklı üretim parametreleri ile (voltaj 10-30 kV, mesafe 20-30 cm) iğneli elektro lif çekim düzeneğinde nanolif yüzeyler üretilmiştir. Bu yüzeylerin 2000/6000 Hz aralığında ses yutum katsayıları ölçülmüştür. Çalışma neticesinde en iyi ses yutum katsayısı değerlerinin PS/PVC karışımından üretilen 2.52 cm kalınlığındaki numuneden elde edildiği ifade edilmiştir. Ses yutum katsayıları ölçülen diğer numuneler bu kadar kalın değildir, onların da benzer kalınlıkta olması durumunda yine bu kadar iyi değerler elde edilebileceği düşünülmektedir.

Na vd. (2012) tarafından eriyikten lif çekim yöntemi ile PA polimerinden ortalama 800 nm çapta 30 g/m² ağırlığında dokusuz yüzeyler elde edilerek bu yüzeylerin mikroliflerden yapılan bazı kumaşların ses yutum katsayıları ile kıyaslamaları yapılmıştır. Bu kıyaslama yapılmadan önce nanolif yüzeyler referans alınan kumaşın ağırlığına ulaşacak şekilde çok katlı (6, 7, 10, 11 ve 18) hale getirilmiş ve referans kumaşın ve katlı nanolif yüzeylerin ses yutum

katsayıları iki farklı yöntem ile (empedans tüpü ve çınlama odası) ölçülmüştür. 125-4000 Hz aralığında empedans tüpü ile ölçülen ses yutum katsayısı değerleri referans kumaşlar için 0,01-0,42 aralığında olmuştur. Bu referanslara eşit ağırlığa getirilen çok katlı nanolif yüzeylerin ses yutum katsayısı değerleri 0,01-0,57 aralığında ölçülmüştür. Nanolif katmanlarda daha iyi ses yutum katsayısı değerleri elde edilmiş olmasına rağmen bu artış elektro lif çekim yöntemi ile elde edilen nanolif yüzeylerin sağlamış olduğu ve neredeyse bazı frekanslarda 1'e ulaşılabilen ve referansa göre 7-8 kat iyileştirme sağlayan bazı çalışmalara göre şaşırtıcı derecede düşük bir iyileştirmedir. Bunun sebebinin elde edilen nanoliflerin çaplarının kalın olması olabileceği düşünülmektedir.

Öztürk vd. (2013), PVA polimerinden ürettikleri nanoliflerin ve homojen folyonun rezonans frekanslarını, yüksek hızlı bir kamera yardımı ile nanoliflerin yer değiştirmesini ölçerek optik olarak belirlemişlerdir. Çalışmada folyonun ve nanoliflerin yer değişim miktarları karşılaştırıldığında nanolifli yapının folyoya kıyasla daha düşük frekanslarda daha fazla yer değiştirdiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi nano membranın daha elastik olan yapısı nedeniyle titreşiminin ve yer değişiminin daha fazla olması olarak izah edilmiştir.

Kalinova vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada PVA polimerinden elektro lif çekim yöntemi ile farklı gramajlarda üretilen nanolif membranların düşük frekans aralığında rezonans etkisi çalışılarak hangi frekanslarda en yüksek ses yutum katsayısı meydana geldiği araştırılmıştır. Başka bir ifade ile nanolif membran gramajının rezonans frekansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ilk pik görülen en düşük frekans hariç, membran gramajı arttıkça rezonans frekanslarının düştüğü tespit edilmiştir. Bu da genel olarak membran gramajının artması ile daha düşük frekanslarda daha iyi ses yutumu sağlandığı anlamına gelmektedir.

Avossa vd. (2018), elektro lif çekim yöntemi ile polivinilprolidin (PVP) polimerinden elde ettikleri 1, 6 ve 2,8 µm çapındaki nanolifleri en az 6 kat üst üste koyarak ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre daha ağır (katsayısı daha fazla) olan yapıların rezonans

etkisi ile birden fazla frekansta pik yaptığı ve düşük frekans aralığında daha etkili ses yutumu sağladığı ve 500 Hz frekansında 0,9 yutum katsayısına ulaşıldığı belirlenmiştir.

2.2. Dokusuz Yüzeyler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları

Sengupta (2010) yaptığı bir çalışmada polipropilen ve jütten farklı gramaj ve oranlarda iğnelenmiş dokusuz yüzeyler elde ederek bu numunelerin ses azaltma özelliklerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre gramaj arttıkça malzemenin ses yalıtım özelliğinin arttığını (4 katlı 500 g/m²) ve daha sonra sabit kaldığı tespit edilmiştir.

Tascan vd. (2011), üç farklı elyaf şekli ve iki farklı elyaf kalınlığındaki polyester liflerinden ısı birleştirme yöntemi ile hazırladıkları dokusuz yüzeylerin akustik özelliklerini (ses yutum ve ses iletim) incelemişlerdir. Çalışma neticesinde aynı kalınlıkta olan dokusuz yüzeylerden daha ince liflerden üretilenlerin daha iyi akustik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca aynı malzeme yoğunluğunda olup da 9 köşeli elyaf şekline sahip olan liflerin, diğer yuvarlak ve 3 köşeli liflerden daha etkili ses yutumu sağladığı ifade edilmiştir.

Yılmaz vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada polilaktikasit (PLA), polipropilen (PP), cam elyaf ve kenevirden iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeylerin malzeme parametreleri, elyaf inceliği, gözeneklilik, gramaj, hava akış direnci ve ses yutum katsayıları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre elyaf çapı ve gözenekliliğin azalması ile hava akış direncinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca 3 katlı olarak farklı sıralamalarla yerleştirilen dokusuz yüzeylerde, sıralamanın hava akış direnci ve ses yutum katsayısı üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Takviye lifleri olan cam elyaf ve kenevir içeren katmanlar ses kaynağından tarafa yerleştirildiğinde hava akış direnci dolayısı ile ses yutum katsayısı daha fazla ölçülmüştür. Üç katlı tabakayı oluşturan dokusuz yüzeylerin hava akış dirençleri arasındaki fark ne kadar çok ise ses yutumunda o kadar iyi iyileşme sağlandığını belirlenmiştir.

Shahani vd. (2014), iğneleme yöntemiyle elde ettikleri dokusuz yüzeylerin elyaf inceliği, gramaj, yüzey efekti, iğneleme sıklığı ve kimyasal birleştirmenin gürültü azaltma katsayısı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma neticesimde efektsiz düz yüzeyin kadife ve fitil görünümlü olandan daha iyi ses yutumu sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca elyaf inceliği azaldıkça, gramaj ve iğneleme yoğunluğu arttıkça genellikle daha iyi gürültü azaltma katsayısı elde edilmiştir fakat iğneleme yoğunluğu 90'dan 105/cm²'ye çıktığında ses yutumunda kötüleşme görülmüştür. 4000 Hz frekansı hariç kimyasal birleştirme işleminin ses yutumunu olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Patnaik vd. (2015), atık yün elyaf ve PET şişe atıklarından elde edilen liflerden iğneleme yöntemi ile dokusuz yüzeyler hazırlamışlar ve elde ettikleri yüzeylerin ses, ısı, nem alma, yanma, biyo bozunurluk gibi özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada 5 çeşit dokusuz yüzey elde edilmiştir. Bunlardan ikisi % 100 yün atığından (farklı yünler), biri % 100 PET şişe atığından diğer ikisi ise % 50'şer oranında yün ve PET karışımından iki katlı olarak elde edilen yüzeylerdir. Yapılan testler sonucu en iyi ısı, ses yalıtımı, yanmazlık özelliklerini karışımdan yapılan yüzeylerin sağladığı tespit edilmiştir.

Zhu vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada farklı elyaf karışım oranlarında benzer kalınlıkta ısı birleştirme ile 300, 600 ve 900 g/m² ağırlığında 6 farklı dokusuz yüzey üretilerek karışım oranı ve hacimsel yoğunluklarının ses yutum katsayısı ve hava geçirgenliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yığın yoğunluğu arttıkça hava akış direnci ve ses yutum katsayısının genel olarak arttığı görülmüştür. % 20 polyester-% 60 pamuk-% 20 bikomponent lif içeren ve daha düşük hacimsel yoğunluğa sahip olan dokusuz yüzey numunenin, polyester ağırlıklı içeriğe sahip daha yüksek yoğunluklu malzemeye göre daha iyi ses yutum katsayısı değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Uyumlu olmayan bu sonucun da ses yutum katsayısını etkileyen eğrilik ve elyaf şekli faktörleri gibi bazı yapısal parametreler nedeniyle olabileceği ifade edilmiştir.

Dieckmann vd. (2018), havalı serme yöntemine göre tavuk tüylerinden farklı kalınlık, yoğunluk ve karışım oranlarında ürettikleri dokusuz yüzeylerin ses

yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Atıklara alternatif bir kullanım alanı bulmak amacıyla yapılan çalışma neticesinde düşük frekans aralığında (250-800 Hz) tavuk tüylerinin ses yutum katsayısının iyileştiği belirlenmiştir. Çalışmada kalınlıkları 15, 25, 30, 50 ve 75 mm ve gramajları 480-3750 g/m² aralığında değişen numuneler üretilmiştir. 75 mm ve en ağır olan malzeme ile en iyi gürültü azaltma katsayısı değeri elde edilmiştir. Tavuk tüyünden üretilen malzemelerin gürültü azaltma katsayıları bazı başka malzemeler ile kıyaslandığında tavuk tüyü malzemelerin daha düşük yoğunlukta ve daha ince olmaları sebebiyle daha avantajlı oldukları ifade edilmiştir.

Suvari vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada naylon 6 ve polietilen polimerleri sırasıyla ada ve deniz olarak kullanılmış ve spunbonding yöntemiyle dokusuz yüzeyler elde edilmiştir. Daha sonra deniz polimeri yok edilerek dokusuz yüzeylerin deniz polimeri yok edilmeden önce ve edildikten sonra gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, gözenek büyüklüğü ve ses yutum katsayıları ölçülmüştür. Deniz polimerinin yok edilmesinin bikomponent liflerin fibrilleşmesine sebep olarak ses yutum katsayısını olumlu etkilediği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ada lifleri daha fazla olan numunelerin akustik özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu yapıların arabalarda yüksek hacimli lifli ses yutucular yerine kullanma potansiyeli olduğu ifade edilmiştir.

Bhat ve Messiry (2019)'nin çalışmasında pamuk, polyester ve polipropilenden farklı karışım oranı ve yöntemlerle (iğneleme, meltblowing, spunbonding) üretilen dokusuz yüzeylerin 100-1500 Hz frekans aralığında ses yutum katsayıları incelenmiştir. Meltblowing yöntemi ile üretilen polipropilen dokusuz yüzeylerin bu frekans aralığında daha iyi ses yutumu sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca çok katlı dokusuz yüzey kullanılması durumunda katların birinin meltblowing yöntemi ile üretilen ince bir yüzey olması halinde ses yutum katsayılarının daha iyi olduğu da ifade edilmiştir. Tek katlı, iki katlı ve üç katlı olarak hazırlanan numunelerden hemen hepsinde iki katlı olanlar tek katlı olanlara göre daha iyi gürültü azaltma katsayı değerlerine sahip iken çoğunda üç katlı numunelerin gürültü azaltma katsayı değerleri iki katlılardan daha

düşük olarak hesaplanmıştır. Bunun sebebinin de numunelerin sıkıştırılması olabileceği düşünülmektedir.

Mvubu vd. (2019), sabır otu, keten ve atık yünü polyester elyaf ile farklı oranlarda harmanlayarak iğneleme yöntemi ile elde ettikleri 1000 g/m² ağırlığında ve 7 mm kalınlığındaki dokusuz yüzeyleri piyasada ticari olarak satılan ve ortalama ses yutum katsayısı değeri 0,22 olan XPS üzerine koyarak malzemenin ses yutum katsayısını iyileştirmeye çalışmışlardır. Çalışmada malzemelerin arkasında 5'er mm artırarak 25 mm'ye kadar boşluklar bırakılarak ses yutum katsayısı değerleri ölçülmüş ve ses yutum katsayısı üzerinde boşluğun ve elyaf karışım oranının etkisi araştırılmıştır. En iyi ortalama ses yutum katsayısı değerlerinin yün-polyester karışımı olan dokusuz yüzey takviyesi ile elde 15 mm boşluklu ölçümde elde edildiği bildirilmiştir.

Yang vd. (2019), iki farklı dik döşeme yöntemi ile (titreşimli ve dönen silindirli) dokusuz yüzeyler elde ederek bu yüzeylerin kalınlık, gramaj ve gözenekliliklerinin ses yutumuna etkisini araştırdıkları çalışmalarında üretim yönteminin ses yutumu açısından bir etkisinin olmadığı ortaya koyulmuştur. Ayrıca kalınlık ve gramaj artışının ses yutumunu iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Broda ve Baczek (2019), iğneleme ve dikişle birleştirme yöntemi ile yünden dokusuz yüzeyler üretmişlerdir. Bu dokusuz yüzeylerin tek katlı ve çok katlı olarak ses yutum katsayılarını ölçerek gürültü azaltma katsayılarını belirlemişlerdir. Dokusuz yüzey kalınlık, ağırlık ve hava geçirgenlikleri ile ses yutum katsayısı arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma neticesinde dokusuz yüzey kalınlığının artması ve hava geçirgenliğinin azalması ile ses yutumunda iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Dokusuz yüzey kat sayısı arttıkça ses yutumu iyileşmiş fakat daha sonra kat sayısındaki artışın ses yutumunun daha da iyileşmesine katkısının olmadığı ifade edilmiştir.

2.3. Kompozitler İle İlgili Yapılan Ses Yutum Çalışmaları

Çeşitli tekstil atıkları, polyester şişe atıkları, tarım atıkları ve/veya ahşap parçalarından farklı oranlarda farklı yapıştırıcılar ve çeşitli katkıları karıştırılarak elde edilen kompozitlerin ses yutum katsayılarının incelendiği çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda kullanılan katkıların, yapıştırıcıların ve atık malzemenin ses yutumuna etkileri incelenmiş ve özellikle tekstil atığı içeren malzemelerin çok iyi ses yutucu oldukları ortaya konmuştur.

Koizumi vd. (2002), farklı çap aralıklarındaki (90-125, 125-210 ve 210-425 µm) bambu liflerinden yapıştırıcı kullanarak 25 mm, 50 mm ve 75 mm kalınlığında yüzeyler elde etmişler ve bu yüzeylerin ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Ayrıca bu yüzeyleri bambu perfore panellerle kombine ederek ve farklı yoğunluktaki yüzeyleri değişik sıralarda yerleştirerek ses yutum katsayılarını da belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre ince bambu lifli numunelerin daha iyi ses yutumu sağlandığı tespit edilmiştir. Malzemenin hacimsel yoğunluğu arttıkça orta ve yüksek frekans aralığında ses yutum katsayısının arttığı görülmüştür. Bunun sebebi yoğunluğun artmasıyla birim alandaki bambu lif sayısının artmasıdır. Farklı yoğunluktaki malzemeler bir araya getirildiğinde ses kaynağından tarafta olan numunenin daha yüksek yoğunluklu olması durumunda daha iyi ses yutumu sağlandığı görülmüştür. Ayrıca bambu panel arkasına bambu lifli malzeme konularak rezonans tip yutucu elde edildiğinde, sadece bambunun yüksek frekanslarda daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Önal vd. (2009) tarafından yapılan proje çalışması sonucunda halı telefi jüt ipliklerinin kompozit üretiminde ve otomotiv parçalarında darbe dayanımı gerektiren yerlerde daha düşük maliyet avantajı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Jüt lifinin boşluklu yapısı sebebiyle doğal olarak ses yutucu özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Ersoy ve Küçük (2009), endüstriyel çay yaprağı atıklarından 10, 20 ve 30 mm kalınlığında elde ettikleri yüzeyleri tek başına ve pamuk dokuma kumaş ile destekleyerek frekansa bağlı olarak ses yutum katsayılarını kıyaslamışlardır. 10

mm kalınlığındaki çay yaprağı atığının ses yutum katsayısının 4000-6300 Hz frekansında 0,26 değerine ulaşırken 30 mm kalınlığında 5600 Hz frekansı için 0,7'ye yaklaştığı görülmüştür. Yüzeyin kalınlığı arttıka ses yutum katsayısı iyileşmiştir. Alt kumaş olarak tek katlı pamuk dokuma kumaş ile desteklenen 10 mm kalınlığındaki yapının ses yutum katsayısı 4500-6300 Hz aralığında 0,8 civarında olurken 30 mm kalınlığında 2500-5500 Hz aralığında belirgin bir düşüş tespit edilmiştir.

Cosereanu vd. (2010), atık yn, talaş ve pet şişe atıklarıyla kompozit malzeme elde etmişler ve bu numunelerin empedans tüpü ile ses özelliklerini ölçerek, ses özellikleri üzerinde kullanılan yapıştırıcıların çok etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre beyaz akrilik kopolimer ve ekolojik akrilik kopolimer ile yapıştırılan malzemelerin yüksek frekanslarda çok iyi ses yutum özelliğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca yeni yapı malzemeleri olarak tekstil atığı içeren biyo bozunur kompozitlerin çok iyi ses yutum kapasitesine sahip oldukları ve gelecekte çok yaygın kullanım alanı bulabilecekleri ifade edilmiştir.

Binici vd. (2012), yaptıkları bir çalışmada Kahramanmaraş'taki tekstil fabrikalarından elde edilen atık pamuk, yapıştırıcı reçine ve uçucu külleri kullanmışlar, farklı kalınlıklardaki suntu lar üzerine reçine ile atık pamuğu ve külleri yapıştırarak yalıtım amaçlı kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma neticesinde pamuk atığı ve küllerle desteklenen sunta plakaların mühendislik özellikleri pozitif yönde gelişmiş ve elde edilen bu hafif yapı malzemelerinin ses ve ısı yalıtımı amacıyla kullanılabileceği bildirilmiştir.

Batmaz ve Aydın (2012), otomobillerde kullanılmak üzere farklı oranlarda poliüretan (PU), propilendienmonomer (EPDM) ve keçe içeren beş izolasyon malzemesinin empedans tüpü ile ses yutum katsayılarını ölçerek kalınlığın ses yutumu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre genelde numune kalınlığı arttıka belli bir frekansa kadar ses yutum katsayısı artmış fakat daha sonra numune kalınlığının artmasının ses yutumuna olumlu etkisi olmadığı hatta olumsuz olarak etkilediği belirlenmiştir. Genelde 25 mm

malzeme kalınlığına kadar artış görülmüş malzeme kalınlaştıkça yutumda iyileşme olmamış, kötüleşme olduğu durumlar tespit edilmiştir. Bu durum kendileri tarafından kritik kalınlık değeri aşıldığında ses yutumunun olumsuz etkilenmesi olarak açıklanmıştır.

Curtu vd. (2012), tekstil atıkları ile ekolojik yapıştırıcılar kullanarak ürettikleri kompozit malzemelerin ses yutum ve ses yansıtma katsayılarını incelemişlerdir. Ses yutum katsayısının yapıştırıcı miktarına ve tipine bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. Beyaz akrilik kopolimer ve ekolojik akrilik kopolimer ile diğer yapıştırıcılara kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Stanciu vd. (2012), başka bir çalışmalarında yine ahşap parçaları ve tekstil atıkları ile ekolojik yapıştırıcılar kullanarak kompozit malzemeler elde etmişler ve bu malzemelerin ISO 10534 standardına göre ses özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma neticesinde ses özellikleri üzerinde yapıştırıcının çok önemli bir etkisi olduğu ortaya koyulmuş ve tekstil içeren kompozitlerin ses yutumu açısından çok başarılı olduğu ve gelecekte yaygın kullanım alanı bulacağı ifade edilmiştir.

Maderuelo-Sanz vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada parçacık büyüklüğü 20-30 µm arasında değişen atık araba lastik parçacıkları ile ses yutum amaçlı olarak farklı kat sayılarında kompozit malzemeler üretilmiştir. Elde edilen numunelerin gözeneklilik, hava akış direnci ve ses yutum katsayıları ölçülmüş ve iki katlı numunelerde daha düşük frekans aralığında daha iyi neticeler elde edilmiştir. Bunun nedeninin kalınlık artışı olduğu vurgulanmıştır. Bazı numunelerde sıkıştırmanın artmasıyla ses yutum katsayısında azalma tespit edilmiştir. Yapıştırıcı kullanmanın gözenekliliği azaltıp, titreşimi azalttığı, malzemeyi sertleştirdiği ve dolayısıyla lifler arasındaki sürtünmeyi azalttığı için ses yutum katsayısını azalttığı ifade edilmiştir. Elde edilen kompozit yapılardan 4 mm ve 22,8 mm kalınlığında olan iki numuneyi % 17,12 gözeneklilik oranı, 3 mm kalınlık ve 4 mm gözenek çapına sahip perfore panellerle kombine edildiğinde daha düşük frekans aralığında daha iyi ses yutum katsayısı değerleri elde edilmiştir. Kalın olan (22,8 mm) ve ince olan (4 mm) numuneler

kıyaslandığında, ince olanın perfore panele kombine edilmesi ile daha da düşük frekanslarda etkili bir ses yutumu sağlanmıştır. Bu da literatür ile uyumlu olarak perfore panellerin rezonans prensibi ile çalışarak daha düşük frekanslarda etkili olduğunu teyit etmektedir. Fakat her ikisinde de yüksek frekanslarda ses yutumunda düşüş gözlenmiştir.

Bahrambeygi vd. (2013), poliüretan köpük üzerine poliakrilonitril (PAN) ve poliüretan (PU) nanolifler, çok duvarlı karbon nano tüp (MWNT) ve nano kil takviye ederek kompozit malzemeler üreterek nano parçacık miktarı, nanolif gramajı, katman sayısı ve köpük kalınlığı gibi parametrelerin ses yutum katsayısı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre nano kil takviyesi nano tüp takviyesi kadar tatmin edici sonuçlar vermemiştir. Düşük frekanslarda PAN nanolifleri ile PU nanoliflere göre daha iyi sonuçlar elde ettiklerini ifade etmişlerdir fakat 5 g/m² ağırlığındaki PAN nanolifler daha iyi ses yutumu sağlarken PU nanoliflerde 1 g/m² ağırlığındaki nanolifler daha iyi ses yutumu sağlamıştır. Bunun nanolif çaplarının farklı olabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Binici vd. (2013), çalışmalarında ısı ve ses yalıtımı amaçlı olarak tarım atıklarını farklı oran ve basınçlarda epoksi ile karıştırarak kompozit malzemeler üretmişlerdir. Malzemelerde ülkemizde çok üretilen ve ürün tarladan kalktıktan sonra temizliği ciddi problem olan ayçiçeği gövdesi, sapları ve pamuk atıkları kullanılmıştır. Isı ve ses yalıtımı açısından iyi değerler elde edilmiştir.

Rabbi vd. (2013), PU ve PAN nanolif yüzeyleri yün ve polyesterden iğneleme yöntemiyle elde edilen dokusuz yüzeylere takviye ederek bunların akustik özelliklerini (ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı) çalışmışlardır. Nanolif üretimlerini yine iğneli elektro lif çekimi yöntemi ile yapmışlardır. PAN ve PU için üretim parametreleri sırasıyla şu şekildedir: Solüsyon konsantrasyonu % 10 ve % 9, voltaj 12 ve 16 kV ve her ikisinde de kolektöre olan mesafe 12 cm'dir. Özellikle polyester dokusuz yüzeyde ses yutum katsayısında ciddi bir artış olduğunu ve PAN nanoliflerin kullanılması durumunda da daha fazla ses iletim kaybı olduğunu, elde ettikleri akustik malzeme ile özellikle düşük ve orta

frekanslarda aynı anda hem ses yutma katsayısı hem de ses iletim kaybı açısından daha iyi değerler elde edildiğini ifade etmişlerdir. Fakat literatürdeki bazı bilgiye göre ses yutum katsayısı ile ses iletim kaybı birbirinden farklı konular olup genelde iyi ses yutumu sağlayan bir malzeme ses iletim kaybı açısından iyi değerler vermediği ifade edilmiştir (Uzundağ ve Tandoğan, 2013). Ayrıca Rabbi vd. (2013), ses yutum katsayısının artmasında nanolif yüzey katsayısının nanolif gramajından daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bu sonuç bazı çalışmalarla uyumlu değildir. Bu uyumsuzluğun sebebinin kullanılan materyal farkı olduğu düşünülmektedir.

Seddeq vd. (2013), geri dönüştürülmüş doğal lif ve sentetik lif karışımları ile elde ettikleri dokusuz yüzeylerin ve bu dokusuz yüzeyler ile pirinç samanı ve talaş gibi bazı tarım atıklarından ürettikleri biyo kompozitlerin akustik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma neticesinde dokusuz yüzeylerin yüksek frekans aralığında (2000-6300 Hz) iyi ses yutumu sağlarken düşük frekans aralığında ses yutumu açısından çok etkili olmadıkları tespit edilmiştir. Dokusuz yüzey kalınlığı arttıkça tüm frekanslarda ses yutumunun iyileştiği buna rağmen kompozitlerin düşük ve orta frekanslarda yine düşük ses yutumu sağlarken yüksek frekans aralığında biraz daha iyi ses yutumu sağladığı gözlenmiştir. Test edilen numunenin önüne % 6 perfore oranında bir panel koyulduğunda ise tüm frekanslar için ses yutum katsayılarında iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

Binici vd. (2014), pamuk tekstil atıkları, ayçiçeği sapları ve anızları farklı karışım oranları ve basınçlarda epoksi ile birleştirerek kompozit yalıtım malzemesi yapmışlardır. Çalışma neticesinde elde edilen kompozitlerin ses ve ısı yalıtım amaçlı kullanılabileceğini ve hem endüstri hem de ekolojiye katkı yaparak çift fayda sağlanacağı ifade edilmiştir.

Rabbi vd. (2014), geleneksel PET dokusuz yüzeylere farklı katman sayılarında PU ve PAN nanolif yüzeyler ekleyerek elde ettikleri ürünlerin akustik özelliklerini çalışmışlardır. Nanolif yüzey üretimlerini iğneli elektro lif çekimi ile ve 1, 3 ve 5 g/m² ağırlıklarında yaparak farklı sayıda PET dokusuz yüzey arasına yine değişen katsayılarla döşeyerek sandviç yapılar oluşturmuşlardır. Çalışma

neticesinde her iki polimer ile çok tatmin edici ses yutum katsayısı değerlerine ulaşılmış fakat endüstriye uygunluk, kolay işlenebilirlik açısından PAN tercih edilebileceği ifade edilmiştir.

Jordeva vd. (2015), farklı kumaş yapısındaki polyester kesim atıklarını farklı ebatlarda parçalayarak bunları üst üste döşemiş ve oluşturdukları yüzeyde 15*15 cm ebatlarında dikişler atarak bir ses yutum malzemesi oluşturmuşlardır. Elde edilen malzemenin ebatları standart ses testlerin yapıldığı cihazlara uygun olmadığı için kendi tasarladıkları empedans tüp benzeri bir düzenek kullanılmıştır. Bu düzenek; bir ses kaynağı (KYE Systems Corp Multimedia hi fi speaker system sp-çap), mikrofön (A4 mi-109, sesi kaydetmek ve filtrelemek için bir bilgisayar yazılımı (GoldWave) ve kaydedilen sesi analiz etmek için bir yazılım (Origin software)'dan oluşmuştur. Bu düzenek ile farklı frekanslarda (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz.) 5'er saniye ses sinyalleri göndererek bu sinyallerin ne kadarının iletildiği tespit edilmiş ve daha sonra kaynaktan verilen ve iletilen arasındaki farktan $\alpha = 100-b/c \times 100$ şeklinde bir ses yutum katsayısı hesaplanmıştır. Burada; b yalıtım malzemesinden geçen sesin şiddeti, c kaynaktan verilen sesin şiddetidir. Elde edilen sonuçlara göre genelde frekans arttıkça ses yutum katsayısının da arttığı fakat tüm numuneler için 125 Hz için ses yutum düzeyinin çok düşük seviyede kaldığı ve orta frekanslarda (500, 1000 Hz) ses yutumunda bir artış olduğu görülmüştür. Daha yüksek frekanslarda ise tüm numunelerde ses yutum katsayısında bir düşüş trendi görülmüştür. Literatürde yapılan bazı çalışmalar ile kıyaslandığında yüksek frekanslarda ses yutum katsayısında artış olması beklenmektedir.

Küçükali Öztürk vd. (2017), bir yüksek lisans tez çalışması sonucunda seçtikleri bir spacer kumaş üzerine % 8'lik PAN polimerinden (çözücü DMF) iğneli elektro lif çekimi ile elde ettikleri nanolifleri kumaşın tek yüzüne ve iki yüzüne iki farklı gramajda (10 ve 17 g/m²) takviye ederek ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Nanolif takviyesinin kumaşın ses yutum katsayısını çok artırdığını ortaya koymuşlardır. Spacer kumaş üzerine takviye edilen nanolif yüzey gramajının katsayısından daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Literatürde ise bu yorumun tersine katsayısının gramajdan daha etkili olduğu sonucuna varan

çalışmalar mevcuttur. Rabbi vd. (2013)'nin yaptığı çalışmalarda böyle yorumlar yapılmıştır. Bunun nedeninin çalışmalarda kullanılan materyalin birbirinden farklılığı olduğu düşünülmektedir.

Küçükali Öztürk vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada PAN polimerinden spacer kumaşlar üzerine farklı sürelerde nanolif toplayarak üretilen kompozitlerin ses yutum katsayıları incelendiğinde nanolif toplama süresinin ve alt kumaşın tek yön veya çift yönünün nanolifle kaplı olmasının etkili olduğu tespit edilmiştir. Lif çapı sabit olmak kaydıyla (110 nm) üretilen nano membranlardan (10 ve 17 g/m²) daha ağır olanı ile daha iyi ses yutum katsayısı elde edilmiştir. Literatüre uyumlu olarak nano membran takviyesi ile düşük frekanslardaki ses yutumunun iyileştiği gözlemlenmiştir.

Martellotta vd. (2018), atık zeytin dalları ve kitosandan 3, 5 ve 8 cm olarak ürettikleri numunelerin ses yutum katsayılarını ölçtüklerinde numune kalınlaştıkça ses yutumunun düşük frekans bandına doğru kaydığını tespit etmişlerdir. Ses yutumu ölçülürken numune ile rijit kapak arasında bırakılan mesafe arttıkça daha iyi ses yutum katsayısı değerleri elde edilmiştir. En yüksek hava akış direncine sahip olan 50 mm kalınlığındaki numune için 1000 Hz frekansta ses yutum katsayısı değeri 0,9 olarak ölçülmüştür.

Küçükali Öztürk vd. (2018a), beyaz eşyaların üzerini örterek ses yutumu sağlamak amacıyla üç katlı kompozit yapılar üreterek bunların 500 Hz ve 1000 Hz frekansları için ses yutumlarını incelemişlerdir. Kompozit kumaşın en alt tabakası iğneleme yöntemi ile elde edilmiş ticari amaçla kullanılan yün dokusuz yüzey, ortası PVA polimerinden elde edilen ve 240 nm çapına sahip nanolif membran ve en üst kaplama da farklı gramajda ve farklı yöntemler ile üretilen tek katlı veya iki katlı dokusuz yüzeylerden oluşmuştur. Elde ettikleri sonuçlara göre, nanolif membranın kullanılması yün dokusuz yüzeyin ses yutumunu iyileştirmiştir. Üst kaplama malzemesinin gramajı 60 g/m²'den az olmadığı müddetçe ses yutumunun artmasına katkıda bulunmuştur.

Küçükali Öztürk vd. (2018b), yine başka bir çalışmalarında beyaz eşyalarda titreşim ve ortam sesi kaynaklı gürültüyü elimine etme amaçlı kullanılan iğnelenmiş 10 mm kalınlığındaki yün ve jüt dokusuz yüzeyler üzerine 2 saat ve 4 saat süreyle PAN polimerinden ürettikleri nanolifleri toplayarak kompozit malzemeler elde ederek bunların hava geçirgenliklerini ve ses yutum katsayılarını ölçmüşlerdir. Farklı besleme hızları nedeniyle yün üzerine toplanan nanoliflerin çapı 110 nm, jüt üzerine toplananların çapı 125 nm olarak hesaplanmıştır. Her iki dokusuz yüzeyde de özellikle 1000 Hz frekansında nanolif takviyesi ses yutum katsayısında neredeyse 4 katına çıkararak 0,2 civarında bir değere ulaşılmıştır. 4 saat süreyle toplanan PAN lifleri ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Nanolif takviyesinin malzemelerin hava geçirgenlik değerinde belirgin bir azalmaya sebep olarak sonuçta ses yutum katsayısını artırdığı tespit edilmiştir.

Cao vd. (2019), elde ettikleri PAN/PVB hibrit nanolifler ile PET kesik elyaf ve aerogel yapıları takviye ederek kompozit yapılar oluşturmuşlardır. Empedans tüpü kullanarak ses yutum katsayısını frekanslara bağlı olarak ölçmüşlerdir. Kalınlığı sabit tutarak (10 mm) yoğunluğun (5,02, 7,08, 9,07 ve 10,76 mg/cm³), yoğunluğu sabit tutarak (10,76 mg/cm³) kalınlığın (5-20 mm aralığında) ses yutumu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yoğunluğu fazla olan malzemenin ses yutumunun daha iyi olduğunu ve 400-2000 Hz frekans aralığında kalınlık arttıkça ses yutum katsayısı değerlerinde artış olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma neticesinde bu frekans aralığında yansımının daha az olduğu ve ses dalgalarının gözenekli materyal içine daha fazla girerek yok edildiği ifade edilmiştir.

Liu ve Zuo (2019), nanolif ve iğnelenmiş dokusuz yüzeylerle kompozit yapılar oluşturmuşlardır. İki çeşit nanolif üreterek polivinilalkol/polietilenoksit (PVA/PEO) ve farklı miktarlarda grafenoksit bulunduran polivinilalkol/polietilen oksit/grafenoksit (PVA/PEO/GO) nanolifleri iğnelenmiş dokusuz yüzeyler ile yapıştırmışlardır. Liu ve Zuo (2019)'ya göre ses yutum katsayısı 0,2 olan bir malzeme ses yutum malzemesi olarak değerlendirilebileceğinden, çalışmalarında 80-500 Hz aralığında 0,2'den daha

düşük sonuçlar elde ettikleri için malzemelerin 500-6300 Hz frekans aralığındaki ses yutum katsayısı değerlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre PVA/PEO takviye edilen dokusuz yüzey iki frekansta pik yapmıştır ve kompozit malzemelerdeki GO miktarı arttıkça ses yutum etkinliğinin yüksek frekans aralığına doğru kaydığı görülmüştür.

Park vd. (2019), poliüretan (PU) köpük üzerine naylon 6 ve PU nanolifler takviye ederek elde ettikleri kompozit malzemelerin ve nano membranların ses yutum ve ses iletim özelliklerini empedans tüpü ile ölçmüşlerdir. Nanolif çapları naylon 6 ve PU nanolifler için sırasıyla 180 nm ve 300 nm olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonunda nano membranların akustik özelliklerinin tek başlarına yetersiz olmalarına rağmen poliüretan köpük ile kompozit hale getirildiklerinde köpüğün ses yutum ve ses iletiminde önemli iyileşmeler sağlandığı ifade edilmiştir.

Mishra ve Vaidyanathan (2019) tarafından yapılan çalışmada atık halılardan farklı reçineler ve nano kil katkısı ile kompozit malzemeler üretilerek ses yutum katsayıları ölçülmüştür. Çalışmada üretilen kompozitlerin konvansiyonel malzemelerden daha geniş bir frekans aralığında daha iyi ses yutumu sağladığı fakat film nano kil ilavesinin ses yutumunun iyileşmesine bir katkısının olmadığı ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölüm iki ana başlık altında incelenmiştir. İlk bölümde tez çalışmasında kullanılan materyal hakkında bilgi verilmiş, ikinci bölümde ise deneysel çalışmalar boyunca izlenen yöntem iş akışına ve diğer bölümlere uygun bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Bu çalışmada alt kumaş olarak 250, 500 ve 1000 g/m² ağırlığında polyester tekstil atıklarından ve 250, 500 ve 750 g/m² ağırlıklarında atık polyester şişelerden geri dönüştürülerek iğneleme yöntemiyle elde edilen toplam 6 farklı dokusuz yüzey kullanılmıştır. Tekstil atıklarından elde edilen dokusuz yüzeyler Uşak Karateke Tekstil'den, polyester şişe atıklarından üretilenler ise Hassan Tekstil AŞ'den temin edilmiş ve tezde sırasıyla A ve H kodlarıyla gösterilmiştir.

Polimer olarak polyesterpoliol tabanlı poliüretan (PU) (Elastollen 1185 A10, BASF Firması) ve çözücü olarak dimetilformamid (DMF, Merck Firması) kullanılmıştır. PU nanolifler sahip oldukları üstün elastikiyet ve mekanik özellikler nedeniyle koruyucu tekstiller, ses yalıtımı, kompozit yapılar, yüksek performanslı hava filtreleri, sensörler ve sargı bezi materyalleri gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadırlar (Yanılmaz vd., 2012; Cengiz ve Jirsak, 2009).

3.2. Yöntem






Bu bölümde yapılan çalışmalar, iş akışına uygun bir şekilde dört ana başlık altında anlatılmıştır. Önce çözelti hazırlık aşamalarının da dahil edildiği nanolifli yüzey üretimi sonra dokusuz yüzey, kompozit malzemeler ve numuneler ile ilgili izlenen yöntem daha sonra ses yutum katsayısı ölçümleri ve son olarak da istatistiksel analizler ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

Çalışmada % 13 ve % 15 konsantrasyonlarda poliüretan (PU) çözeltileri 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle polyester tekstil atıklarından ve atık polyester

plastik su şişelerinden iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeyler üzerine takviye edilerek kompozit ve sandviç yapıların da olduğu beş farklı malzeme yapısı elde edilmiştir. Her numuneden üçer adet üretilmiş, numunelerin ses yutum katsayıları ölçülmüş ve gürültü azaltma katsayıları hesaplanarak ortalamaları alınmıştır. Nanolif üretimleri dokusuz yüzeyler üzerine yapılmıştır.

Tezin tüm ana bölümlerinde mümkün olduğunca iş akışı ile de uyumlu olduğu düşünülen bir sistematik izlenerek önce nanolifler, sonra dokusuz yüzeyler ve kompozit malzemeler, daha sonra ses yutum katsayısı ölçümleri ile ilgili gerekli bilgiler verilmiş ve tartışmalar yapılmıştır. Çizelge 3.1’de çalışmada uygulanan deney planı görülmektedir. A kodlu destek kumaşlar polyester tekstil atıklarından, H kodlular ise atık polyester şişelerden iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeylerdir.

Çizelge 3.1. Çalışmada uygulanan deney tasarımı

Faktörler	Seviyeler					
	A250	A500	A1000	H250	H500	H750
Destek kumaş kodları						
Nanolif üretim süresi (dk)	5	20	60	120		
Polimer konsantrasyonu (%)	13	15				
Malzeme yapıları	Nanolif membran	Dokusuz yüzey	İki katlı dokusuz yüzey	Nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey	Sandviç yapı	
						

Çizelge 3.1’den de görüldüğü gibi çalışmada altı farklı dokusuz yüzey, dört farklı nanolif üretim süresi ve iki farklı polimer konsantrasyonu ile farklı malzeme yapıları oluşturulmuştur. İş akış şeması Çizelge 3.2’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. İş akış şeması



Çizelge 3.2'de görülen iş akışını kısaca açıklanacak olursa; önce farklı konsantrasyonlarda PU çözeltileri hazırlanarak çözelti özellikleri analiz edilmiş ve bu çözeltilerden nanolif optimizasyonu yapmak amacıyla üretim yapılmıştır. Daha sonra SEM görüntülerinden yararlanarak nanolif çapları ve düzgünlüğü esas olacak şekilde iki konsantrasyon seçilmiştir. Bu seçilen konsantrasyonların biri ile nanolif üretim süresinin optimizasyonu için farklı sürelerle nanolif toplanarak ses yutum katsayıları ölçülmüş (SYK) ve gürültü azaltma katsayıları (GAK) hesaplanmıştır. GAK değerlerine göre dört süre seçilmiş ve her iki konsantrasyon için nanolifler bu seçilen sürelerle toplanmıştır. Nanolif üretimleri tamamlandıktan sonra hazırlanan kompozit malzemelerin hepsinin SYK değerleri ölçülerek GAK değerleri hesaplanmış ve istatistiksel analizler yapılmıştır.

3.2.1. Nanolifli yüzey üretimi

Bu bölümde nanolif üretim aşaması tamamlanıncaya kadar gerçekleştirilmiş olan çözelti hazırlık ve karakterizasyon ve nanolif üretim ve karakterizasyon

işlemleri diğer bölümlerdeki sistematığe uyum sağlaması açısından birlikte verilmiştir.

Çözeltiler ile ilgili kısımda önce farklı konsantrasyonlarda PU çözeltileri hazırlanmış daha sonra bu çözeltilere ait pH, katı madde oranı, viskozite, elektrik iletkenliği değerleri tespit edilmiştir.

Nanolif kısmında ise, nanolif morfoloji optimizasyonu, nanolif toplama süresi optimizasyonu ve bu çalışmalar neticesinde üretilen nanoliflerin gramaj hesabı hakkında bilgi verilmiştir. Nanolif üretim aşamasında önce nanolif morfoloji optimizasyonu amacıyla % 12, 13, 14 ve 15 PU çözeltilerinden nanolifler üretilmiştir. Daha sonra üretilen nanolifler arasından SEM görüntülerinin analizi neticesinde iki konsantrasyon (% 13 ve % 15) seçilmiştir. Nanolif toplama süresinin optimizasyonu amacıyla % 15 PU çözeltisi ile farklı sürelerde nanolifler toplanmıştır. Son olarak da tez çalışması için üretilmiş olan nanoliflerin gramajı hesaplanmıştır.

3.2.1.1. Çözeltilerin hazırlanması

Çalışmada çözeltiler hazırlanırken ağırlıkça ölçüm esas alınmıştır. Önce % 12, 13, 14 ve 15 konsantrasyonlarındaki PU çözeltileri hazırlanmıştır. Çözeltiler ısı uygulamaksızın 24 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak hazır hale getirilmiştir. Çözelti hazırlama ve nanolif üretimi işlemleri aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2. Çözeltilerin viskozitelerinin belirlenmesi

Viskozite bir sıvının iç sürtünmesi veya akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (Bourne M, 2002). Viskozite elektro lif çekimi için en önemli parametrelerden biridir. Viskozitenin düşük olduğu durumlarda jet damlacıklara ayrılmakta ve lif çekim işlemi gerçekleşmemektedir. Elektro spreyleme meydana gelmektedir. Belli bir viskozite değerine ulaşan çözeltilerin ise jet olarak karşı levhaya ulaşmasıyla nanolif oluşumu görülmektedir.

Viskozitenin artmasıyla birlikte elde edilen nanolif çapında da artış olmaktadır (Deitzel vd., 2001).

Bu tez çalışmasında, nanoliflerin yapısında kullanılan PU çözeltilerin viskoziteleri Lamy Rheology, B-One Touch Screen viskozimetre ile belirlenmiştir (5 s^{-1} shear rate).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan viskozimetre

3.2.1.3. Çözeltilerin yüzey gerilimlerinin belirlenmesi

Lif oluşumu, jet üzerindeki net yüklerin yoğunluğu ve çözeltinin viskozitesi tarafından oluşturulan kuvvetlerin dengesine bağlıdır (Nezarati vd., 2013). Yüzey gerilimi, yüzey düzleminin birim uzunluğuna uygulanan kuvvettir (Elkasaby, 2017). Yüzey geriliminin nedeni dengelenmemiş kuvvetlerdir ve elektrolit çekiminde elektrik yükleri çözelti yüzey geriliminden fazla olmalıdır (Cengiz Çalhoğlu, 2011). Çözeltilerin yüzey gerilimleri Biolin Scientific marka 703 model yüzey gerilim ölçme cihazı ile wilhelmy plate metoduna göre ölçülmüştür. Şekil 3.2'de çalışmada kullanılan yüzey gerilim ölçme cihazının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan yüzey gerilim ölçme cihazı

3.2.1.4. Çözeltilerin pH değerlerinin belirlenmesi

Bir çözeltinin hidronyum iyonlarının (H_3O^+) aktifliğinin eksi logaritması pH olarak ifade edilmektedir (Şahin, 2009). pH değeri 0-14 arasında değişmektedir. Çözeltinin asidik ($pH < 7$), bazik ($pH > 7$) veya nötr ($pH = 7$) olduğunun bir göstergesidir. Çalışmada kullanılan çözeltilerin pH değerleri Inolab pH 7110 ile belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan pH ölçüm cihazı

3.2.1.5. Çözeltilerin katı madde oranlarının belirlenmesi

Katı madde oranı, çözelti içindeki çözünen veya çözünmeyen katı maddelerin toplamına eşittir (Erciyes Üniversitesi, 2013). Katı madde oranını tespit etmede kullanılan cihaz halojen metoduna göre çalışmaktadır (Kern, 2013).

Çözeltilerin katı madde oranları Kern Dbs nem analizörü ile tespit edilmiştir (Şekil 3.4). Yaklaşık 2 gram ağırlığında çözelti tartılarak cihazda 150 °C' ta kurutulmuştur.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan katı madde oranı tayin cihazı

3.2.1.6. Çözeltilerin elektrik iletkenlik değerlerinin belirlenmesi

Bir çözeltinin elektrik iletkenliği jetin esneyebilme seviyesinin bir göstergesidir. Aynı voltaj ve aynı lif çekim mesafesinde yüksek elektrik iletkenliğine sahip çözeltilerin jetleri daha fazla uzamakta ve sonuçta daha ince nanolifler elde edilebilmektedir (Tan vd., 2005). Şekil 3.5'te çözeltilerin elektrik iletkenlik değerlerini ölçmek için kullanılan Selecta marka (CD 2005) iletkenlik ölçer görülmektedir.



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan elektrik iletkenlik ölçme cihazı

3.2.1.7. Nanolif üretimi

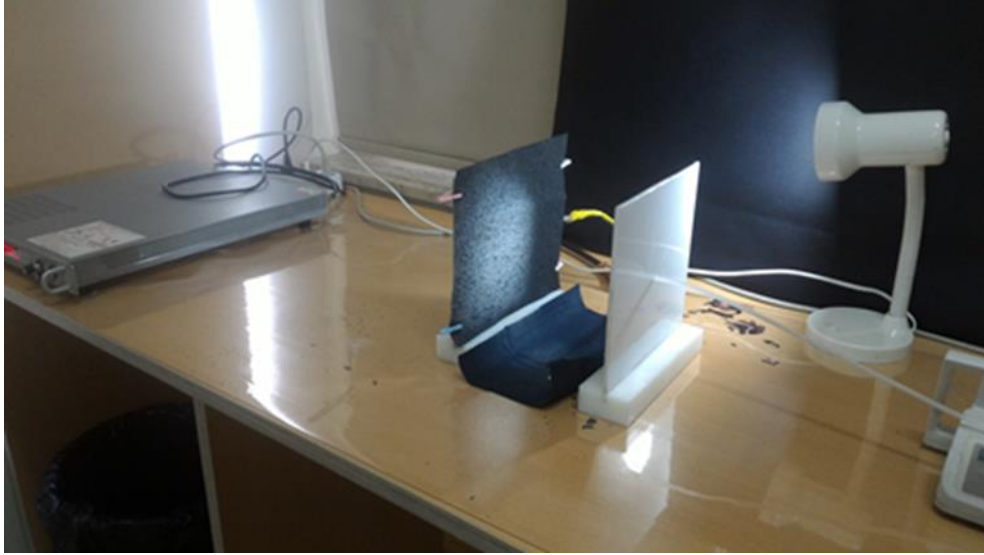
Çözeltiler hazırlandıktan sonra; bir şırınga, bir toplayıcı kolektör (20 cm × 20 cm), bir enjeksiyon pompası ve yüksek voltaj güç kaynağından (Matsusada, 40 kV) oluşan laboratuvar ölçekli tek iğneli (0,8 mm çapında düz uçlu iğne) bir elektro lif çekim düzeneği yardımıyla nanolifler üretilmiştir.

Çalışma boyunca tüm nanolif üretimlerinde alüminyum toplayıcı levha dokusuz yüzeyler ile kaplanmış ve nanolifler dokusuz yüzeyler üzerinde biriktirilmiştir. Proses parametreleri tüm nanolif üretimleri için sabit tutulmuştur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Elektro lif çekimi proses parametreleri

Voltaj (kV)	Besleme oranı (mL/h)	Toplayıcı ve iğne ucu arasındaki mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	İzafi nem (%)
15	0,4	15,5	21-23	38-44

Çalışmada kullanılan elektro lif çekim düzeneği ve düzeneğe ait yüksek güç kaynağı ile şırınga pompası sırasıyla Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan elektro lif çekim düzeneği



a



b

Şekil 3.7. Elektro lif çekim düzeneğine ait yüksek güç kaynağı (a) ve şırınga pompası (b)

3.2.1.8. Nanolif SEM görüntülerinin alınması

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) polimerlerin ve dolgu malzemelerinin mikroskobik karakterlerinin belirlenmesinde kullanılan yüksek çözünürlüklü bir yüzey görüntüleme cihazıdır (Kim vd., 2003). SEM mikroskobunun ışık mikroskobu üzerine avantajı çok yüksek oranda büyütme ($\times 100.000$ 'e kadar) sağlayabilmesidir (Atakan, 2014).

% 12, 13, 14 ve 15 PU çözeltilerinden üretilen nanoliflerin morfolojilerinin analiz edilmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) FEI Quanta 250 FEG kullanılmıştır. Görüntü analiz programı Image J yardımıyla rassal olarak seçilen

100 adet nanolifin çapları hesaplanmıştır. Sayıca ortalama ve ağırlıkça ortalama değerlerinin yardımıyla lif çapı uniformite katsayısı hesaplanmıştır. Son olarak da Microsoft SPSS 22 ile histogramları çizilmiştir.

Sayıca ortalama ve ağırlıkça ortalama değerlerinin hesaplanmasında sırasıyla Denklem 3.1 ve Denklem 3.2'den yararlanılmıştır.

$$A_n = \frac{\sum n_i d_i}{\sum n_i} \text{ (sayıca ortalama)} \quad (3.1)$$

$$A_w = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i d_i} \text{ (ağırlıkça ortalama)} \quad (3.2)$$

Burada d_i ve n_i sırasıyla lif çapı ve liflerin sayısını göstermektedir. A_w/A_n oranı lif çapı uniformite katsayısını vermektedir. Bu katsayı 1'e ne kadar yakın olursa liflerin uniformitesi o kadar yüksektir (Cengiz ve Jirsak, 2009). Bu yöntem, kimya biliminin molar kütle dağılım prensibine dayanmaktadır (Kesici Güler vd., 2019).

Nanolif morfoloji optimizasyon çalışmalarının amacı üretilebilecek en ince ve en kalın boncuksuz lifleri seçmek olmuştur. Optimizasyon alışmaları sonucunda % 13 ve % 15 konsantrasyonları seçilmiştir.

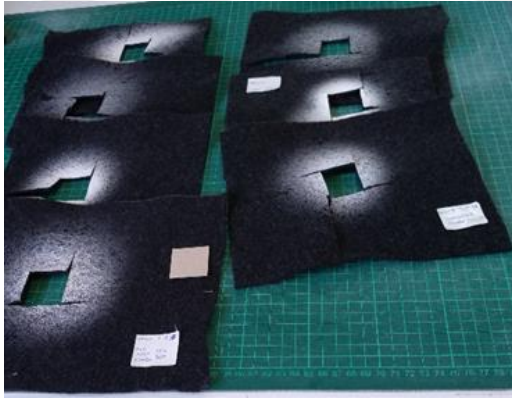
3.2.1.9 Nanolif toplama süresi optimizasyonu

Nanolif morfoloji optimizasyon çalışmalarının sonunda % 13 ve % 15 konsantrasyonlar seçildikten sonra nanolif üretim sürelerinin belirlenebilmesi için üretim süresi optimizasyonu yapılmıştır. Çalışma boyunca kullanılacak konsantrasyonlardan biri olan % 15 PU zeltisi ile 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık sürelerle nanolif üretimleri gerçekleştirilerek elde edilen nano membranların ses yutum katsayısı (SYK) değerleri ölçülmüş ve gürültü azaltma katsayıları (GAK) hesaplanmıştır. Elde edilen GAK değerleri analiz edilerek 5, 20, 60 ve 120 dakikalık süreler seçilmiştir. Bu srelerin seçilme nedenleri sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

3.2.1.10. Nanolif gramajlarının belirlenmesi

% 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık dokusuz yüzeyler üzerine toplanan nanoliflerin ortasından 3 cm x 3 cm'lik parçalar bir şablon yardımıyla kesilmiş beş haneli bir Mettler Toledo hassas terazi ile tartıldıktan sonra g/m² cinsinden gramajları hesaplanmıştır (Şekil 3.8).

Çalışmada tüm grafik ve analizlerde nanolif toplama süresi kullanılmıştır. Gramajlar bilgi amaçlı olarak hesaplanmış olup tartışmalar toplama süreleri üzerinden yapılmıştır.



a



b

Şekil 3.8. Gramajı hesaplanmak üzere kesilen nanolifler (a) ve ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazi (b)

3.2.2. Dokusuz yüzey ve kompozit yapılara ait özelliklerin belirlenmesi

Bu bölümde dokusuz yüzey ve kompozit malzemelerin karakterizasyonu ve malzeme yapıları ve numune kodlama sistematığı ile ilgili işlemler birlikte verilmiştir.

Tek katlı ve iki katlı dokusuz yüzeyler için yapılmış olan karakterizasyonlar; hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajlarının belirlenmesidir. Elde sonuçların Microsoft Excel 2013 ile tekli ve çoklu regresyon analizleri yapılarak GAK değerleri ile bu değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Üretilen nanolif yüzeylerinin yeterli olmaması sebebiyle nanolifli yüzeylerin hava geçirgenlik değerleri ölçülmemiştir. Ayrıca dokusuz yüzeylerin ve bazı kompozit malzemelerin enine kesit SEM görüntüleri alınmıştır. Kompozit malzeme sayısı çok olduğu için hepsinin SEM görüntüsü alınmamıştır.

Tez çalışması için beş malzeme yapısında toplam 116 adet numune üretilmiş olup bu numunelere ait gerekli bilgiler (şematik gösterim, numune kodu ve açıklaması) tablolar halinde verilmiştir.

3.2.2.1. Dokusuz yüzey kalınlıklarının belirlenmesi

Dokusuz yüzey kalınlıkları Mitutoyo dijital kalınlık ölçer ile TS EN ISO 9863-1 standardına göre mm cinsinden ölçülmüştür. Dokusuz yüzeyler üzerine 2 kPa basınç uygulanarak 30 sn sonra değer okunmuştur. Her numuneden 10 ölçüm alınarak ortalama değerler hesaplanmıştır. Şekil 3.9'da çalışmada kalınlık ölçmek için kullanılan cihaz görülmektedir.



Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan dijital kalınlık ölçer

3.2.2.2. Dokusuz yüzey gramajlarının belirlenmesi

Bir şablon yardımıyla 200 mm ×300 mm ebatlarında dokusuz yüzeyler kesilerek 24 saat 20 °C +/- 2 sıcaklık ve % 65% +/- 2 izafi nem şartlarında bekletildikten sonra bir hassas terazi (Mettler Toledo) ile tartılmış ve g/m² olarak gramajları TS EN ISO 9864 standardına göre hesaplanmıştır. Her numuneden 10'ar adet ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır.

3.2.2.3. Dokusuz yüzey hava geçirgenliklerinin belirlenmesi

Hava geçirgenliği dokusuz yüzeylerin ses yutum özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Kumaş üzerinde belli bir alanda dikey yönde belli bir basınç ve zaman aralığında geçen havanın akış hızıdır (Tascan ve Vaughn, 2008a). Çalışmada dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlikleri EN ISO 9237 standardına uygun olarak Texttest FX3300 cihazı ile belirlenmiştir. Ölçümler 200 Pa basınç altında yapılmış ve her numuneden 10 ölçüm alınarak ortalama değerler hesaplanmıştır. Şekil 3.10'da çalışmada hava geçirgenlik ölçümünde kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan hava geçirgenlik ölçüm cihazı

3.2.2.4. Dokusuz yüzey ve bazı kompozit malzemelerin SEM karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan altı çeşit dokusuz yüzeye ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri FEI Quanta 250 FEG ile alınmıştır. Ayrıca bazı nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey ve sandviç yapıların da enine kesit SEM görüntüleri alınmıştır.

3.2.2.5. Malzeme yapılarının hazırlanması


Çalışmada beş farklı numune yapısı elde edilmiştir. Her numuneden üçer adet üretilmiş, numunelerin ses yutum katsayıları ölçülmüş ve gürültü azaltma katsayıları hesaplanmıştır. Nanolif üretimleri dokusuz yüzeyler üzerine yapılmıştır. Nanolif takviye edilen dokusuz yüzey (kompozit) 1. numune yapısıdır. bu kompozit yapının üzerine alttaki dokusuz yüzeyin aynısından lamine edilerek elde edilen sandviç yapı 2. Yapıdır. 3. yapı, nanolif membran yapısıdır. Tek katlı dokusuz yüzey 4. yapı ve iki katlı dokusuz yüzey 5. yapıdır. Toplam 116 adet numune ile çalışılmıştır. Beş yapı daha önce Çizelge 3.1'de bir arada şematize edilmiştir.

3.2.2.6. Numunelerin kodları

Tez çalışmasında analiz edilen numuneler ile ilgili kodlar temelde malzeme yapısı dikkate alınarak gruplar halinde çizelgelerle verilmiştir. Çalışma boyunca çizelge, şekil, metin ve eklerde bu kodlar kullanılmıştır.


Nanolif membranların şematik gösterimi ve kodları Çizelge 3.4'te görülmektedir.

Çizelge 3.4. Nano membranların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	1305	% 13 PU çözeltisinden 5 dk süre ile üretilen nanolif membran
	1320	% 13 PU çözeltisinden 20 dk süre ile üretilen nanolif membran
	1360	% 13 PU çözeltisinden 60 dk süre ile üretilen nanolif membran
	13120	% 13 PU çözeltisinden 120 dk süre ile üretilen nanolif membran
	1505	% 15 PU çözeltisinden 5 dk süre ile üretilen nanolif membran
	1520	% 15 PU çözeltisinden 20 dk süre ile üretilen nanolif membran
	1560	% 15 PU çözeltisinden 60 dk süre ile üretilen nanolif membran
	15120	% 15 PU çözeltisinden 120 dk süre ile üretilen nanolif membran

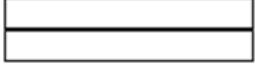
Çizelge 3.4'ten görüldüğü gibi iki konsantrasyon (% 13 ve % 15) ve dört süre (5, 20, 60 ve 120 dakika) ile sekiz farklı nanolif membran elde edilmiştir. Tek katlı dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi ve kodları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Tek katlı dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	A250	Polyester tekstil atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (250 g/m ²)
	A500	Polyester Tekstil atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (500 g/m ²)
	A1000	Polyester tekstil atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (1000 g/m ²)
	H250	Polyester şişe atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (250 g/m ²)
	H500	Polyester şişe atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (500 g/m ²)
	H750	Polyester şişe atıklarından elde edilen dokusuz yüzey (750 g/m ²)


İki katlı dokusuz yüzey numuneler ile ilgili açıklamalar Çizelge 3.6'da yer almaktadır.

Çizelge 3.6. İki katlı dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	A250A250	İki katlı A250 kodlu dokusuz yüzey
	A500500	İki katlı A500 kodlu dokusuz yüzey
	A1000A1000	İki katlı A1000 kodlu dokusuz yüzey
	H250H250	İki katlı H250 kodlu dokusuz yüzey
	H500H500	İki katlı H500 kodlu dokusuz yüzey
	H750H750	İki katlı H750 kodlu dokusuz yüzey

Tekstil atıklarından elde edilen polyster dokusuz yüzeyler A, atık polyster şişelerden elde edilen dokusuz yüzeyler ise H kodu ile başlamaktadır. Çizelge 3.7'de nanolif takviye edilmiş A kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi ve numune kodları görülmektedir.

Çizelge 3.7. Nanolif takviye edilmiş A kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	A250-1305	A250 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	A250-1320	A250 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	A250-1360	A250 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	A250-13120	A250 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
	A250-1505	A250 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye
	A250-1520	A250 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye
	A250-1560	A250 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye
	A250-15120	A250 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye
	A500-1305	A500 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	A500-1320	A500 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	A500-1360	A500 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	A500-13120	A500 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
	A500-1505	A500 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye
	A500-1520	A500 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye
	A500-1560	A500 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye
	A500-15120	A500 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye
	A1000-1305	A1000 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	A1000-1320	A1000 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	A1000-1360	A1000 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	A1000-13120	A1000 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
A1000-1505	A1000 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye	
A1000-1520	A1000 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye	
A1000-1560	A1000 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye	
A1000-15120	A1000 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye	

Çizelge 3.7’de üç farklı A kodlu dokusuz yüzey (A250, A500 ve A1000), iki farklı konsantrasyon (% 13 ve 15) ve dört farklı süre (5, 20, 60 ve 120 dakika) için toplam 24 adet numune üretilmiştir.

A kodlu ve H kodlu dokusuz yüzeyler ile elde edilen numuneler ayrı çizelgelerde gösterilmiştir. A kodlu dokusuz yüzeyler polyester tekstil atıklarından elde edilmiştir. Çizelge 3.8’de nanolif takviye edilmiş H kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi ve numune kodları görülmektedir.

Çizelge 3.8. Nanolif takviye edilmiş H kodlu dokusuz yüzeylerin şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

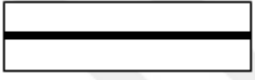
Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	H250-1305	H250 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	H250-1320	H250 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	H250-1360	H250 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	H250-13120	H250 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
	H250-1505	H250 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye
	H250-1520	H250 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye
	H250-1560	H250 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye
	H250-15120	H250 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye
	H500-1305	H500 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	H500-1320	H500 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	H500-1360	H500 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	H500-13120	H500 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
	H500-1505	H500 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye
	H500-1520	H500 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye
	H500-1560	H500 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye
	H500-15120	H500 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye
	H750-1305	H750 üzerine 1305 kodlu nanolifler takviye
	H750-1320	H750 üzerine 1320 kodlu nanolifler takviye
	H750-1360	H750 üzerine 1360 kodlu nanolifler takviye
	H750-13120	H750 üzerine 13120 kodlu nanolifler takviye
	H750-1505	H750 üzerine 1505 kodlu nanolifler takviye
	H750-1520	H750 üzerine 1520 kodlu nanolifler takviye
	H750-1560	H750 üzerine 1560 kodlu nanolifler takviye
	H750-15120	H750 üzerine 15120 kodlu nanolifler takviye

Çizelge 3.8’den görüldüğü gibi üç farklı H kodlu dokusuz yüzey (H250, H500 ve H750), iki farklı konsantrasyon (% 13 ve 15) ve dört farklı süre (5, 20, 60 ve 120 dakika) için toplam 24 adet numune üretilmiştir.

Sandviç yapılar nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey üzerine alttaki dokusuz yüzeyin aynısından lamine edilerek elde edilmiştir. Çizelge 3.9’da A kodlu

dokusuz yüzeyler ile elde edilen sandviç yapılı numuneler ile ilgili açıklamalar verilmiştir.

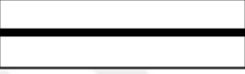
Çizelge 3.9. A kodlu sandviç yapıların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	A250-1305-A250	A250A250 arasında 1305 kodlu nanolifler
	A250-1320-A250	A250A250 arasında 1320 kodlu nanolifler
	A250-1360-A250	A250A250 arasında 1360 kodlu nanolifler
	A250-13120-A250	A250A250 arasında 13120 kodlu nanolifler
	A250-1505-A250	A250A250 arasında 1505 kodlu nanolifler
	A250-1520-A250	A250A250 arasında 1520 kodlu nanolifler
	A250-1560-A250	A250A250 arasında 1560 kodlu nanolifler
	A250-15120-A250	A250A250 arasında 15120 kodlu nanolifler
	A500-1305-A500	A500A500 arasında 1305 kodlu nanolifler
	A500-1320-A500	A500A500 arasında 1320 kodlu nanolifler
	A500-1360-A500	A500A500 arasında 1360 kodlu nanolifler
	A500-13120-A500	A500A500 arasında 13120 kodlu nanolifler
	A500-1505-A500	A500A500 arasında 1505 kodlu nanolifler
	A500-1520-A500	A500A500 arasında 1520 kodlu nanolifler
	A500-1560-A500	A500A500 arasında 1560 kodlu nanolifler
	A500-15120-A500	A500A500 arasında 15120 kodlu nanolifler
	A1000-1305-A1000	A1000A1000 arasında 1305 kodlu nanolifler
	A1000-1320-A1000	A1000A1000 arasında 1320 kodlu nanolifler
	A1000-1360-A1000	A1000A1000 arasında 1360 kodlu nanolifler
	A1000-13120-A1000	A1000A1000 arasında 13120 nanolifleri
	A1000-1505-A1000	A1000A1000 arasında 1505 kodlu nanolifler
	A1000-1520-A1000	A1000A1000 arasında 1520 kodlu nanolifler
	A1000-1560-A1000	A1000A1000 arasında 1560 kodlu nanolifler
	A1000-15120-A1000	A1000A1000 arasında 15120 nanolifleri

Çizelge 3.9'dan görüldüğü gibi toplam 24 adet A kodlu sandviç yapılı numune üretilmiştir.

Sandviç yapılar nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey üzerine alttaki dokusuz yüzeyin aynısından lamine edilerek elde edilmiştir. Çizelge 3.10'da H kodlu dokusuz yüzeyler ile elde edilen sandviç yapılı numuneler ile ilgili açıklamalar verilmiştir.

Çizelge 3.10. H kodlu sandviç yapıların şematik gösterimi, numune kodları ve açıklamaları

Şematik gösterim	Numune kodu	Açıklama
	H250-1305-H250	H250H250 arasında 1305 kodlu nanolifler
	H250-1320-H250	H250H250 arasında 1320 kodlu nanolifler
	H250-1360-H250	H250H250 arasında 1360 kodlu nanolifler
	H250-13120-H250	H250H250 arasında 13120 kodlu nanolifler
	H250-1505-H250	H250H250 arasında 1505 kodlu nanolifler
	H250-1520-H250	H250H250 arasında 1520 kodlu nanolifler
	H250-1560-H250	H250H250 arasında 1560 kodlu nanolifler
	H250-15120-H250	H250H250 arasında 15120 kodlu nanolifler
	H500-1305-H500	H500H500 arasında 1305 kodlu nanolifler
	H500-1320-H500	H500H500 arasında 1320 kodlu nanolifler
	H500-1360-H500	H500H500 arasında 1360 kodlu nanolifler
	H500-13120-H500	H500H500 arasında 13120 kodlu nanolifler
	H500-1505-H500	H500H500 arasında 1505 kodlu nanolifler
	H500-1520-H500	H500H500 arasında 1520 kodlu nanolifler
	H500-1560-H500	H500H500 arasında 1560 kodlu nanolifler
	H500-15120-H500	H500H500 arasında 15120 kodlu nanolifler
	H750-1305-H750	H750H750 arasında 1305 kodlu nanolifler
	H750-1320-H750	H750H750 arasında 1320 kodlu nanolifler
	H750-1360-H750	H750H750 arasında 1360 kodlu nanolifler
	H750-13120-H750	H750H750 arasında 13120 kodlu nanolifler
	H750-1505-H750	H750H750 arasında 1505 kodlu nanolifler
	H750-1520-H750	1520 kodlu nanolif H750H750 arasında
	H750-1560-H750	H750H750 arasında 1560 kodlu nanolifler
	H750-15120-H750	H750H750 arasında 15120 kodlu nanolifler

Çizelge 3.10'dan görüldüğü gibi toplam 24 adet H kodlu sandviç yapı numune üretilmiştir.

3.2.3. Ses yutum katsayısı ölçümlerinin yapılması

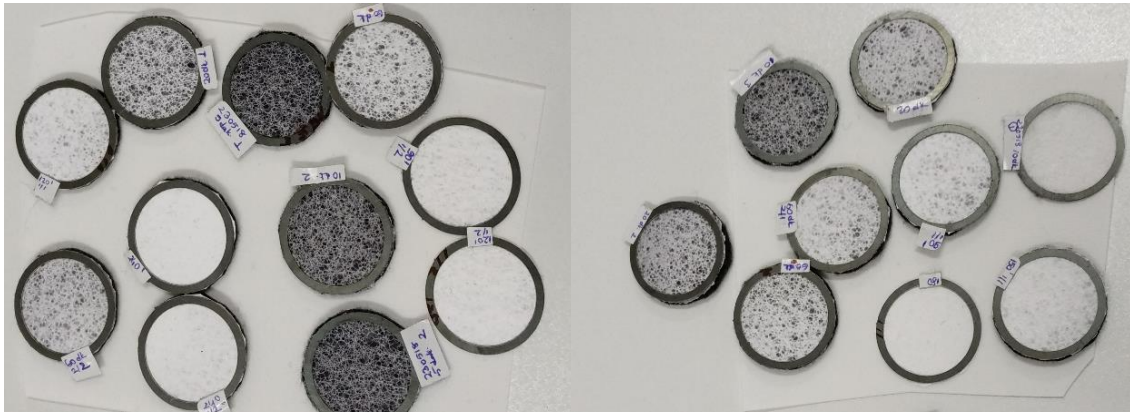
Çalışmada ses yutum katsayısı (SYK) ölçümleri için, TS EN ISO 10534-2 standardına uygun olarak iki mikrofona empedans tüpü (TestSens SOUND TUBE) ile yapılmıştır. Empedans tüpü ses yutum katsayısı ölçümünde gerekli olan numune miktarının küçüklüğü nedeniyle çok yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Bu tip cihazlarda gerekli numune çapı ölçüm yapılacak frekans aralığına göre değişmektedir. TestSens cihazı için; 70-1600 Hz aralığında ölçümler için 100 mm çapında, 200-6400 Hz aralığında ölçümler için 29 mm çapında numuneler gereklidir. Üretilen nanoliflerin çapları 100 mm olmadığı ve 200-6400 Hz frekans aralığı yeterli bulunduğu için SYK ölçümleri 29 mm çapında numuneler ile yapılmıştır. Tüm ölçümler, numune ile tüpün rijit

cidarı arasında 3 cm'lik bir boşluk bırakılarak alınmıştır. 1/3 oktav bant frekansları olan 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 ve 5000 Hz için ses yutum katsayıları ölçülmüştür. Ölçümler için kullanılan cihazın resmi Şekil 3.11'de görülmektedir. Ayrıca tez çalışmasında tüm SYK ölçümleri için kullanılan cihazın şematik gösterimi daha önce Şekil 1.7'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Ses yutum katsayısı ölçümlerinde kullanılan cihaz

Ses yutum katsayısı ölçümleri için hazırlanmış olan 29 mm çapında bazı numuneler Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Ses yutum katsayısı ölçümü için hazırlanan numuneler

3.2.3.1. Gürültü azaltma katsayılarının hesaplanması

1/3 oktav bant frekanslarından 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 ve 5000 Hz için ses yutum katsayıları ölçüldükten sonra ASTM C 423 standardına uygun olarak 250, 500, 1000, 2000 frekanslarına ait ses yutum katsayılarının ortalaması alınarak GAK değerleri daha önce verilmiş olan Denklem 1.13'e göre hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Ortalama ses yutum katsayılarının hesaplanması

Ölçüm yapılan 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 ve 5000 Hz frekanslarına ait ses yutum katsayılarının ortalamaları alınarak ortalama ses yutum katsayısı değeri elde edilerek ORT ile ifade edilmiştir. Ortalama ses yutum katsayısı sadece dokusuz yüzeyler ve nanolif membranlar için hesaplanarak GAK ve ORT değerlerinin davranışı incelenmiştir. ORT değerlerinin sadece dokusuz yüzey ve nanolif membranlar için hesaplanmasının sebebi akustik olarak farklı davrandığı tespit edilen bu iki yüzeyin etkili olduğu frekans aralıklarının somut olarak kıyaslanabilmesi içindir.

$$ORT = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} \quad (3.3)$$

Eşitlikte, ORT ölçüm yapılan tüm frekanslara karşılık gelen ses yutum katsayısı değerlerinin ortalamasını, α_i , 1'den n'e kadar ilgili frekanstaki (250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 ve 5000 Hz) ses yutum katsayısını, n de ölçüm yapılan toplam frekans sayısı olan 14'ü ifade etmektedir.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Çalışmada ses yutum katsayısı ölçümleri için her numuneden üçer adet hazırlanarak ortalamaları alınmıştır. İstatistiksel analiz olarak regresyon analizi,

tek yönlü varyans analizi ve t testi yapılmıştır. Yapılan analizler maddeler halinde yazılacak olursa:

- Dokusuz yüzeylelerin özellikleri (hava geçirgenliği, kalınlık ve gramaj) ile gürültü azaltma katsayısı arasındaki ilişkiler regresyon analizi (tekli ve çoklu) ile Microsoft Excel 2013 kullanarak incelenmiştir.
- Nanolif üretim sürelerinin ve numune yapılarının gürültü azaltma katsayısı üzerindeki etkileri SPSS 22 kullanarak tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) ile incelenmiş, ikili karşılaştırmalar için post hoc testlerden Tukey HSD kullanılmıştır.
- İki farklı lif çapı olduğu için lif çaplarının gürültü azaltma katsayıları üzerindeki etkilerinin kıyaslanması SPSS 22 yardımıyla bağımsız t testi (independent t test) yapılarak incelenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölüm diğer bölümlerle mümkün olduğunca uygun bir sistematikte üç alt başlıktan oluşmaktadır. Birinci başlıkta nanolifli yüzey üretimine ait bulgular verilmiştir. Çözelti özellikleri de bu bölümün altında tartışılmıştır. İkinci başlıkta dokusuz yüzey ve kompozit yapılara ait bulgular verilmiştir. Üçüncü başlıkta ise tüm numunelere ait ses yutum katsayısı ölçüm sonuçları verilerek tartışmalar yapılmıştır.

4.1. Nanolifli Yüzey Üretimine Ait Analiz Bulguları

Bu başlıkta nanolif üretimine dahil edilen çözelti özellikleri ve nanolif morfolojisine ait bulgular birlikte verilmiştir. En son olarak da % 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle üretilen nanolif membranların gramajları verilmiştir.

4.1.1. Çözelti özelliklerine ait analiz bulguları

% 12, 13, 14 ve 15'lik PU çözeltilerine ait pH, katı madde oranı, viskozite, elektrik iletkenliği ve yüzey gerilimi değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu karakterizasyonların ses yutum katsayısı değerleri üzerinde etkisi yoktur fakat nanolif morfolojisini etkiledikleri için çalışmanın optimizasyonu açısından gerekli özelliklerdir (Shahreen ve Chase, 2015).

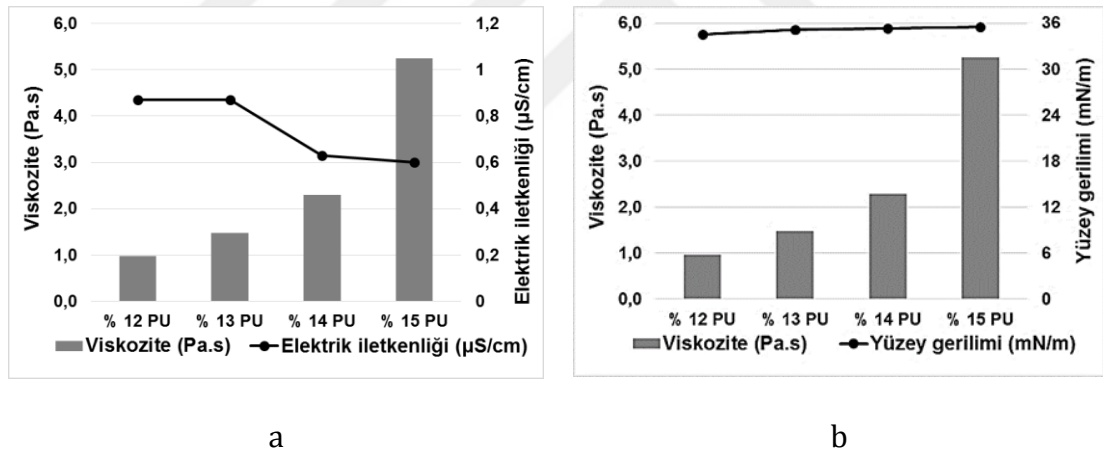
Çizelge 4.1. Çözelti özellikleri

PU konsantrasyonu (%)	pH	Katı madde oranı (%)	Viskozite (Pa. s)	Elektrik iletkenliği (µS/cm)	Yüzey gerilimi (mN/m)
12	10,48	11,76	972	0,87	34,56
13	10,26	12,42	1474	0,87	35,12
14	10,32	13,72	2291	0,63	35,33
15	10,48	14,53	5247	0,60	35,45

Çizelge 4.1'den çözeltilerin pH değerlerinin hemen hemen aynı olup hepsinin bazik çözeltiler olduğu görülmektedir. Ayrıca katı madde oranları çözelti

konsantrasyonlarına çok değerlerdedir. Bu da polimerin iyi çözüldüğünün ve çözeltilerin çözen ve polimer miktarlarının iyi ayarlanmış olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Çizelge 4.1’de verilen elektrik iletkenlik değerleri her çözeltiden üçer adet hazırlanarak ölçülen sonuçların ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler % 12, 13, 14 ve 15 PU çözeltileri için sırasıyla 0,87, 0,87, 0,63 ve 0,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olmuştur. Konsantrasyon artışıyla elektrik iletkenliği azalıyor görünmesine rağmen % 12 ve % 13’lük konsantrasyonlar için aynı değer elde edilmiştir. Pratikte çözeltilerin elektrik iletkenlik değerleri çok düşüktür ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapıldığında da ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,108$, $\alpha=0,05$).

Şekil 4.1’de çözeltilerin viskozite, elektrik iletkenliği ve yüzey gerilimi grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.1. PU çözeltilerine ait viskozite-elektrik iletkenliği (a) ve viskozite-yüzey gerilimi (b) grafikleri

Şekil 4.1. ve Çizelge 4.1’den konsantrasyon arttıkça yüzey gerilimi değerlerinde çok hafif artış olduğu ve konsantrasyon arttıkça viskozitenin de arttığı görülmektedir. Fakat konsantrasyonun % 12’den % 13’e, % 13’ten % 14’e çıkmasıyla viskozitenin de yaklaşık aynı oranlarda artış göstermesine rağmen konsantrasyon % 14’ten 15’e çıktığında viskozite çok daha belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir.

4.1.2. Nanoliflerin morfolojisine ait bulgular

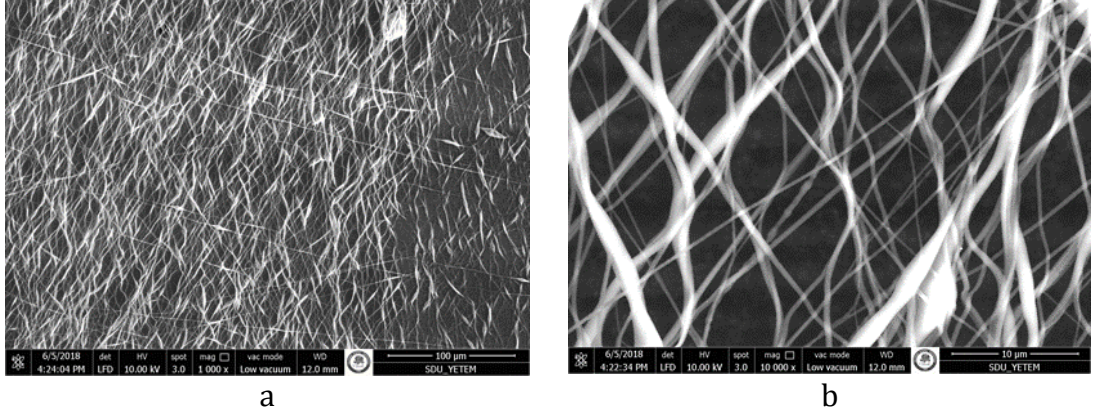
Nanolifler dokusuz yüzeyden ayrılarak SEM görüntüleri alınmıştır. Nanoliflerin ortalama çapları, lif üniformitesi ve standart sapmaları hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Nanoliflerin özellikleri

PU konsantrasyonu (%)	Ortalama lif çapı (nm)	Standart sapma	Lif üniformitesi	Açıklama
12	177,2	56,8	1,10	Boncuklu
13	296,5	63,4	1,04	Boncuksuz
14	422,9	120,7	1,08	Boncuksuz
15	509,9	162,0	1,10	Boncuksuz

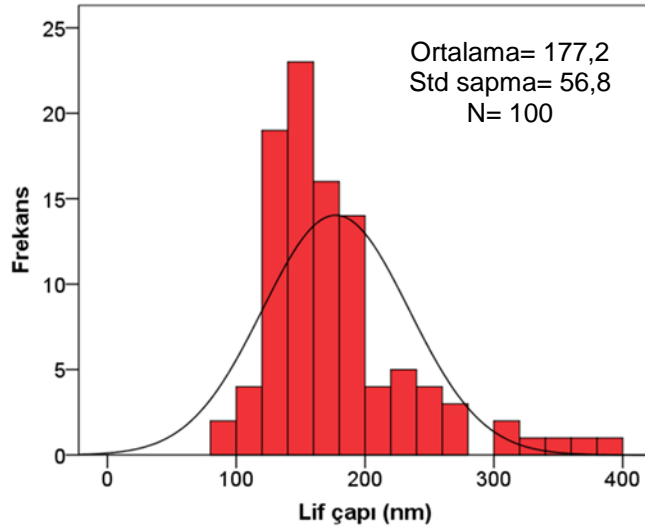
Çizelge 4.2’de Çözelti konsantrasyonu arttıkça nanolif çapları artmıştır. % 12, 13, 14 ve 15’lik konsantrasyonlar için lif çapları sırasıyla 177,2 ,296,5 ,422,9 ve 509,9 nm olarak hesaplanmıştır. Lif üniformiteleri ise % 12, 13, 14 ve 15 için sırasıyla 1,10, 1,04, 1,08 ve 1,10 bulunmuştur. En üniform lifler % 13 PU çözeltisinden elde edilmiştir. Çözelti konsantrasyonu % 13 altında ve üstünde olduğunda lif üniformitesinin kötüleştiği görülmektedir. Boncuksuz lifler % 13, 14 ve 15 konsantrasyonundaki çözeltilerden elde edilebilirken % 12 konsantrasyona sahip olan çözeltilen elde edilen lifler boncuklu yapıda olmuştur. Ayrıca çözelti konsantrasyonu arttıkça lif çaplarıyla birlikte standart sapmanın da arttığı görülmektedir.

% 12 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri Şekil 4.2’de verilmiştir.



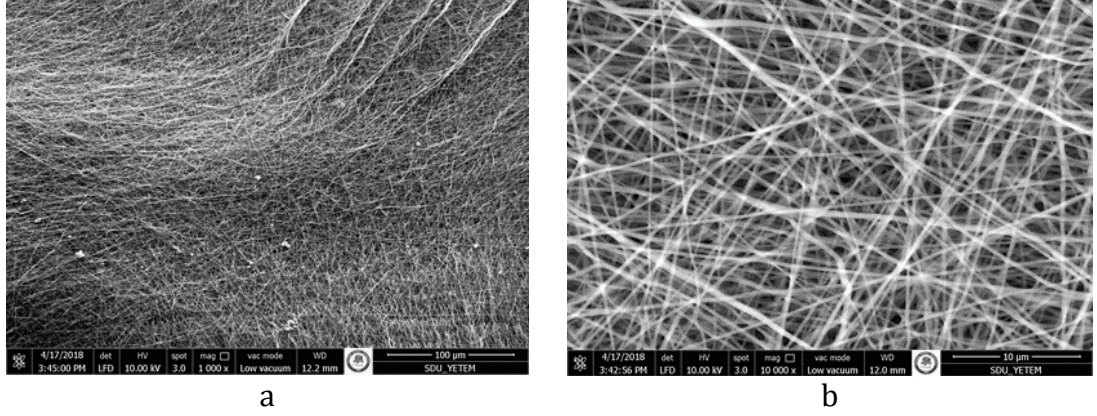
Şekil 4.2. % 12 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)

En ince lifler (177,2 nm) % 12'lik PU çözeltisinden elde edilmesine rağmen SEM görüntüleri incelendiğinde liflerin boncuklu yapıda olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). % 12 PU çözeltisinden üretilen liflerin histogramı Şekil 4.3'te verilmiştir.



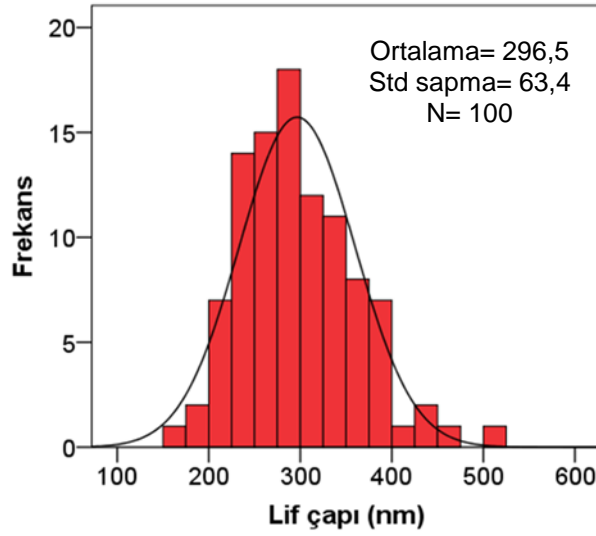
Şekil 4.3. % 12 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram

Şekil 4.3'ten liflerin ortalama çapının 177,2 nm, standart sapmasının 56,8 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar 100 adet lifin (N=100) rastgele seçilmesi sonucu elde edilmiştir. % 13 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri Şekil 4.4'te verilmiştir.



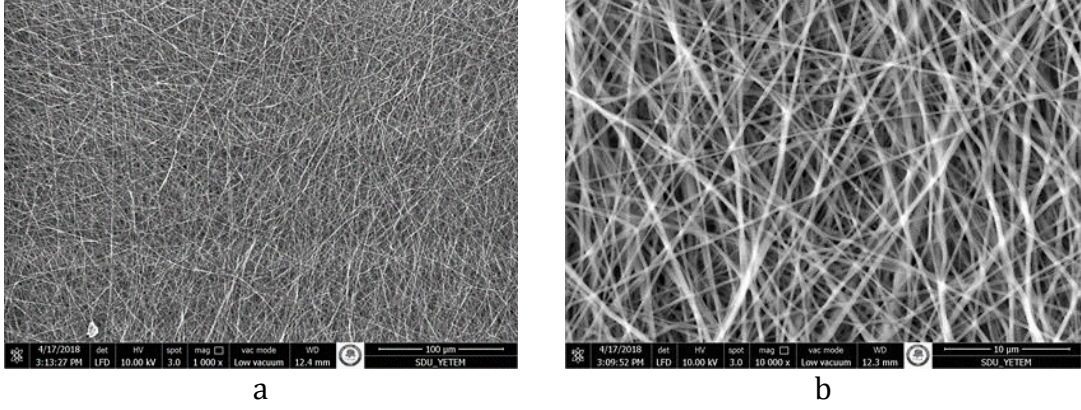
Şekil 4.4. % 13 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)

SEM görüntülerinden liflerin boncuksuz, düzgün yapıda olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). % 13 PU çözeltisinden üretilen liflerin histogramı Şekil 4.5'te verilmiştir.



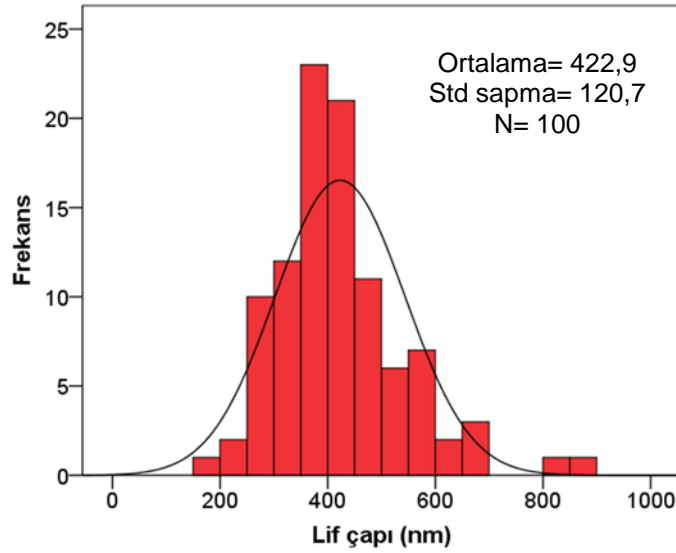
Şekil 4.5. % 13 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram

Şekil 4.5'te liflerin ortalama çapı 296,5 nm, standart sapması 63,4'tür. Bu sonuçlar 100 adet lifin (N=100) rastgele seçilmesi sonucu elde edilmiştir. % 14 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri Şekil 4.6'da yer almaktadır.



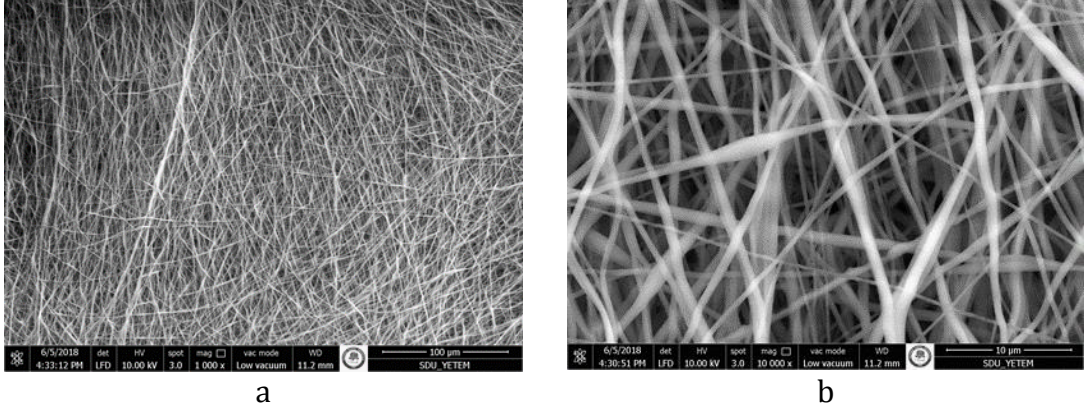
Şekil 4.6. % 14 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)

% 14 PU çözeltisinden boncuksuz, düzgün lifler elde edilmiştir (Şekil 4.6). % 14 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram Şekil 4.7’de verilmiştir.



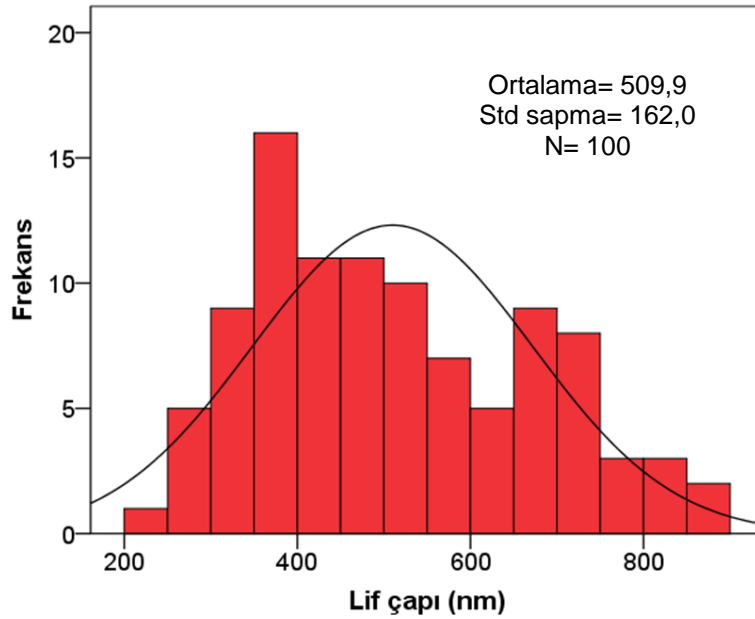
Şekil 4.7. % 14 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram

Şekilde liflerin ortalama çapı 422,9 nm, standart sapması 120,7’dir. Bu sonuçlar 100 adet lifin (N=100) rastgele seçilmesi sonucu elde edilmiştir. % 15 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. % 15 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait SEM görüntüleri (a: $\times 1.000$, b: $\times 10.000$)

% 15 PU çözeltisinden boncuksuz, düzgün lifler elde edilmiştir (Şekil 4.8). % 15 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram Şekil 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4.9. % 15 PU çözeltisinden üretilen nanoliflere ait histogram

Şekil 4.9'da liflerin ortalama çapı 509,10 nm, standart sapması 162'dir. Bu sonuçlar 100 adet lifin (N=100) rastgele seçilmesi sonucu elde edilmiştir.

Nanolif morfoloji optimizasyon çalışmalarının amacı üretilebilecek en ince ve en kalın boncuksuz lifleri seçmek olmuştur. Optimizasyon çalışmaları sonunda boncuksuz olarak üretilen en düşük konsantrasyon % 13, boncuksuz olarak

üretilebilen en yüksek konsantrasyon % 15 olduğu için doktora çalışması kapsamında bundan sonraki üretimler % 13 ve % 15 konsantrasyonlar ile yapılmıştır.

4.1.3. Nanolif membran gramajları

% 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık dokusuz yüzeyler üzerine toplanan nanoliflerin gramajları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Gramajlar bilgi amaçlı hesaplanmış olup tezin tümündeki grafik ve bölümlerde nanolif toplama süreleri baz alınmıştır.

Çizelge 4.3. Nanolif membran gramajları

Numune kodu	9 cm ² nano membran ağırlığı (g)	Gramaj (g/m ²)
1505	0,00162	1,80
1520	0,00780	8,67
1560	0,02813	31,26
15120	0,06951	77,23
1305	0,00101	1,12
1320	0,00408	4,53
1360	0,01531	17,02
13120	0,02791	31,01

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi en hafif nanolif membran 1305 (% 13'lük çözeltiden 5 dakikalık üretim) kodlu numuneye, en ağır nanolif membran ise 15120 (% 15'lik çözeltiden 120 dakikalık üretim) kodlu numuneye aittir. % 15'lik çözelti aynı toplama süresindeki % 13'lük çözeltiden üretilen nanolif membranlar ile kıyaslandığında, % 15'ten üretilenlerin % 13'e göre (5 dakika iki katından çok az, 20 ve 60 dakika üretimler iki katından az, 120 dakika iki katından fazla) daha ağır olduğu görülmektedir.

4.2. Dokusuz Yüzey ve Kompozit Yapılara Ait Analiz Bulguları

Dokusuz yüzeylerin fiziksel özellikleri, SEM görüntüleri ve bazı kompozit yapıların SEM görüntülerine ait bulgular bu bölümde üç başlık altında tartışılmıştır.

4.2.1. Dokusuz yüzeylere ait fiziksel özelliklerin analizi

Dokusuz yüzeylerin fiziksel özelliklerinden olan gramaj, kalınlık ve hava geçirgenliği değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bu parametreler ile gürültü azaltma katsayıları arasındaki ilişkiler daha sonra diğer ses yutum katsayıları ile birlikte ilgili bölümde tartışılmıştır (Bölüm 4.3.2).

Çizelge 4.4. Dokusuz yüzeylere ait kalınlık, gramaj ve hava geçirgenliği değerleri

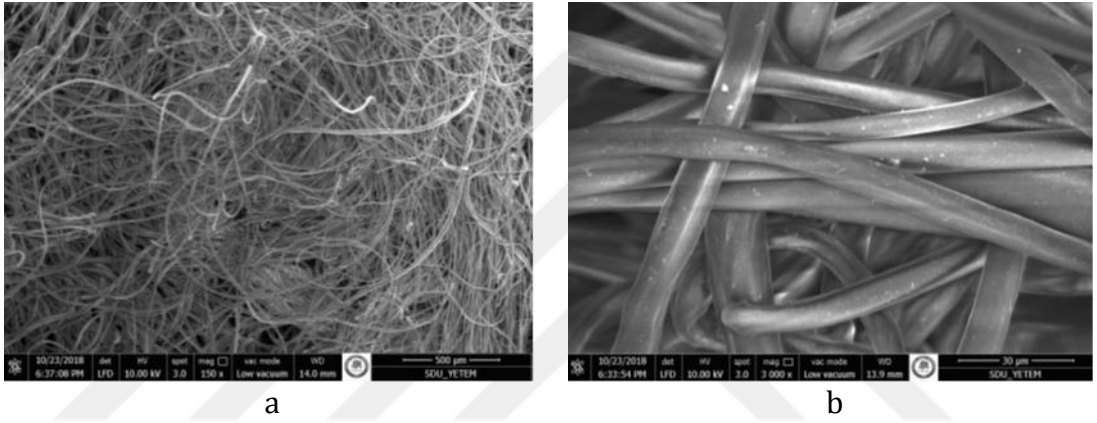
Numune Kodu	Kalınlık (mm)		Gramaj (g/m ²)		Hava Geçirgenliği (l/m ² /s)	
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma
H250	1,39	0,13	277	7	1193,0	43,2
H500	3,12	0,18	557	16	913,4	40,5
H750	4,09	0,24	813	24	700,6	37,2
A250	1,22	0,16	226	24	738,7	76,9
A500	2,07	0,26	459	28	321,6	31,8
A1000	2,52	0,15	834	51	100,3	14,9
H250H250	3,95	0,19	554	11	647,6	14,2
H500H500	6,66	0,17	1112	14	517,3	10,5
H750H750	8,42	0,31	1633	39	406,4	9,2
A250A250	3,24	0,23	453	27	350,9	23,4
A500A500	5,42	0,50	918	48	139,4	16,4
A1000A1000	5,56	0,29	1668	57	49,6	5,3

Çizelge 4.4'ten en ince ve en hafif olan dokusuz yüzeyin 1,22 mm kalınlık ve 226 g/m² gramaj ile A250 kodlu numune olduğu görülmektedir. Tek katlı dokusuz yüzeylerin kalınlıkları inceden kalına A250, H250, A500, A1000, H500 ve H750 için sırasıyla 1,22, 1,39, 2,07, 2,52, 3,12 ve 4,09 mm olarak ölçülmüştür. Tek katlı dokusuz yüzeylerin gramajları hafiften ağıra A250, H250, A500, H500, H750 ve A1000 için sırasıyla 226, 277, 459, 557, 813 ve 834 g/m² olarak

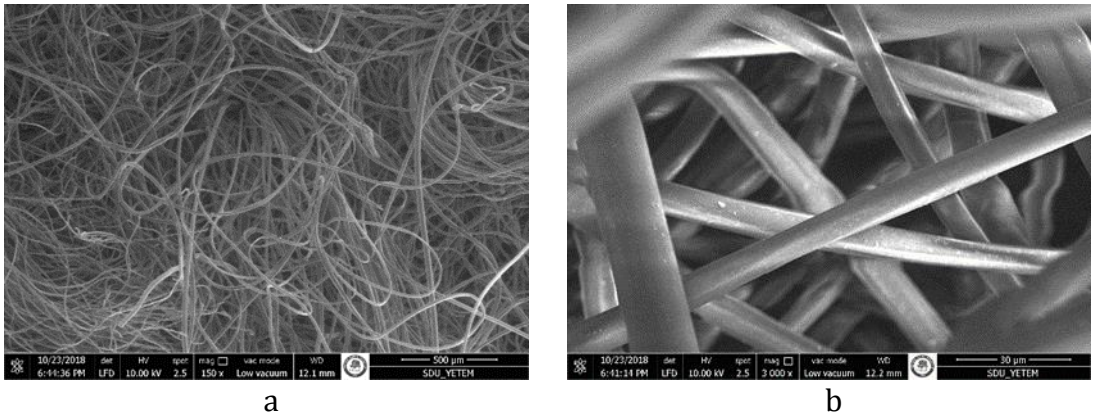
bulunmuştur. Yine tek katlı dokusuz yüzeylerde hava geçirgenlik sırası en düşükten en yükseğe A1000, A500, H750, A250, H500 ve H250 şeklinde olmuştur.

4.2.2. Dokusuz yüzeylere ait SEM görüntüleri

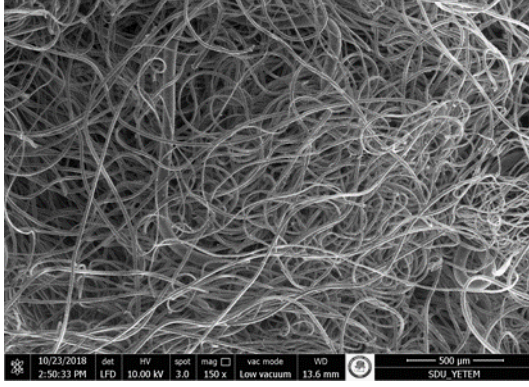
Çalışma kapsamında kullanılan altı farklı dokusuz yüzeyin SEM görüntüleri alınmıştır. Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’de sırasıyla A250, A500 ve A1000 kodlu dokusuz yüzeylere ait SEM görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 4.10. A250 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)



Şekil 4.11. A500 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)



a

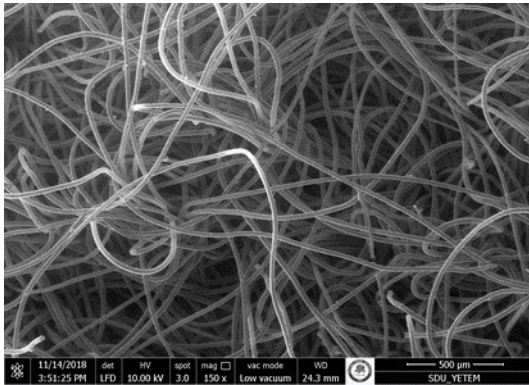


b

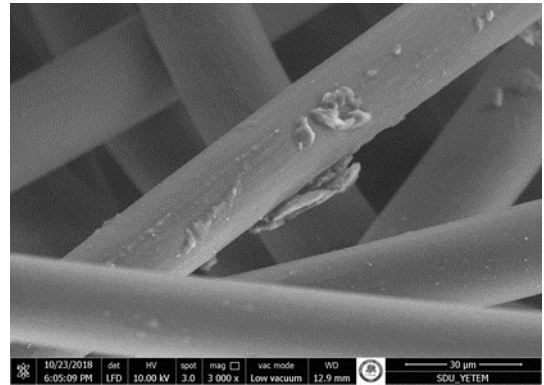
Şekil 4.12. A1000 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)

Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'deki görüntülerden A250, A500 ve A1000 kodlu, tekstil atıklarından elde edilen dokusuz yüzey liflerinin yassı, ezilmiş bir görüntüye sahip olduğu ve fiyonk benzeri lifler içerdiği görülmektedir.

Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'te sırasıyla H250, H500 ve H750 kodlu olan ve atık polyester şişelerden elde edilen dokusuz yüzeylere ait SEM görüntüleri verilmiştir.

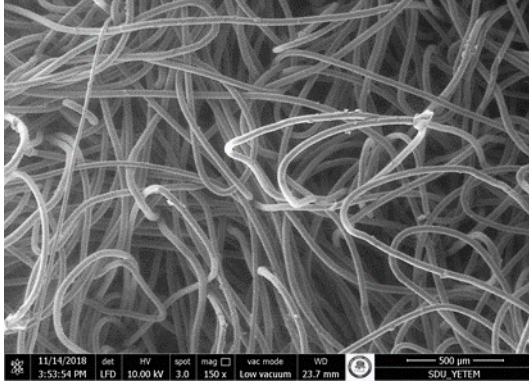


a

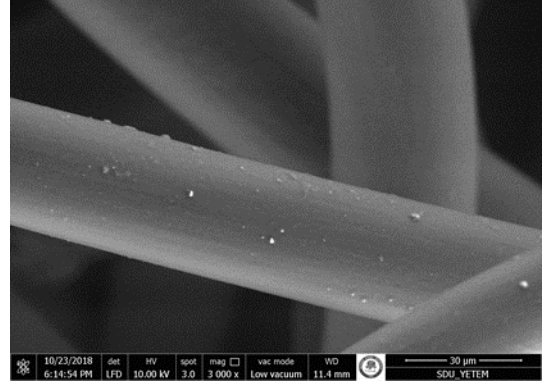


b

Şekil 4.13. H250 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)

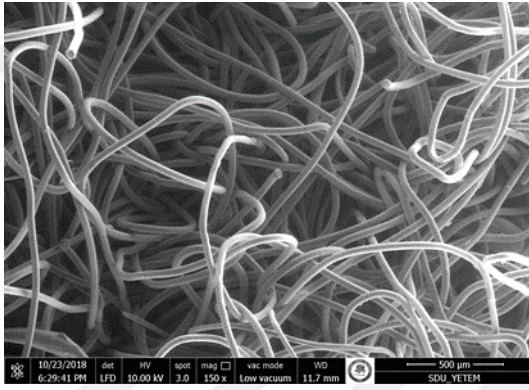


a

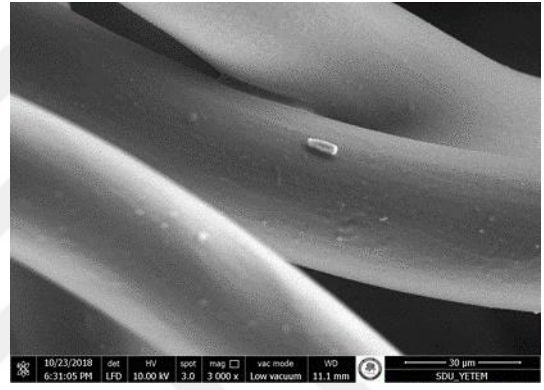


b

Şekil 4.14. H500 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)



a



b

Şekil 4.15. H750 kodlu dokusuz yüzeye ait SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 3.000$)

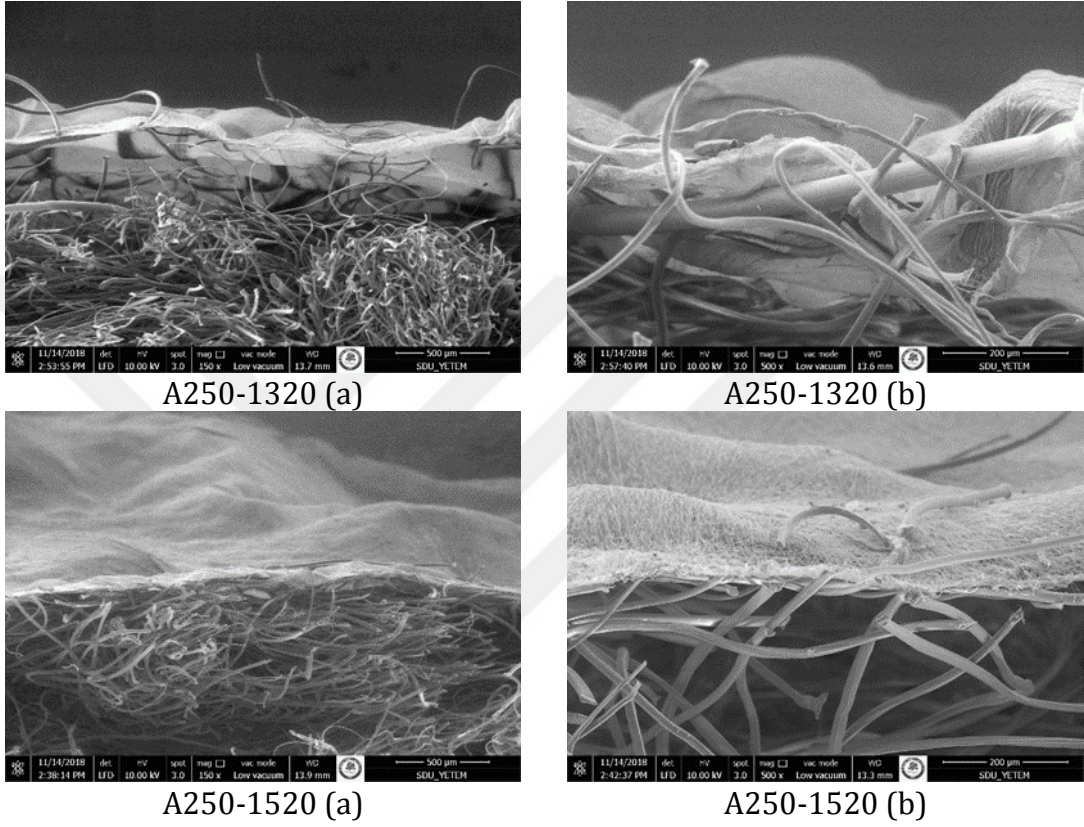
Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'ten H250, H500 ve H750 kodlu dokusuz yüzey liflerinin yuvarlak ve düzgün yapıya sahip oldukları görülmektedir.

4.2.3. Kompozit yapılara ait SEM görüntüleri

Çok fazla kompozit yapı numune olduğu ve enine kesit SEM görüntülerinin çok benzer olacağı düşünüldüğü için sadece A250 ve H250 kodlu bazı kompozit yapılara ait enine kesit SEM görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler bu bölümde nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey ve sandviç yapılar olmak üzere iki başlık altında verilmiştir.

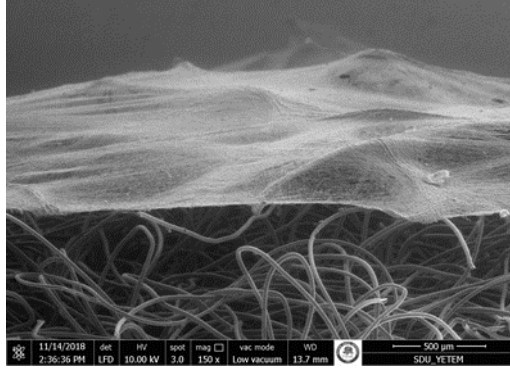
4.2.3.1. Nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri

Nanolif takviyeli dokusuz yüzey yapılarından A250-1320 ve A250-1520 kodlu numunelerin enine kesit SEM görüntüleri Şekil 4.16'da yer almıştır.

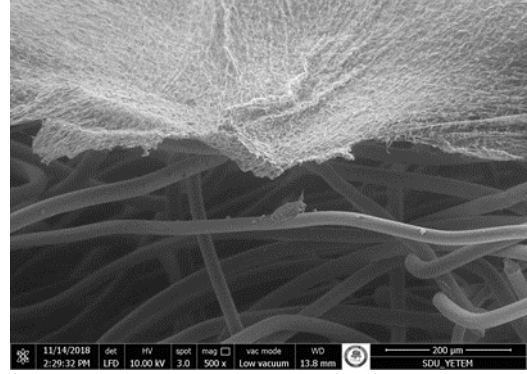


Şekil 4.16. A250 kodlu bazı nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)

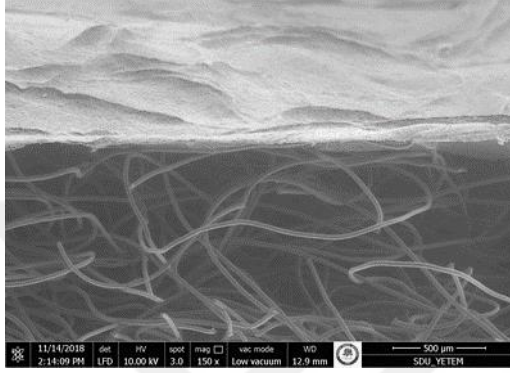
H250-1320 ve H250-1520 kodlu nanolif takviyeli dokusuz yüzeylerin enine kesit SEM görüntüleri Şekil 4.17'de görülmektedir.



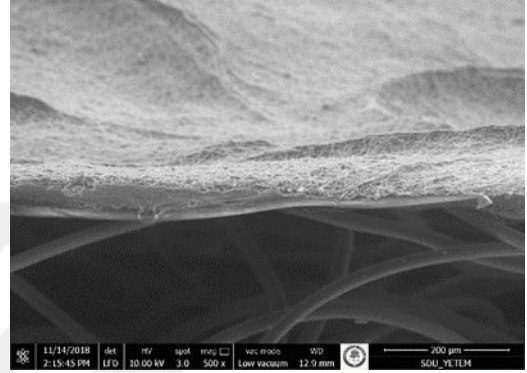
H250-1320 (a)



H250-1320 (b)



H250-1520 (a)



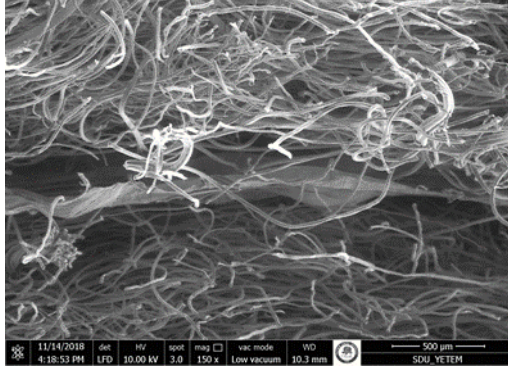
H250-1520 (b)

Şekil 4.17. H250 kodlu bazı nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylere ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)

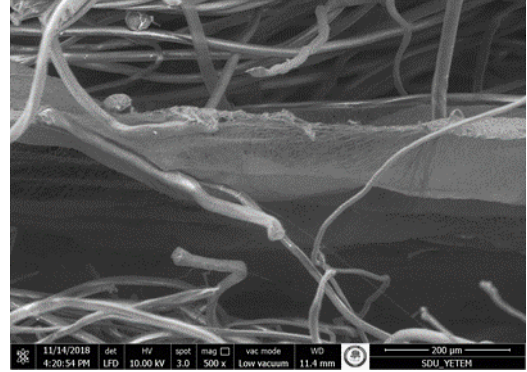
Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de 1320 ve 1520 kodlu nanolif membranların dokusuz yüzeylerin üzerinde tabaka oluşturduğu görülmektedir.

4.2.3.2. Sandviç yapılara ait enine kesit SEM görüntüleri

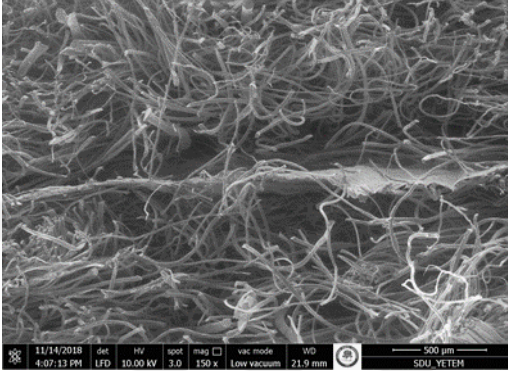
Sandviç yapıdaki numunelerden A250-1320-A250 ve A250-1520-A250 kodlu numunelere ait enine kesit SEM görüntüleri Şekil 4.18’de verilmiştir. Şekil 4.18’den tekstil atıklarından elde edilen A250 kodlu dokusuz yüzeyler arasında kalan 1320 ve 1520 kodlu nanolif membranlar görülmektedir.



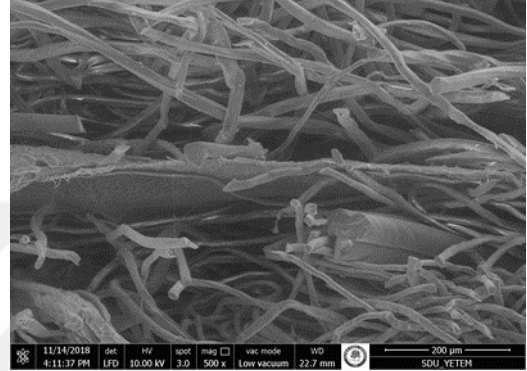
A250-1320-A250 (a)



A250-1320-A250 (b)



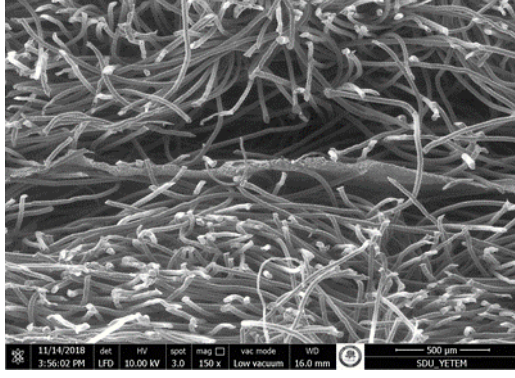
A250-1520-A250 (a)



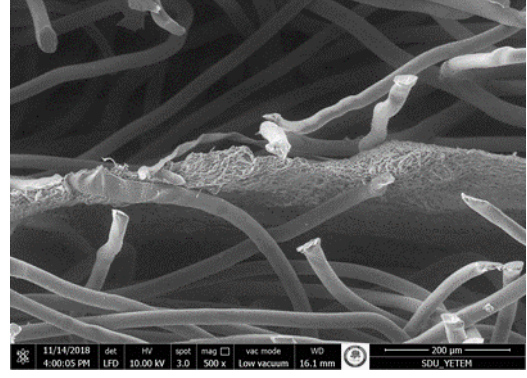
A250-1520-A250 (b)

Şekil 4.18. A250 kodlu bazı sandviç yapılarına ait enine kesit SEM görüntüleri (a: ×150, b: ×500)

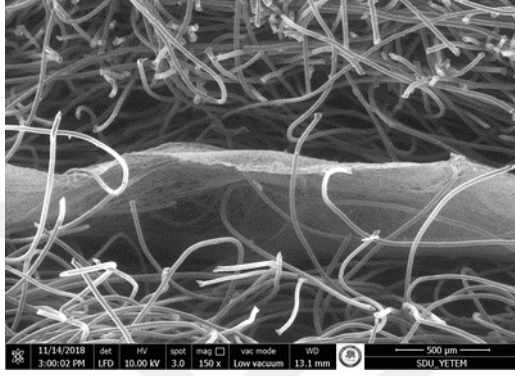
H250-1320-H250 ve H250-1520-H250 kodlu numunelerin enine kesit SEM görüntüleri Şekil 4.19'da yer almaktadır. Şekil 4.19'dan 1320 ve 1520 kodlu membranların polyester atık şişelerden üretilen H250 kodlu dokusuz yüzeyler arasında sandviç yapı oluşturacak şekilde yer aldıkları görülmektedir.



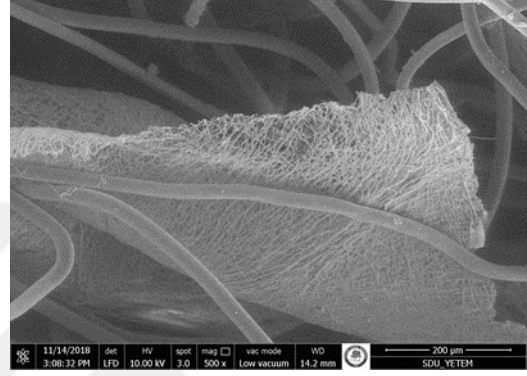
H250-1320-H250 (a)



H250-1320-H250 (b)



H250-1520-H250 (a)



H250-1520-H250 (b)

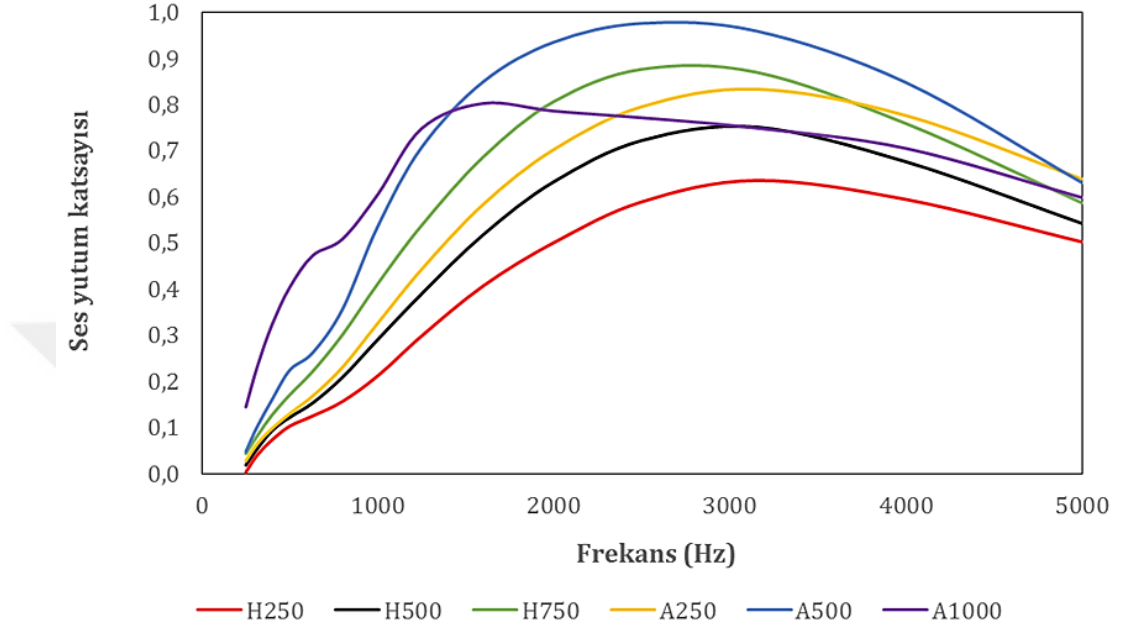
Şekil 4.19. H250 kodlu bazı sandviç yapılarına ait enine kesit SEM görüntüleri (a: $\times 150$, b: $\times 500$)

4.3. Ses Yutum Katsayısı Ölçüm Sonuçlarının Analizi

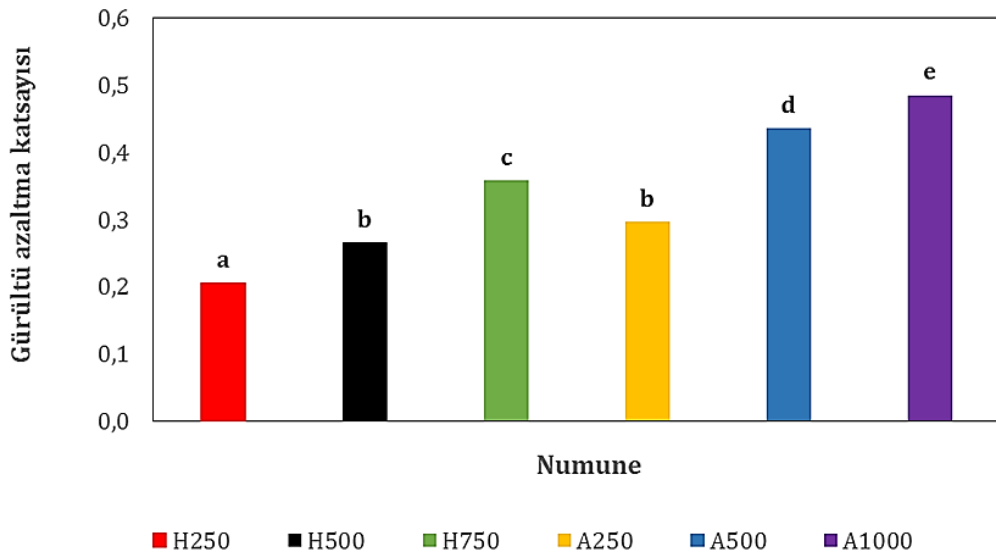
Tez çalışması için gerçekleştirilmiş olan tüm ses yutum katsayısı ölçümleri (SYK) ve hesaplanan gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri bu bölümde beş başlık altında tartışılmıştır. İlk bölümde dokusuz yüzeylerin belirlenmiş olan fiziksel özellikleri ile GAK değerleri arasındaki ilişkiler tartışılmıştır. İkinci bölümde, nanolif toplama süresi optimizasyon çalışmalarının sonuçları verilmiş ve seçilen dört sürenin seçim gerekçeleri açıklanmıştır. Üç, dört ve beşinci bölümlerde ise sırasıyla deneysel çalışmanın parametreleri olan nanolif üretim süresi, nanolif çapı ve malzeme yapısının SYK ve GAK değerlerine etkileri incelenmiştir.

4.3.1. Dokusuz yüzeylere ait gürültü azaltma katsayısı sonuçları

Şekil 20 ve Şekil 21’de sırasıyla tek katlı dokusuz yüzeylerin ses yutum katsayıları ve gürültü azaltma katsayıları görülmektedir.



Şekil 4.20. H250, H500, H750, A250, A500 ve A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.21. H250, H500, H750, A250, A500 ve A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 20’de H250, H500 ve H750 kodlu numunelerin SYK eğrilerinin karakterinin birbirine çok benzer olduğu görülmektedir. Numune kalınlaştıkça SYK eğrisi altında kalan alan da artarak daha geniş bir frekans aralığında ses yutumu sağlanmıştır. A250 ve A500 kodlu numunelerin SYK eğrileri 4000 Hz frekansına kadar birbirine benzemektedir. A1000 kodlu numunenin SYK eğrisinin çok farklı karakterde olup 1200 Hz frekansına kadar tüm numunelerden daha yüksek SYK değerlerine sahip olmasına rağmen 1200 Hz’den yüksek frekanslarda A250, A500 ve H750 kodlu numunelerden daha düşük SYK değerlerinin ölçüldüğü gözlemlenmektedir. Bu durum literatür ile uyumlu olarak paketleme yoğunluğunun artması için daha yüksek oranda iğneleme yaparak sıkıştırmanın da artmasıyla ses yutumunun azalması olarak açıklanabileceği düşünülmektedir (Shahani vd., 2019). Ayrıca numuneler kalınlaştıkça düşük frekans aralığına doğru kayma görülmüştür (Martelotta vd., 2018).

Şekil 21’de farklı harf ile gösterilen numunelerin ortalama GAK değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. H250, H500, H750, A250, A500 ve A1000 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,205, 0,266, 0,358, 0,297, 0,436 ve 0,485 olarak hesaplanmıştır. H500 ve A250 kodlu numuneler arasında anlamlı fark olmayıp diğerlerinin hepsi birbirinden farklıdır.

Tek katlı ve iki katlı dokusuz yüzeylere gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri Çizelge 4.5’te verilmiştir.

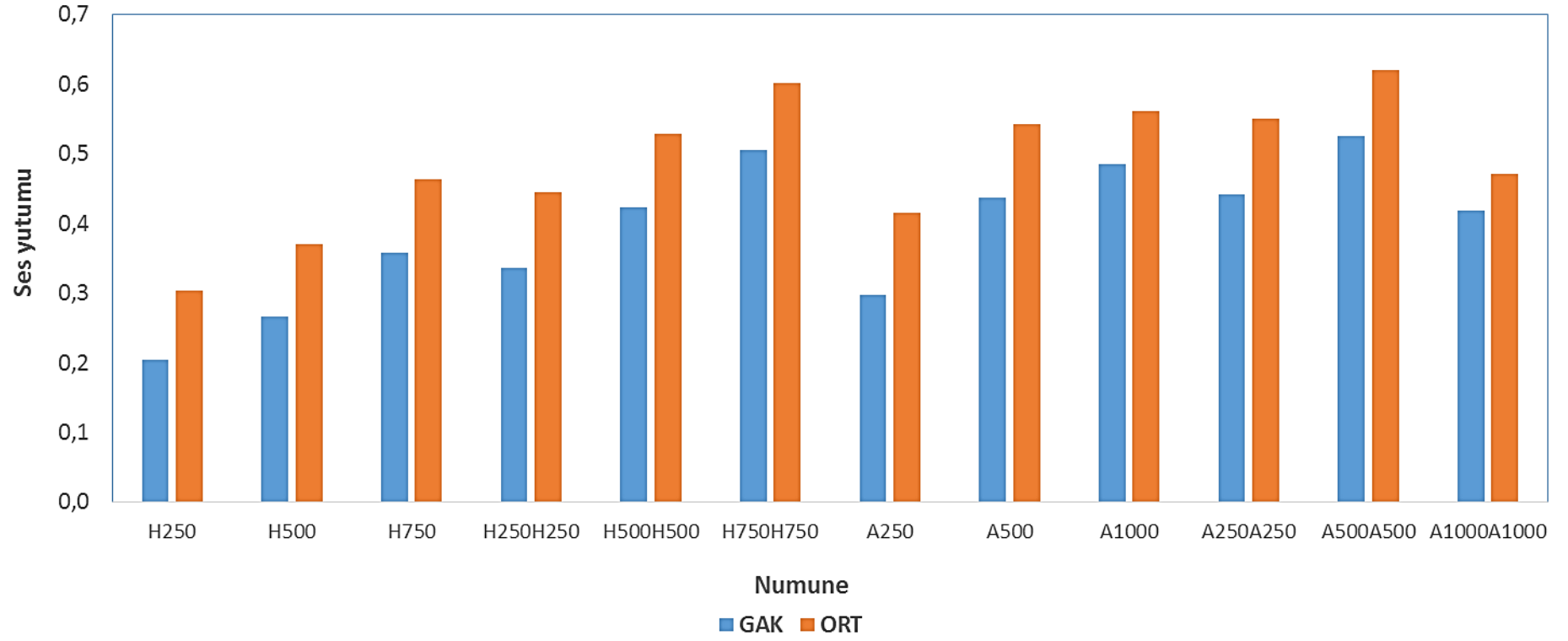
Çizelge 4.5. Dokusuz yüzeylere ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Numune kodu	Gürültü azaltma katsayısı	
	Ortalama	Standart sapma
H250	0,205	0,003
H500	0,266	0,012
H750	0,358	0,023
A250	0,297	0,167
A500	0,436	0,006
A1000	0,485	0,010
H250H250	0,336	0,003
H500H500	0,423	0,014
H750H750	0,504	0,011
A250A250	0,441	0,005
A500A500	0,525	0,002
A1000A1000	0,418	0,001

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.21’de tek katlı A1000 dokusuz yüzey numunesinin GAK değeri 0,485 iken iki katlı hale geldiğinde (A1000A1000) GAK değerinin azalarak 0,418 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu durumun da sıkıştırmanın ses yutumu üzerindeki olumsuz etkisi ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Diğer tüm numuneler kalınlaştıkça değerleri artış olduğu görülmektedir.

Dokusuz yüzeylerin kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği ve ses yutum katsayısı ölçümleri yapılarak GAK değerleri hesaplanmıştır. Hava geçirgenliği-GAK, kalınlık-GAK ve gramaj-GAK ilişkileri ayrı ayrı basit lineer regresyon analizi yapılarak incelenmiştir. Ayrıca bu üç bağımsız değişkenin GAK üzerindeki etkisi çoklu lineer regresyon analizi yapılarak birlikte de incelenmiştir. Bunlarla ilgili bulgular ve tartışmalar ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

Tek katlı ve iki katlı dokusuz yüzeylere ait GAK ve ORT değerleri Şekil 4.22’de verilmiştir. Şekilde nano membranlardan farklı olarak dokusuz yüzey kalınlaşsa bile ORT değeri sürekli olarak GAK değerinden daha yüksek olmaktadır. Numune kalınlaştıkça tüm frekans aralıklarında malzemenin ses yutumu iyileşmektedir. Nanoliflerde ise iyileşme düşük frekans aralıklarında daha fazla olduğu için GAK değerinin kritik bir kalınlıktan sonra artarak ORT değerinden daha yüksek olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.28). Şekil 4.22’de ORT değerlerinin tüm numuneler için GAK değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. .



Şekil 4.22. Tek katlı ve iki katlı dokusuz yüzeylerin gürültü azaltma katsayısı ve ortalama ses yutum katsayısı değerleri

Dokusuz yüzeyler için bağımsız değişkenler olan hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın GAK ile lineer regresyon sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

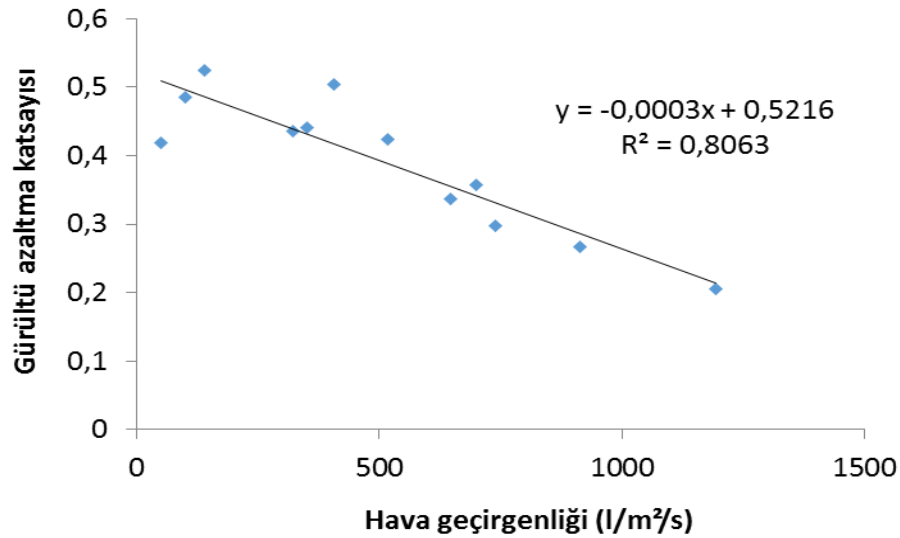
Çizelge 4.6. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkilerinin basit lineer regresyon analiz özeti

Gürültü azaltma katsayısı (bağımlı değişken)							
Katsayılar							
Bağımsız değişken	R ²	Çoklu R	Serbestlik derecesi	Standart hata	Modelin anlamlılığı (F)	Kesişim	Bağımsız değişken
Hava geçirgenliği	0,8063	0,8980	11	0,0459	7,3251E-05	0,5216	-0,0003
Kalınlık	0,3448	0,5872	11	0,0845	0,0447	0,2853	0,0267
Gramaj	0,3469	0,5890	11	0,0844	0,0439	0,2941	0,0001

Çizelge 4.6'da Çoklu R olarak ifade edilen değerler korelasyon katsayısının mutlak değeridir. Bağımsız değişkenlerin GAK ile ilişkileri sonraki bölümlerde grafikler halinde verilmiştir.

4.3.1.1. Dokusuz yüzey hava geçirgenliği-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi

Regresyon analizi sonucuna göre dokusuz yüzeylerin hava geçirgenliği ve GAK değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23. Hava geçirgenliğinin gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi

Regresyon analizi sonucuna göre R^2 değeri 0,8063, korelasyon katsayısı $-0,898$ elde edilmiştir. Bunlara göre hava geçirgenliği ile gürültü azaltma katsayısı (GAK) arasında güçlü negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Korelasyon iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini gösteren istatistiksel bir tekniktir. Genellikle r ile gösterilmektedir (Ratner, 2009). ± 1 değerindeki bir korelasyon katsayısı iki değişken arasında mükemmel bir korelasyon olduğunu ve birinde değişiklik olduğunda diğerinin değerinin de mükemmel bir şekilde tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir (Gravetter, 2013). Korelasyon katsayısı (mutlak değeri) $r \leq 0,35$ ise zayıf, $0,36 \leq r \leq 0,67$ ise orta seviyede, $0,68 \leq r \leq 1$ durumunda güçlü ve $r \geq 0,9$ olduğunda ise iki değişken arasında çok güçlü korelasyon olduğu anlamına gelmektedir (Taylor, 1990).

Hava geçirgenliği değeri arttıkça GAK değerinde düşüş olmaktadır. Yapılan regresyon analizi neticesinde R^2 değeri 0,8063 elde edilmiştir. Elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

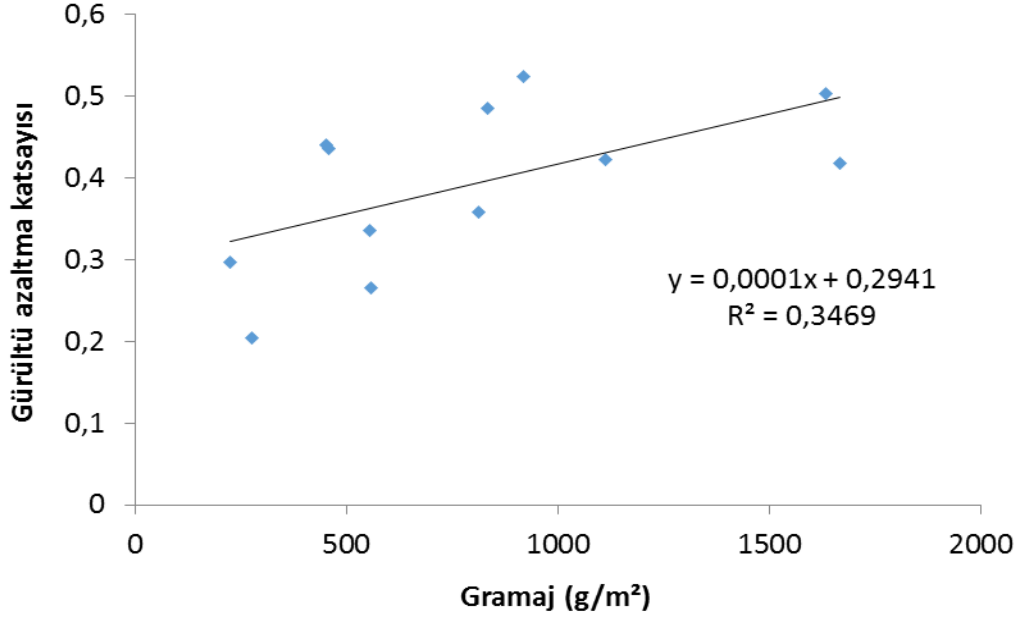
$$\text{GAK} = 0,521619 - 0,0003 \times \text{hava geçirgenliği} \quad (4.1)$$

Denklemden GAK gürültü azaltma katsayısı, 0,521619 regresyon analizi neticesinde bulunan kesişim değeri ve $-0,0003$ yine regresyon analizi neticesinde bulunan hava geçirgenlik katsayısıdır.

Literatürde de hava geçirgenliğinin artmasıyla ses yutumu katsayısının azaldığı bildirilmiştir (Taşcan ve Vaughn, 2008a,b; Avcıoğlu vd., 2010; Rabbi vd., 2013; Marmaralı vd., 2014).

4.3.1.2. Dokusuz yüzey gramajı-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi

Regresyon analizi sonucuna göre R^2 değeri 0,3469, korelasyon katsayısı 0,5890 elde edilmiştir. Bunlara göre gramaj ile gürültü azaltma katsayısı (GAK) arasında orta seviyede pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Regresyon analizi sonucuna göre dokusuz yüzeylerin gramajı ve GAK değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi

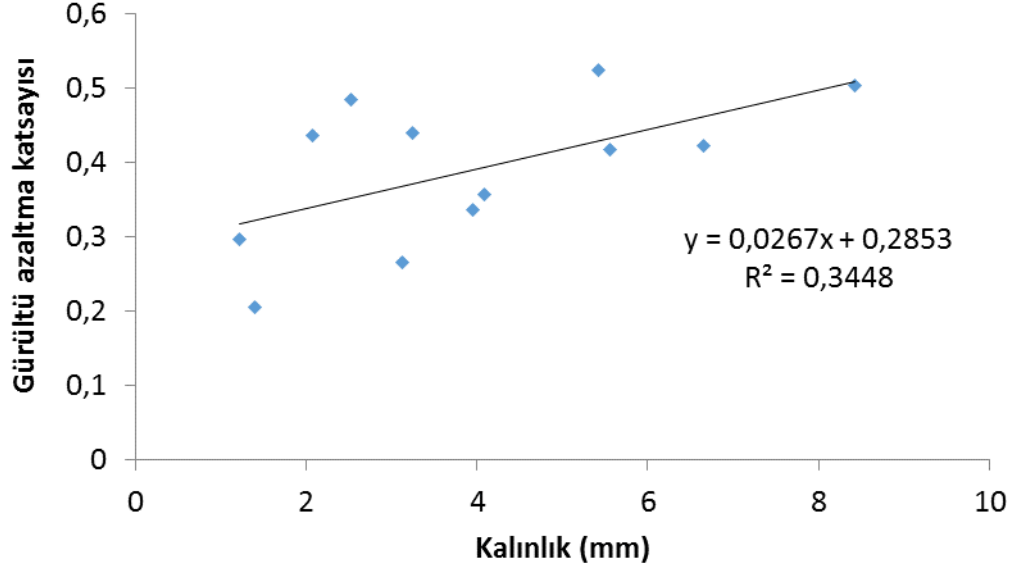
Şekil 4.24'te gramaj arttıkça GAK değerinde de artış olmaktadır. Yapılan regresyon analizi neticesinde R^2 değeri 0,3469 elde edilmiştir. Elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$GAK = 0,29412 + 0,000123 \times \text{gramaj} \quad (4.2)$$

Denklemden GAK gürültü azaltma katsayısı, 0,29412 regresyon analizi neticesinde bulunan kesişim değeri ve 0,000123 yine regresyon analizi neticesinde bulunan gramaj katsayısıdır.

4.3.1.3. Dokusuz yüzey kalınlığı-gürültü azaltma katsayısı ilişkisi

Regresyon analizi sonucuna göre R^2 değeri 0,3448, korelasyon katsayısı 0,5872 elde edilmiştir. Bunlara göre kalınlık ile gürültü azaltma katsayısı (GAK) arasında orta seviyede pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Regresyon analizi sonucuna göre dokusuz yüzeylerin kalınlığı ve GAK değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. Kalınlığın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkisi

Şekil 4.25'te kalınlık arttıkça GAK değerinde de artış olmaktadır. Yapılan regresyon analizi neticesinde elde edilen R^2 değeri 0,3448 olmaktadır. Elde edilen regresyon denklemi de aşağıda verilmiştir (Denklem 4.3).

$$GAK = 0,285275 + 0,026662 \times \text{kalınlık} \quad (4.3)$$

Denklemde GAK gürültü azaltma katsayısını ifade etmektedir.

4.3.1.4. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine çoklu etkisi

Bağımsız değişkenlerin hepsi birlikte değerlendirilerek çoklu lineer regresyon analizi yapıldığında daha yüksek bir R^2 değeri elde edilmiştir. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramaj değişkenlerinin GAK ile çoklu lineer regresyon analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Hava geçirgenliği, kalınlık ve gramajın gürültü azaltma katsayısı üzerine etkilerinin çoklu lineer regresyon analiz özeti

Kaynak	Gürültü azaltma katsayısı		
	Standart hata	Katsayılar	P-değeri
Kalınlık	0,0096	0,0313	5,862E-07
Gramaj	4,905E-05	0,0001	1,152E-02
Hava geçirgenliği	3,5806E-05	-0,0003	4,974E-02
Kesişim	0,0346	0,4918	7,200E-05
F değeri		9,4269E-05	
R ²		0,9207	
Çoklu R		0,9595	
Serbestlik derecesi		3	

Regresyon analizi sonucuna göre R² 0,9207 elde edilmiştir. Regresyon denklemi de verilmiştir (Denklem 4.4)

$$GAK = 0,4918 + 0,0313 \times \text{kalınlık} + 0,0001 \times \text{gramaj} - 0,0003 \times \text{hava geçirgenliği} \quad (4.4)$$

Denklemde GAK gürültü azaltma katsayısını ifade etmektedir.

4.3.2. Nanolif toplama süresine ait optimizasyon bulguları

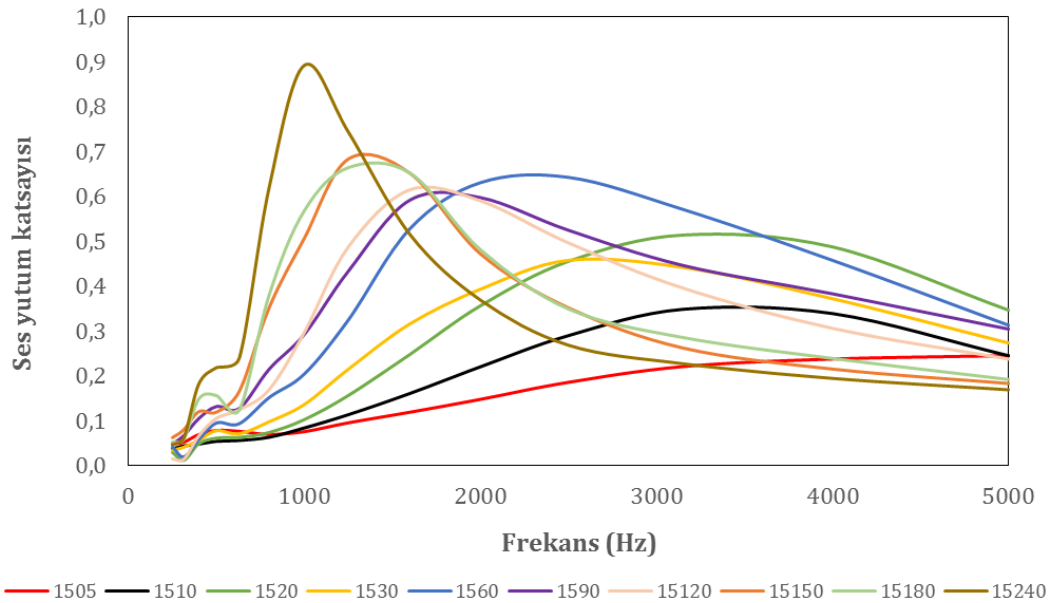
% 15 PU çözeltisi ile farklı sürelerde nanolif toplanarak elde edilen nanolif membranların ses yutum katsayıları ölçülmüş (SYK) ve gürültü azaltma katsayıları (GAK) hesaplanmıştır. Süre optimizasyon çalışmasının % 15 PU çözeltisi ile yapılmasının nedeni tüm çalışma boyunca kullanılacak iki konsantrasyondan biri olmasıdır. % 15 PU çözeltisi ile 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık üretimler yapılmıştır. Bu süreler içinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık üretimler seçilerek doktora tez çalışmasındaki tüm nanolif üretimleri her iki konsantrasyon için bu dört süre ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.8'de % 15'lik çözeltiden üretilen nano membranlara ait gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. % 15 PU çözeltisinden üretilen nano membranlara ait gürültü azaltma katsayısı değerleri ve numune kodları

Numune kodu	Açıklama	GAK Değeri
1505	Üretim süresi 5 dakika	0,087
1510	Üretim süresi 10 dakika	0,099
1520	Üretim süresi 20 dakika	0,137
1530	Üretim süresi 30 dakika	0,160
1560	Üretim süresi 60 dakika	0,243
1590	Üretim süresi 90 dakika	0,267
15120	Üretim süresi 120 dakika	0,239
15150	Üretim süresi 150 dakika	0,290
15180	Üretim süresi 180 dakika	0,314
15240	Üretim süresi 240 dakika	0,381

Çizelge 4.8’de nanolif üretim süresi arttıkça GAK değerleri de artmıştır fakat sadece 120 dakika süre ile toplanmış olan nanolif membranın (15120) GAK değerinin 90 dakika süre ile üretilen nanoliflerden (1590) daha düşük olduğu görülmektedir.

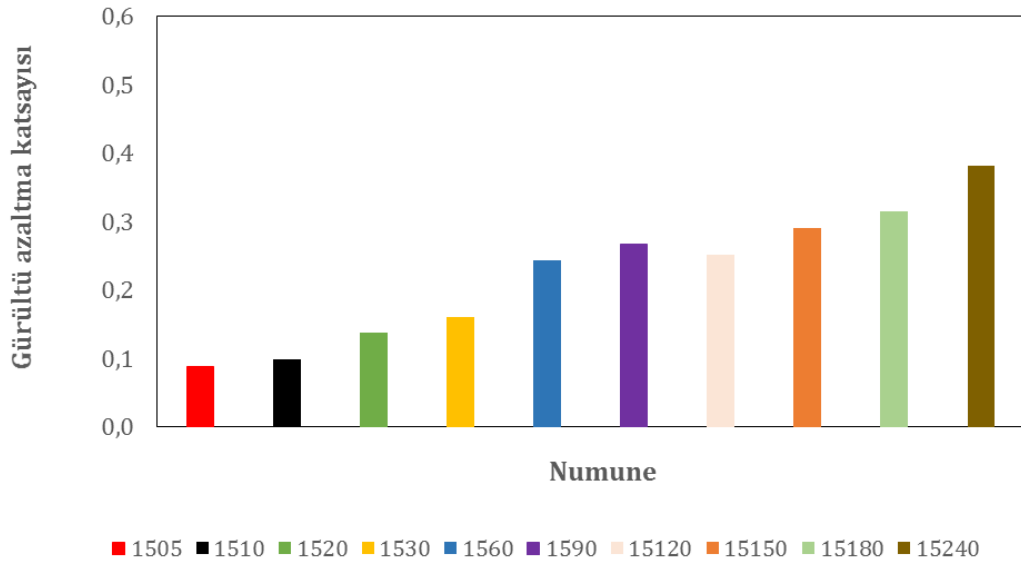
5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık sürelerle üretilen nano membranların frekanslara göre ses yutum katsayısı değerleri Şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26. 1505, 1510, 1520, 1530, 1560, 1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

Şekil 4.26'dan nanolif üretim süresi arttıkça rezonans frekanslarının azaldığı yani daha kalın nanoliflerin daha düşük frekans aralığında etkili ses yutumu sağladığı görülmektedir. 240 dakika süre ile üretilen nanolif membran 1000 Hz civarında pik yaparak 0,9 SYK değerine ulaşmıştır. 180 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranın 1000-2000 Hz aralığında 0,65 civarında bir SYK değerine sahip olduğu, 150 dakikalık süre ile toplanan nano membranın daha dar bir frekans aralığında (1300-1700 Hz) 0,70 civarında bir SYK değerine ulaştığı görülmektedir. 120 dakikadan daha uzun süreli nanolif üretimlerinde daha düşük frekanslarda belirgin olarak SYK artışları görülmüştür. Literatürle uyumlu olarak membran kalınlığı arttıkça rezonans frekansının düştüğü tespit edilmiştir (Xiang vd., 2011, Küçükali Öztürk vd., 2017).

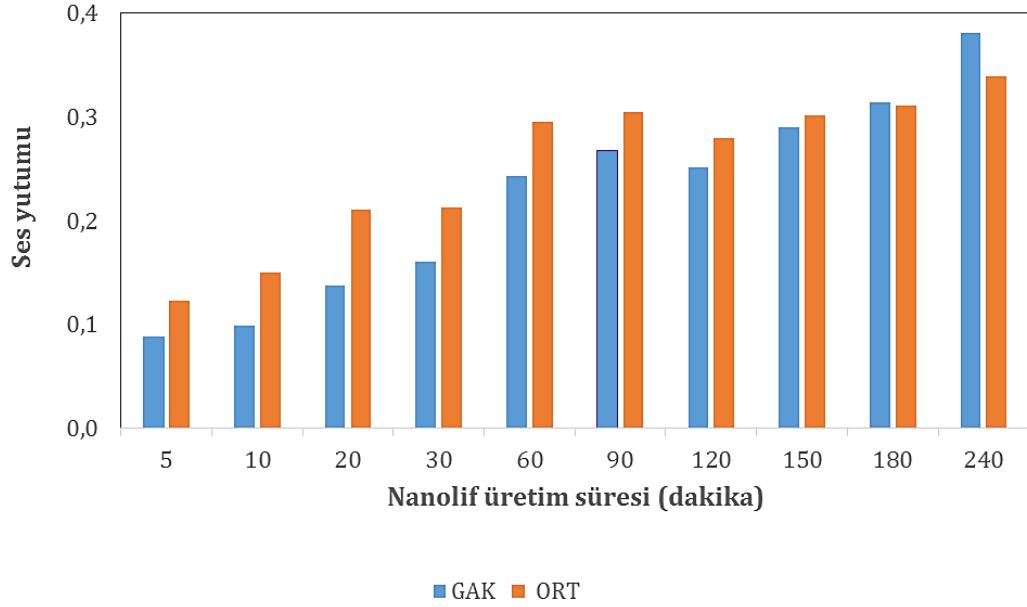
Şekil 4.27'de 1505, 1510, 1520, 1530, 1560, 1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı (GAK) grafiği verilmiştir.



Şekil 4.27. 1505, 1510, 1520, 1530, 1560, 1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.27'de nanolif üretim süresine bağlı olarak GAK değerlerinin artmasına rağmen 120 dakikalık üretimde bir düşüş meydana geldiği ve daha sonra tekrar artış başladığı görülmektedir. Nano membranların etkili oldukları frekans aralıklarının kıyaslanabilmesi için Şekil 4.28'de 1505, 1510, 1520, 1530, 1560,

1590, 15120, 15150, 15180 ve 15240 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı (GAK) ve ortalama ses yutum katsayısı (ORT) değerleri birlikte verilmiştir.



Şekil 4.28. Süre optimizasyonu için 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık sürelerde üretilen nanoliflere ait gürültü azaltma katsayısı ve ortalama ses yutum katsayısı değerleri

Şekil 4.28’de ORT değerleri tüm frekanslara ait SYK değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Şekilden görüldüğü gibi ORT değeri 60 dakikaya kadar GAK değerlerinden belirgin olarak daha yüksektir. 120 ve 150 dakikalarda aradaki fark iyice azalmaktadır. 180 ve 240 dakikada GAK değeri ORT değerinden daha yüksektir. 120 dakikalık üretimden sonraki sürelerde GAK değerlerinin tüm frekansların ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer bir ifade ile numune kalınlaştıkça (120 dakikadan sonra) düşük ve orta frekans aralığında daha etkili ses yutumu sağlandığı görülmektedir. Fakat dokusuz yüzeylerde böyle bir durum söz konusu değildir. İlgili bölümde tartışılmıştır (Şekil 4.22). Nano membranlarda % 15 PU çözeltisi için 120 dakikalık üretim süresinin bir geçiş noktası olduğu düşünülmektedir. Bu süreler içinden dört adedi seçilmiştir. Çizelge 4.9’da seçilme gerekçeleri verilmiştir.

Çizelge 4.9. Süre optimizasyonu neticesinde seçilen süreler ve seçilme nedenleri

Üretim süresi (dk)	Seçilme nedeni
5	5 dakika ve 10 dakika için elde edilen GAK değerleri birbirine çok yakın olduğu için kısa süreli olanın seçilmesinin daha ekonomik ve pratik olduğu düşünülmüştür.
20	20 dakika ve 30 dakika için elde edilen GAK değerleri birbirine çok yakın olduğu için kısa süreli olanın seçilmesinin daha ekonomik ve pratik olduğu düşünülmüştür.
60	Tüm süreler içinde elde edilen GAK değeri ve üretim süresi dikkate alındığında en optimum değer olduğu düşünülmüştür.
120	ilk etapta izah edilemeyen bir düşüş görüldüğü daha sonraki sürelerde ses yutum eğrisinin şekil değiştirerek tekrar artmaya başladığı bir dönüm olarak değerlendirilebileceği düşünülmüştür.

4.3.3. Nanolif üretim süresinin ses yutumuna etkisi

Nanolif üretimleri % 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık süreler halinde yapılmıştır. Bu bölümde nanolif toplama (üretim) süresinin ses yutumuna etkisi 3 başlık altında incelenmiştir. Birinci başlıkta nanolif membranlar, ikinci başlıkta nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeyler ve üçüncü başlıkta sandviç yapılar üzerinde nanolif üretim süresinin etkisi araştırılmıştır. Üretilen nanoliflerin ortalama gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Nanoliflere ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Numune kodu	Gürültü azaltma katsayısı	
	Ortalama	Standart sapma
1305	0,103	0,005
1320	0,156	0,005
1360	0,254	0,001
13120	0,292	0,040
1505	0,087	0,006
1520	0,137	0,005
1560	0,243	0,004
15120	0,257	0,017

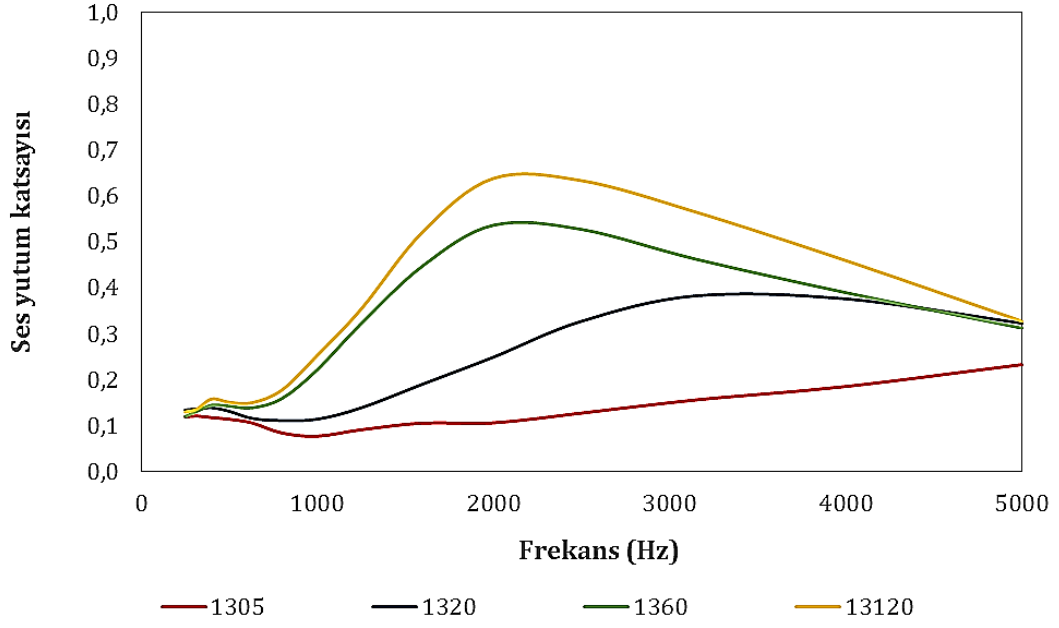
4.3.3.1. Nanolif üretim süresinin nanolif membranlarda ses yutumuna etkisi

% 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle üretilen nano membranların ses yutum katsayısı (SYK) ve gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri her konsantrasyon için ayrı incelenmiştir. Şekil 4.29'da % 13 PU çözeltilisinden üretilen 1305, 1320, 1360 ve 13120 kodlu numunelerin farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri verilmiştir.

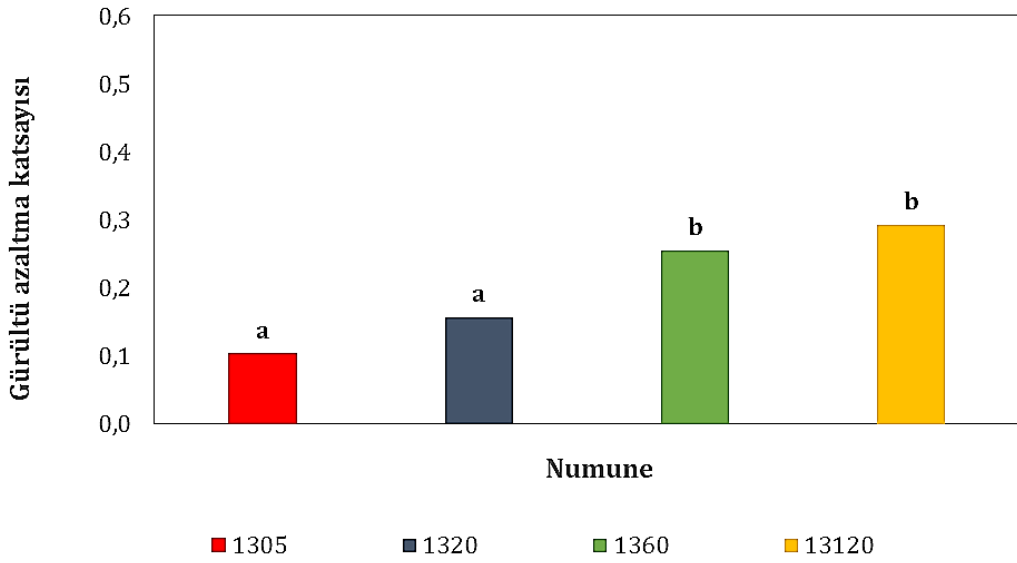
Şekil 4.29'da verilen grafikte genel eğilim olarak üretim süresi arttıkça SYK değerlerinde artış olduğu gözlemlense de her numune için bazı frekans aralıklarına göre farklı davranışlar görülmektedir. 1305 kodlu numunenin tüm frekanslar için en düşük, 13120'nin de en yüksek (250-300 Hz aralığı hariç) SYK değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir. 1360 kodlu numunenin SYK değerleri, 250-300 Hz frekans aralığı hariç 4000 Hz frekans değerine kadar, 1320 kodlu numunenin SYK değerlerinden yüksektir. 5000 Hz frekansında ise 1320, 1360 ve 13120 kodlu numunelerin SYK değerlerinin neredeyse eşit olduğu görülmektedir.

1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerine ait GAK değerleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek GAK değerlerinin büyükten küçüğe sırasıyla 13120, 1360, 1320 ve 1305 kodlu numunelere ait olduğu görülmektedir. Üretim süresi arttıkça GAK değerleri de yükselmiştir. Tukey HSD sonuçlarına göre farklı harf ile gösterilen numunelerin ortalamaları arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).

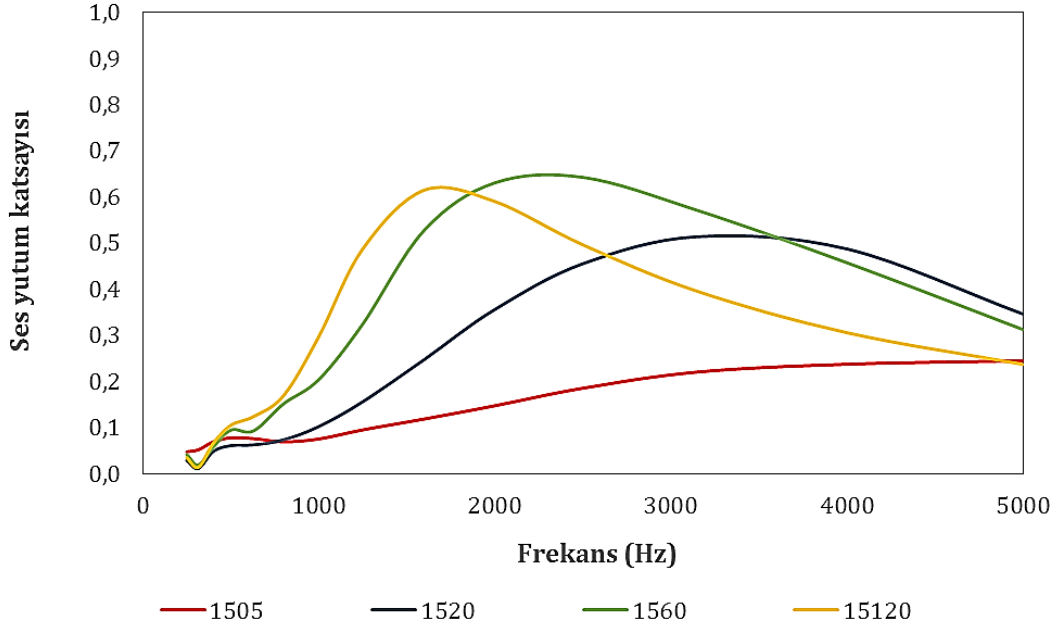
% 15 PU çözeltilisinden üretilen 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri ve 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri sırasıyla Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de verilmiştir.



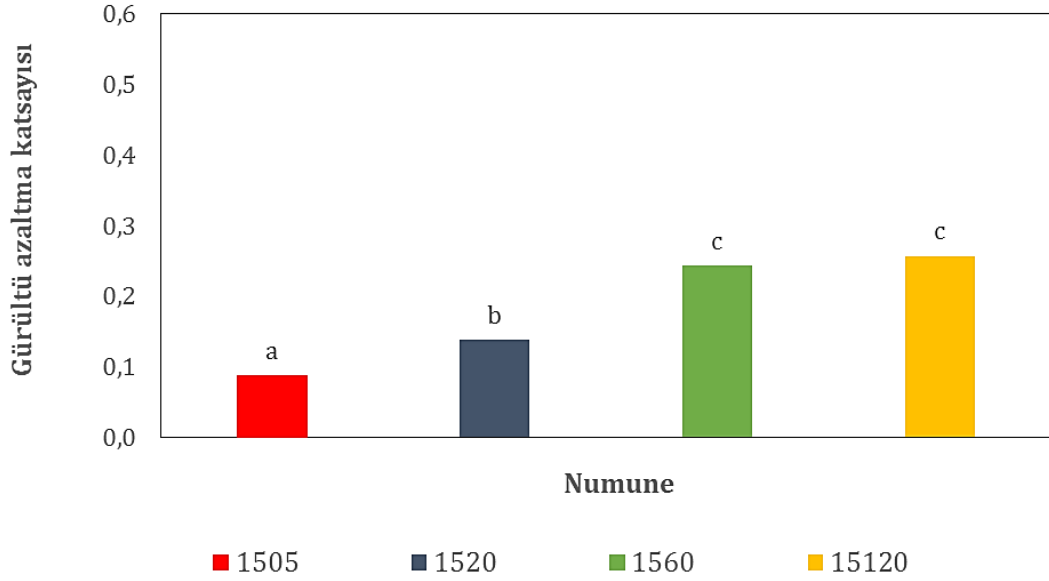
Şekil 4.29. 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.30 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.31. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.32. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.31'den üretim süresi arttıkça nanolif membranın daha düşük frekans aralıklarında daha etkili olduğu görülmektedir. 15120 kodlu membran için SYK değeri 1000-2000 Hz frekans aralığında 0,6 civarında olmuştur. 15120 kodlu membranın diğerlerinden çok daha belirgin olarak düşük frekans aralığına

kaydığı ve 13120'ye kıyasla daha düşük frekanslarda çok daha belirgin bir iyileşme sağladığı görölmektedir.

Şekil 4.32'de. Tukey HSD sonuçlarına farklı harf ile gösterilen numunelerin ortalamaları arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$). 1505, 1520 ve 1560 kodlu numunelerin ortalama GAK değerleri birbirinden farklıdır. 1560 ve 15120 arasında anlamlı fark yoktur.

4.3.3.2. Nanolif üretim süresinin nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzeylerde ses yutumuna etkisi

Polyester tekstil atıklarından iğneleme yöntemi ile elde edilen A250, A500 ve A1000 kodlu dokusuz yüzeyler ve yine polyester şişe atıklarından iğneleme yöntemi ile üretilen H250, H500 ve H750 kodlu dokusuz yüzeyler üzerine % 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle nanolif üretimleri yapılmıştır. Bu bölümde elde edilen kompozit yapıların ses yutum katsayısı (SYK) ve gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri her dokusuz yüzey ve konsantrasyon için süreler baz alınarak ayrı ayrı incelenmiştir.

Nanolif membran üretim süresinin tüm numunelerin (A ve H kodlu) SYK değerleri üzerindeki etkisi için genel bir özetleme yapıldığında; nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrisi sola kayarak daha düşük frekans aralığında daha etkili olabilmesine rağmen özellikle 60 ve 120 dakikalık üretimlerin takviye edildiği dokusuz yüzeylerde daha yüksek frekans aralıklarında SYK değerlerinde azalma görölmüştür. H kodlu numunelerde 5 ve 20 dakikalık takviyelerin yapıldığı numunelerin genel olarak SYK eğri karakteri birbirine çok benzer iken 60 ve 120 dakikalık olanların SYK eğri karakterleri bu ikisinden ve birbirinden de farklı olmuştur. Fakat A kodlu numunelerin hemen hepsinde süreye göre SYK eğri karakterinin farklılık gösterdiğini söylemek mümkündür. Kullanılan destek dokusuz yüzey kumaş ve frekansa göre değişiklik gösterebilen bu genel durum ilgili grafiklerle tartışılmıştır. GAK değerleri için ise H kodlu dokusuz yüzeylerde genellikle süre arttıkça GAK değeri artmasına rağmen (H750-13120 ve H750-15120 hariç), A kodlu dokusuz yüzeyler için daha farklı olarak 5 ve 20 dakikalık

sürelerden sonra GAK değerinde daha fazla numunede düşüş görülmüştür. İlgili şekillerde daha ayrıntılı tartışmalar yapılmıştır.

Literatürde de bu genel sonuçlarla uyumlu olarak Kalinova vd. (2016), Xiang vd. (2011) ve Küçükali Öztürk vd. (2017), nano membran kalınlığının artmasıyla daha düşük frekanslarda daha etkili ses yutumu sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Bu tez çalışmasında üretilen tüm nanolif takviyeli dokusuz yüzey yapılarına ait GAK değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Nanolif takviye edilmiş dokusuz yüzey yapılarına ait GAK değerleri

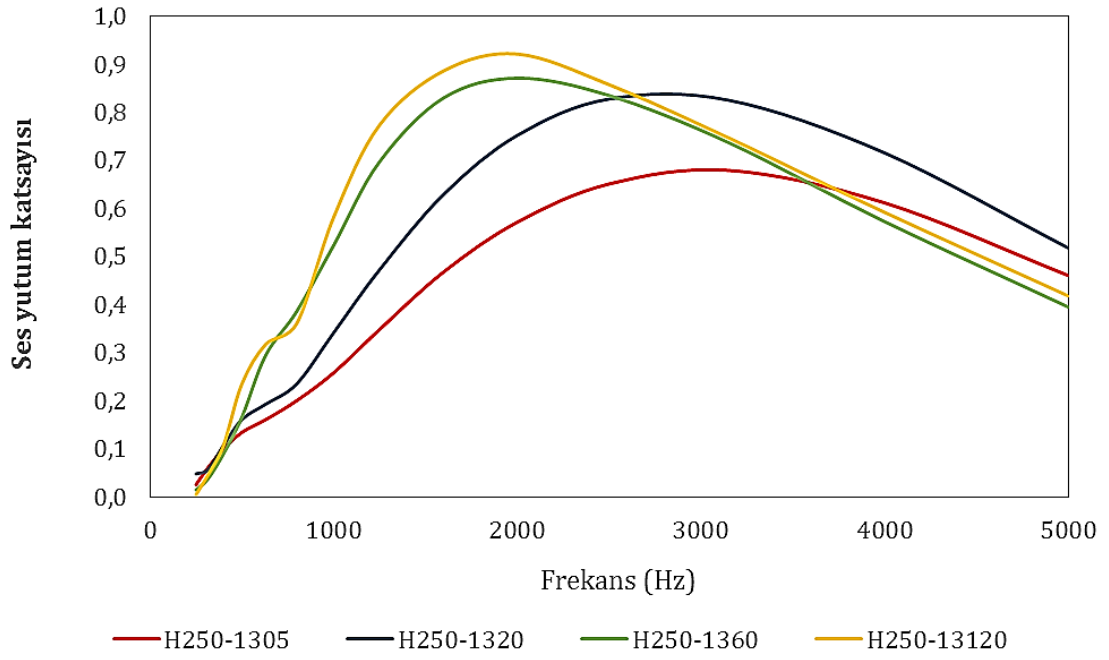
Numune kodu	Ortalama	Standart sapma	Numune kodu	Ortalama	Standart sapma
H250-1305	0,248	0,008	A250-1305	0,368	0,009
H250-1320	0,326	0,008	A250-1320	0,466	0,035
H250-1360	0,394	0,037	A250-1360	0,415	0,007
H250-13120	0,436	0,032	A250-13120	0,439	0,002
H250-1505	0,229	0,003	A250-1505	0,339	0,013
H250-1520	0,305	0,043	A250-1520	0,363	0,021
H250-1560	0,435	0,017	A250-1560	0,480	0,028
H250-15120	0,437	0,025	A250-15120	0,463	0,035
H500-1305	0,313	0,010	A500-1305	0,454	0,005
H500-1320	0,391	0,019	A500-1320	0,461	0,003
H500-1360	0,418	0,022	A500-1360	0,470	0,016
H500-13120	0,429	0,006	A500-13120	0,488	0,006
H500-1505	0,308	0,003	A500-1505	0,435	0,017
H500-1520	0,335	0,025	A500-1520	0,454	0,032
H500-1560	0,447	0,017	A500-1560	0,457	0,014
H500-15120	0,439	0,013	A500-15120	0,405	0,055
H750-1305	0,397	0,014	A1000-1305	0,499	0,010
H750-1320	0,435	0,010	A1000-1320	0,496	0,016
H750-1360	0,457	0,016	A1000-1360	0,454	0,002
H750-13120	0,437	0,022	A1000-13120	0,461	0,011
H750-1505	0,392	0,015	A1000-1505	0,488	0,002
H750-1520	0,449	0,008	A1000-1520	0,442	0,020
H750-1560	0,471	0,021	A1000-1560	0,455	0,007
H750-15120	0,421	0,023	A1000-15120	0,440	0,005

Çizelge 4.11’den en yüksek GAK değerinin (0,499) A1000-1505 kodlu numuneye, en düşük değer (0,248) ise H250-1305 ait olduğu görülmektedir.

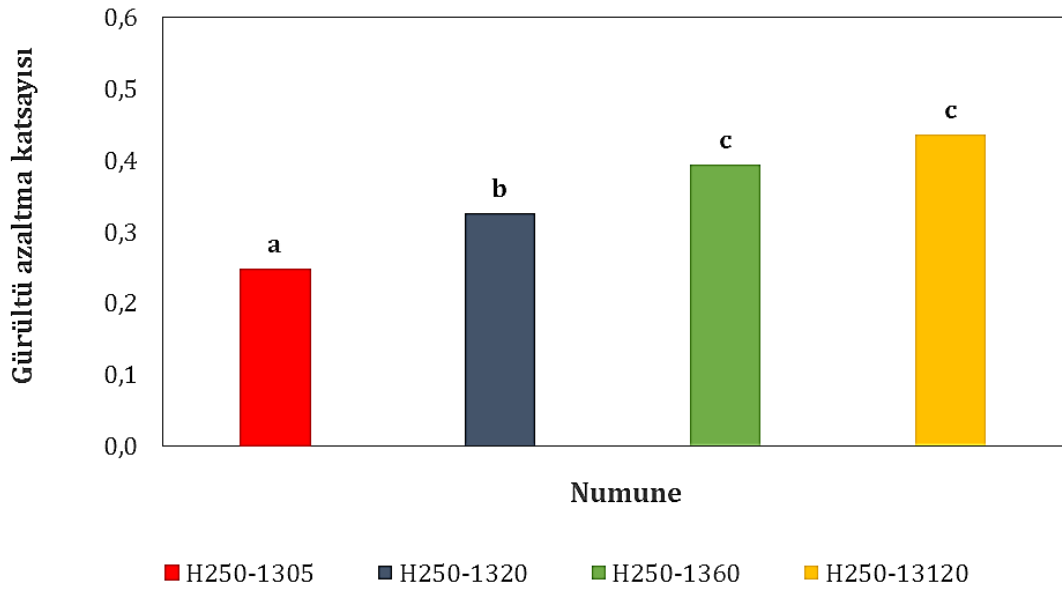
H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 kodlu, H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 kodlu ve H750-1305, H750-1320, H750-1360

ve H750-13120 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK değerleri sırasıyla Şekil 4.33, 4.35 ve 4.37'de verilmiştir. Şekillerde nanolif üretim süresi arttıkça SYK'larının da arttığı görülmektedir. Şekil 4.33'te H250-1305 ve H250-1320, Şekil 4.35'te H500-1305 ve H500-1320 eğrileri çok benzer karakterde iken Şekil 4.37'de H750-1305 ve H750-1320 eğrileri arasındaki mesafe birbirine biraz daha yakındır. Bunun sebebi H750 kodlu dokusuz yüzeyin diğerlerinden daha kalın ve nanolif membran üretim süresi olan 5 ve 20 dakikaların da yeterince fazla olmaması nedeniyle kompozit kumaş üzerinde H250 ve H500 kadar etkili olamamış olmasıdır.. Şekil 4.33, 4.35 ve 4.37'de sırasıyla H250-1360, H250-13120; H500-1360, H500-13120 ve H750-1360, H750-13120 numunelerinin (60 ve 120 dakikalık nanolif üretimleri için) SYK eğrilerinin karakteri diğerlerinden çok farklı olup birbirlerine çok benzerdir. 60 ve 120 dakikalık nanolif takviyesinin birbirinden pek farklı olmadığını söylemek mümkündür. Şekil 4.33'te H250-1305 kodlu numune 2000-4000 Hz frekans aralığında en yüksek 0,65 civarı SYK değerine ulaşırken H250-1320 kodlu numunenin aynı frekans aralığında 0,80 SYK değerini geçtiği görülmektedir. Yine aynı frekans aralığında H250-1360 için SYK değerleri düşüş eğilimine girerek 0,85'ten 0,60 civarına düşmüştür. H250-13120 için de aynı eğilim söz konusu olup 0,90'dan 0,60'lara düşen SYK değerleri görülmektedir. 250-2000 Hz frekans aralığı için ise sürenin artışıyla SYK değerlerinde artış meydana gelmiştir. Bu artış 120 dakikalık üretim için daha fazla olmuştur. Özellikle süre arttıkça daha düşük frekanslarda daha fazla artış gözlenmektedir.

H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 kodlu, H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 kodlu ve H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.34, 4.36 ve 4.38'de verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p<0,001$, $p<0,001$ ve $p=0,011$). Şekil 4.34'te H250-1305 ve H250-1320 birbirinden farklı iken H250-1360 ve H250-13120 birbirinden farklı değildir. Bölüm 4.3.3.1'deki Şekil 4.30 incelendiğinde 1305 ve 1320 birbirinden farklı değil iken H250 üzerine takviye edildiklerinde aralarındaki farkın anlamlı olduğu görülmektedir.

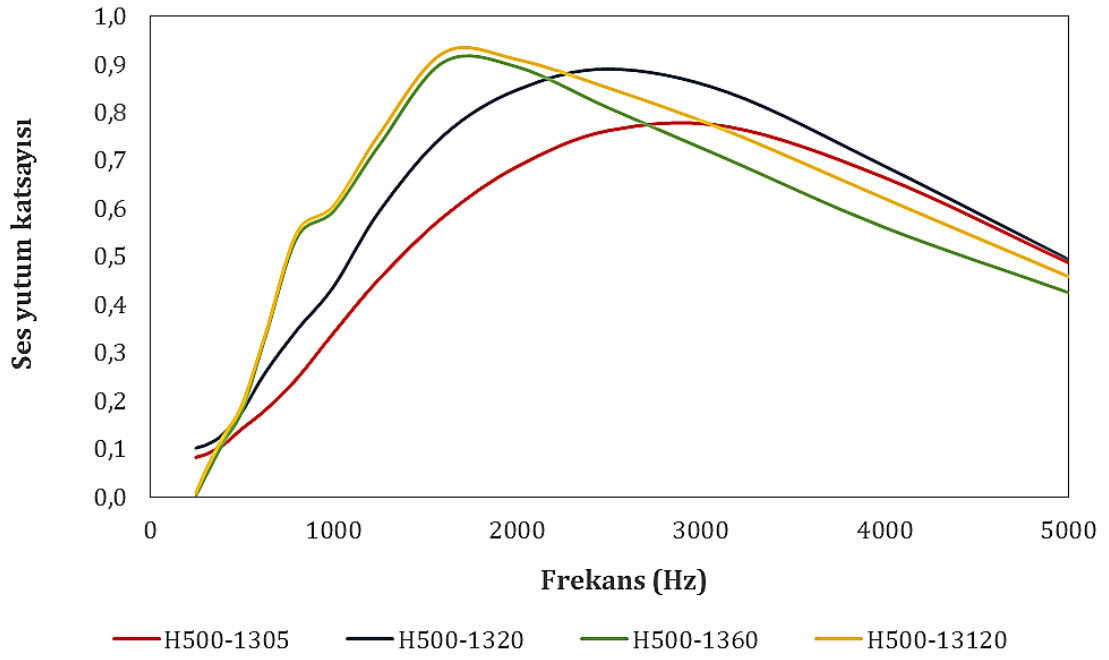


Şekil 4.33. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

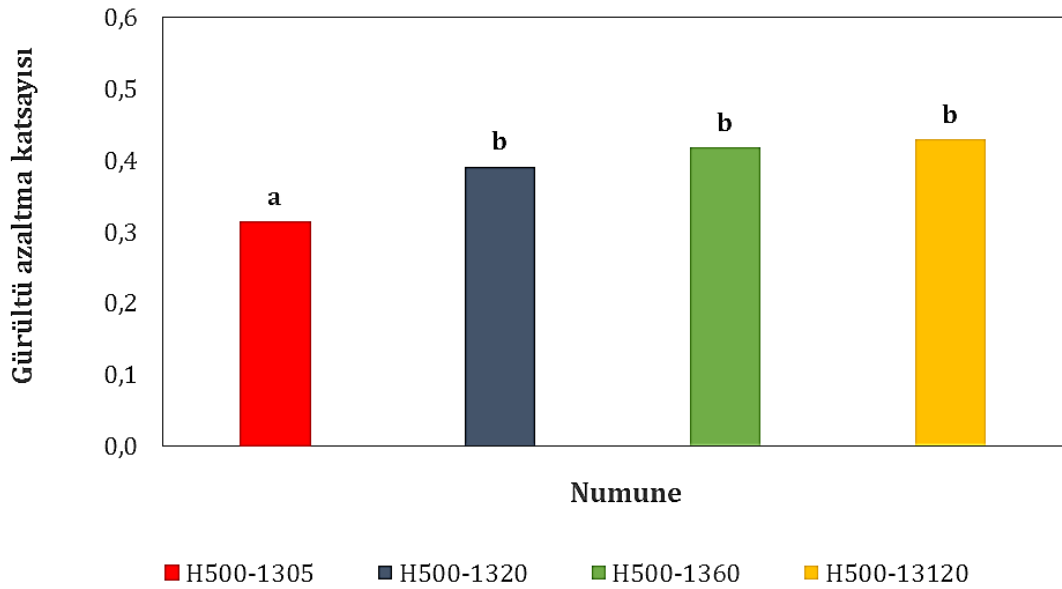


Şekil 4.34. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

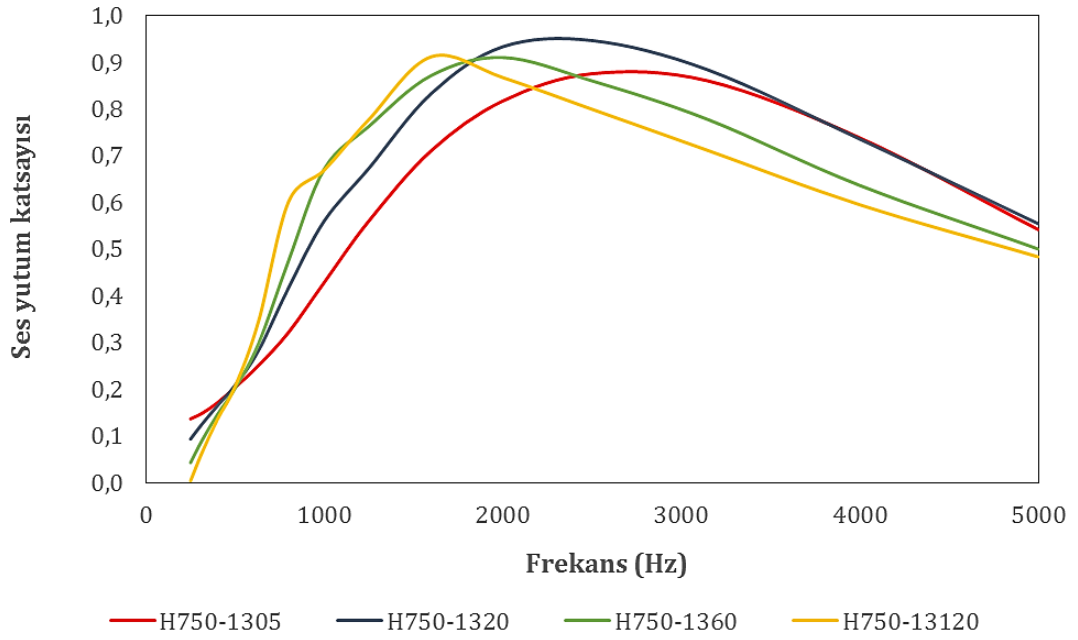
Farklı harf ile gösterilen numunelerin ortalamaları arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



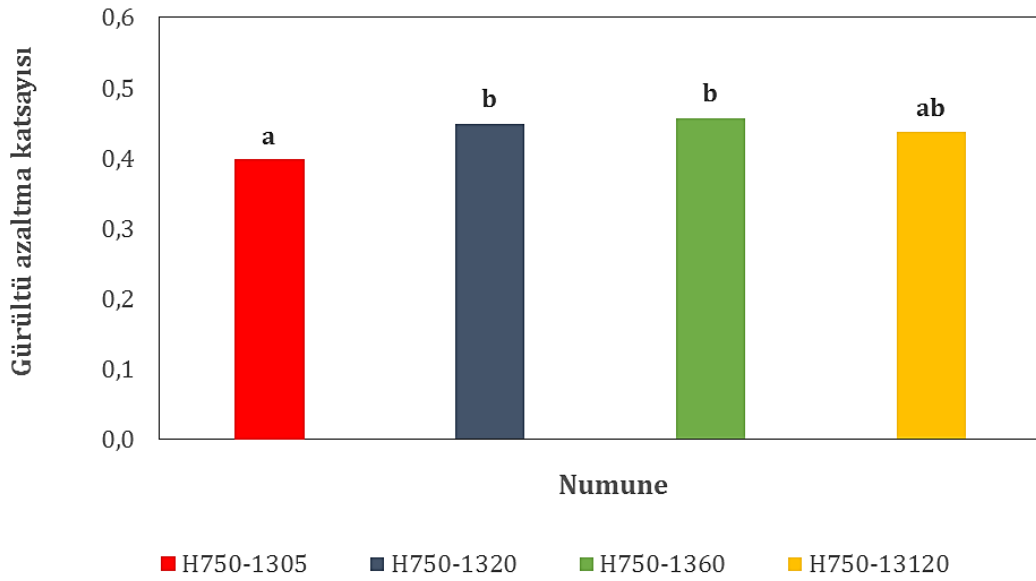
Şekil 4.35. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.36. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.37. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



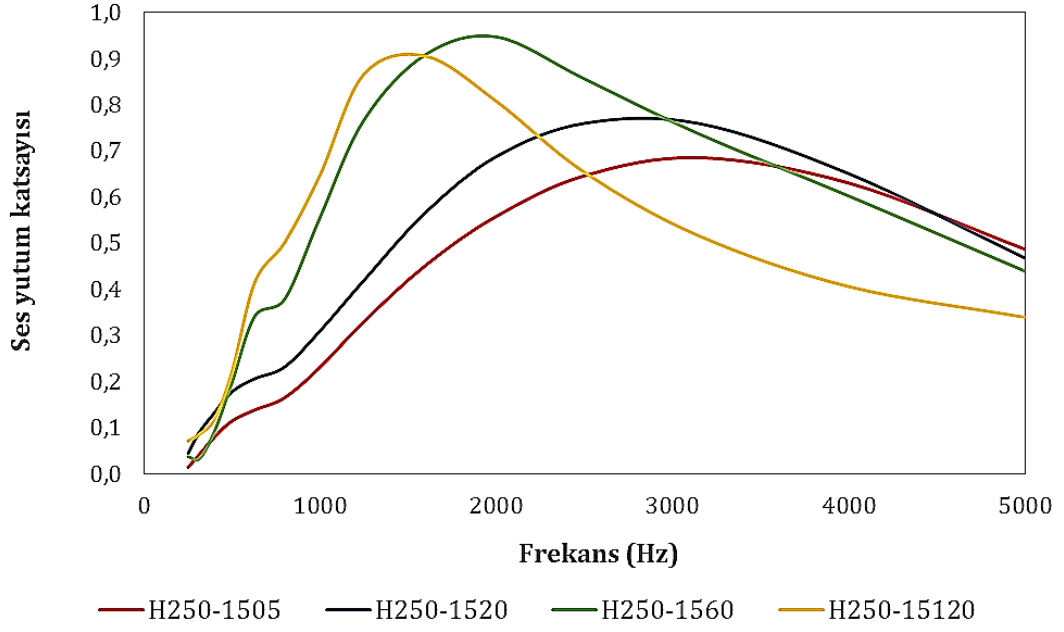
Şekil 4.38. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 kodlu, H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 kodlu ve H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK değerleri sırasıyla Şekil 4.39, 4.41 ve 4.43'te verilmiştir.

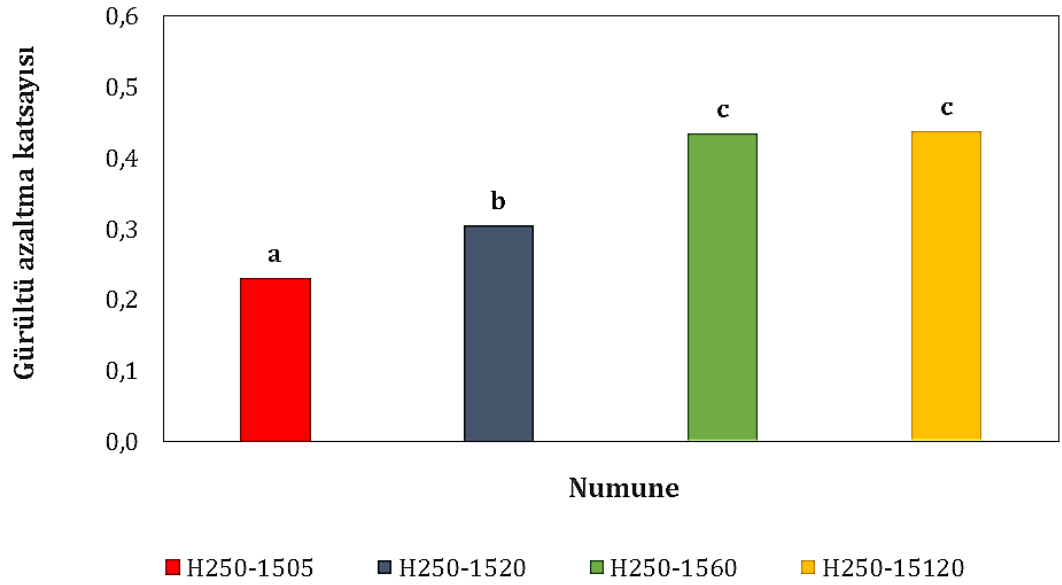
Şekil 4.39'da nano membran takviyesi kalınlaştıkça (nanolif üretim süresi arttıkça) SYK eğrilerinin düşük frekans aralıklarına kaydığı ve % 13 PU çözeltilisinden üretilen nanoliflerin içeren kompozitlerden (Şekil 4.33) farklı olarak, özellikle H250-1560 ve H250-15120 eğrilerinin karakterlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir. H250-1505 ve H250-1520 4200 Hz'e kadar benzer karakter gösterirken H250-1560 ve H250-15120 bunlardan çok farklı ve birbirinden de farklı bir karakter sergilemektedir. H250-1560, 2000 Hz civarında pik yapıp SYK değeri 0,90'ı geçerken H250-15120 kodlu numunenin 1500 Hz civarında pik yaparak 0,9 civarı bir SYK değerine sahip olduğu görülmektedir. Daha sonraki frekans aralıklarında ise 1560'tan belirgin olarak daha düşük SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.41'de H500-15120 en yüksek değeri olan 0,8'e 1000-1600 Hz aralığında ulaşırken, H500-1560 kodlu numune için en yüksek değer olan 0,9 büyüklüğündeki yutum katsayısı 1800 Hz civarında elde edilmiştir. Şekil 4.43'te H750-13120, 1600 Hz frekansa kadar H750-1360'tan daha yüksek SYK değerlerine sahip iken 1600 Hz frekansından sonra H750-1360'tan daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür.

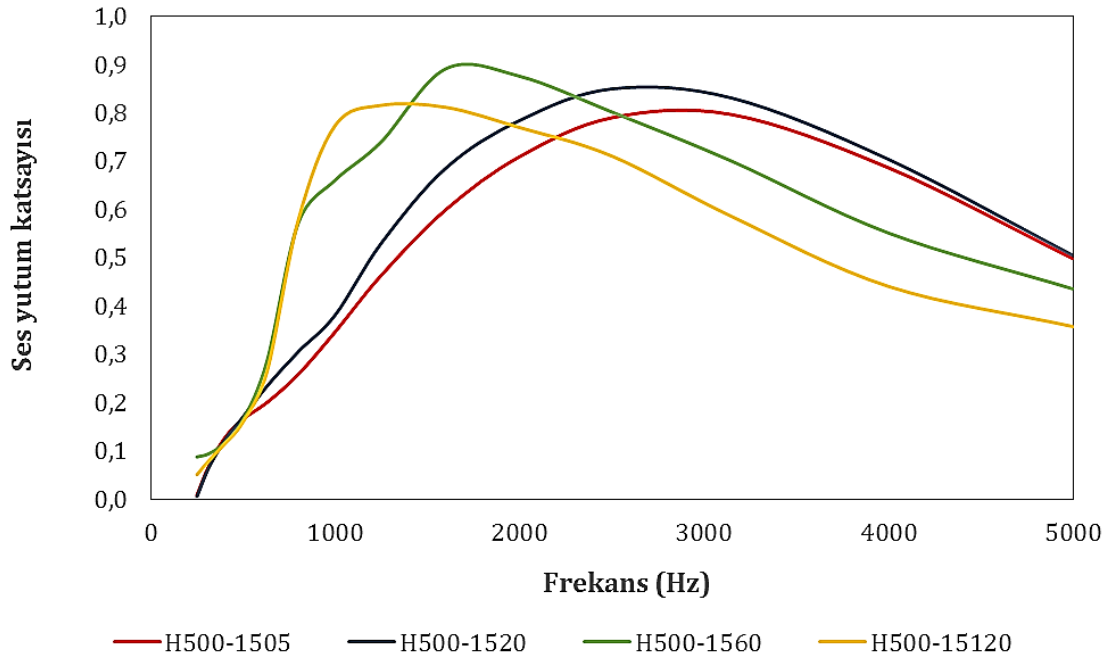
H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 kodlu, H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 kodlu ve H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.40, 4.42 ve 4.44'te verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p<0,001$, $p<0,001$ ve $p=0,003$). Şekil 4.40'ta H250-1505, H250-1520 ve H250-1560'ın ortalamaları birbirinden farklı iken H250-15120 ile H250-1560'ın ortalamaları arasındaki fark anlamlı değildir. Şekil 4.42'de ise H500-1520 ve H500-1305 birbirinden farklı değildir.



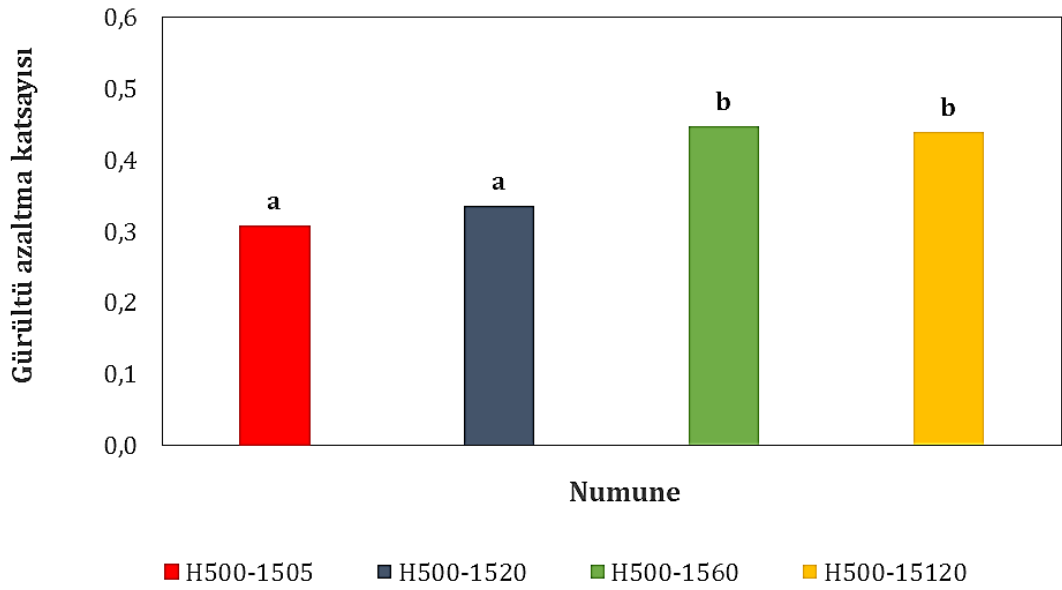
Şekil 4.39. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



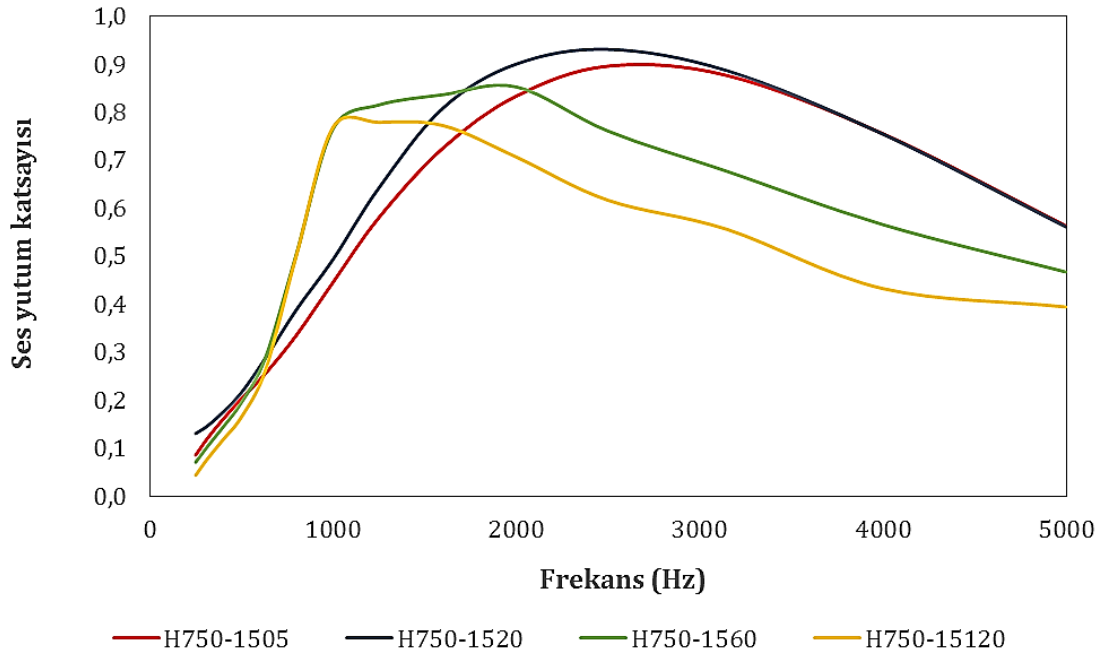
Şekil 4.40. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



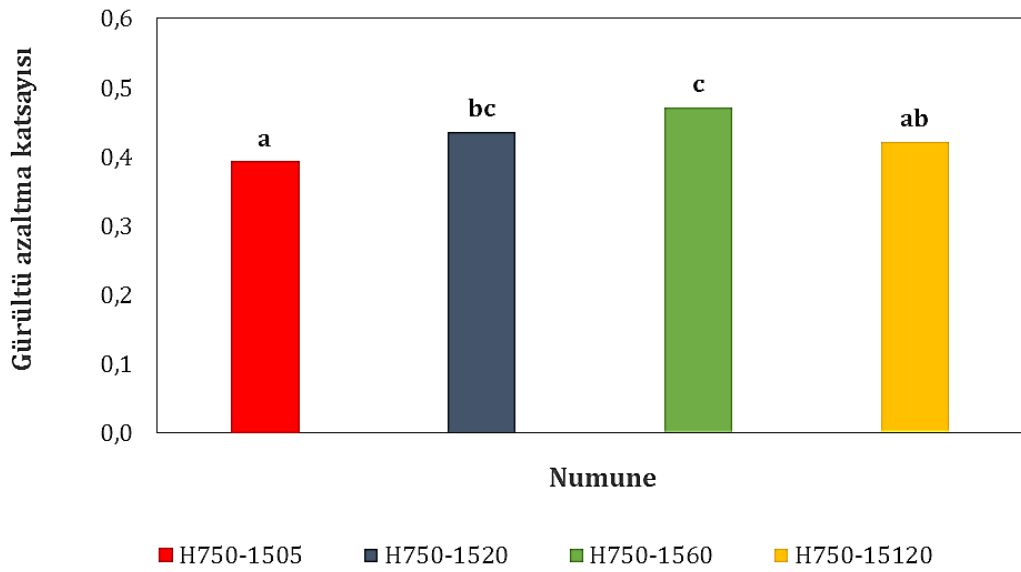
Şekil 4.41. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.42. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.43. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

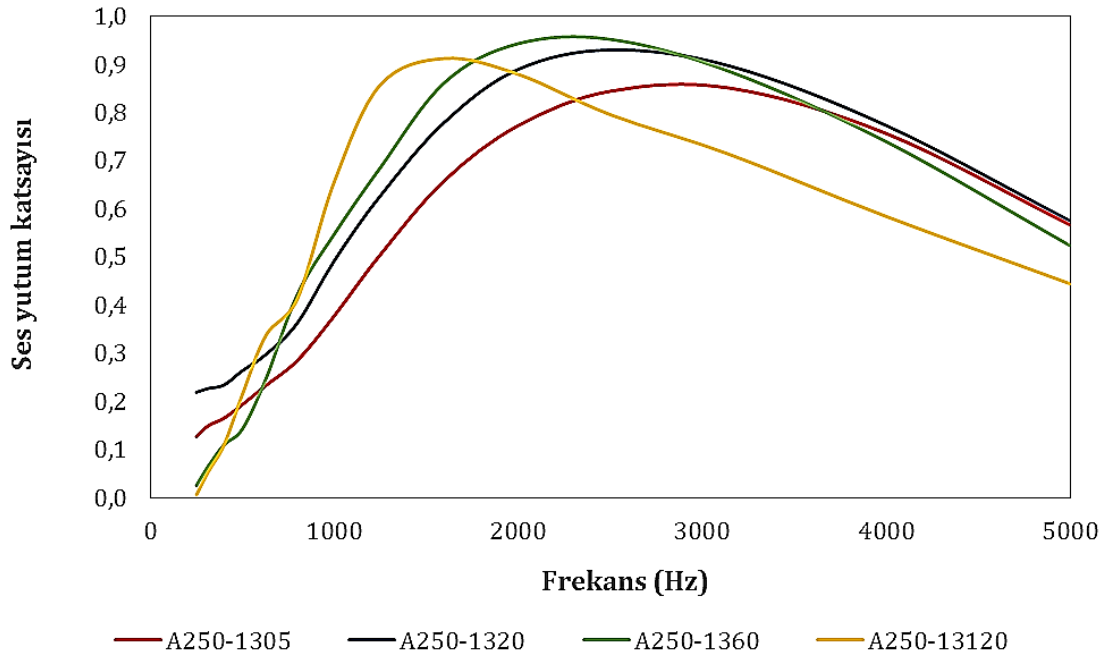


Şekil 4.44. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

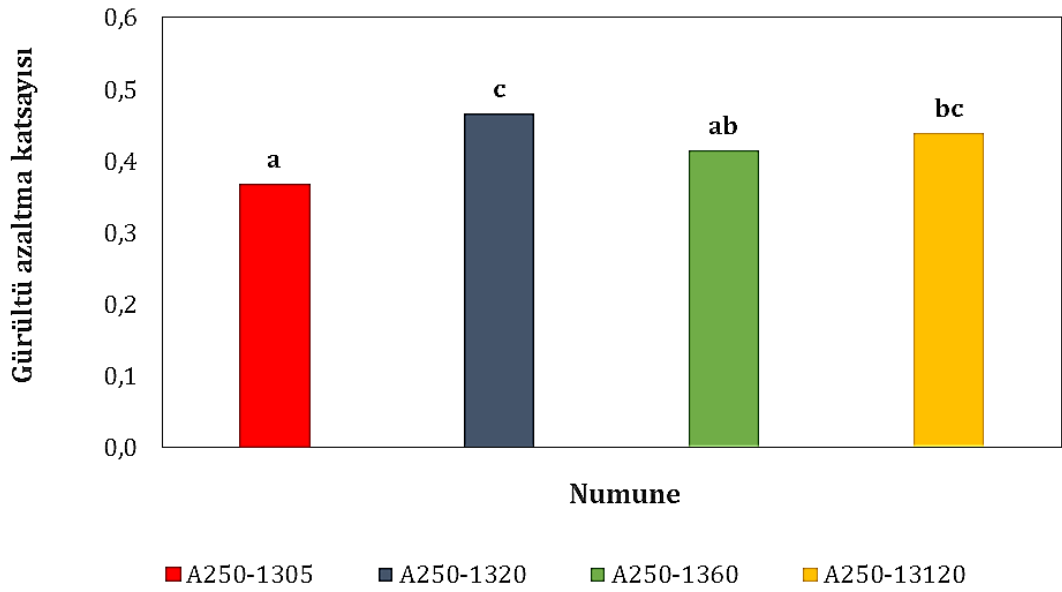
Şekil 4.45, 4.47 ve 4.49'da sırasıyla A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 kodlu, A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 kodlu ve A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK grafikleri verilmiştir. Şekillerde genel olarak nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinin sola doğru kayarak daha düşük frekans değerlerinde belirgin olarak daha iyi değerler elde edildiği görülmektedir. Şekil 4.45 ve 4.47'de 60 ve 120 dakikalık üretimler diğer sürelerden belirgin olarak daha düşük frekans aralığında etkin olmuştur. A1000 kodlu kompozitlerin incelendiği Şekil 4.49'da ise 60 ve 120 dakikalık nanoliflerin katkısı 5 ve 20 dakikadan biraz fazla olup 900 Hz frekansından sonra ise 5 ve 20 dk süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği numunelerden daha düşük SYK değerleri elde edildiği görülmektedir.

Şekil 4.45'te A250-1360 kodlu kompozit malzemenin SYK değeri 2000-3000 Hz frekans aralığında 1'e yaklaşırken, A250-13120'nin ulaşabildiği maksimum SYK değeri 1300-1600 Hz frekans aralığında 0,9 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.47'de A500-1360 ve A500-13120 için elde edilen maksimum SYK değerleri ve rezonans frekansları birbirinden çok farklı değildir. Şekil 4.49'da A1000-1360 ve A1000-13120 kodlu numunelerin sadece 600-1000 Hz aralığında 0,55 civarında bir değer ile A1000-1305 ve A1000-1320'den biraz daha yüksek SYK değerine sabit olduğu fakat daha sonraki frekanslar için daha düşük SYK değerleri elde edildiği görülmektedir.

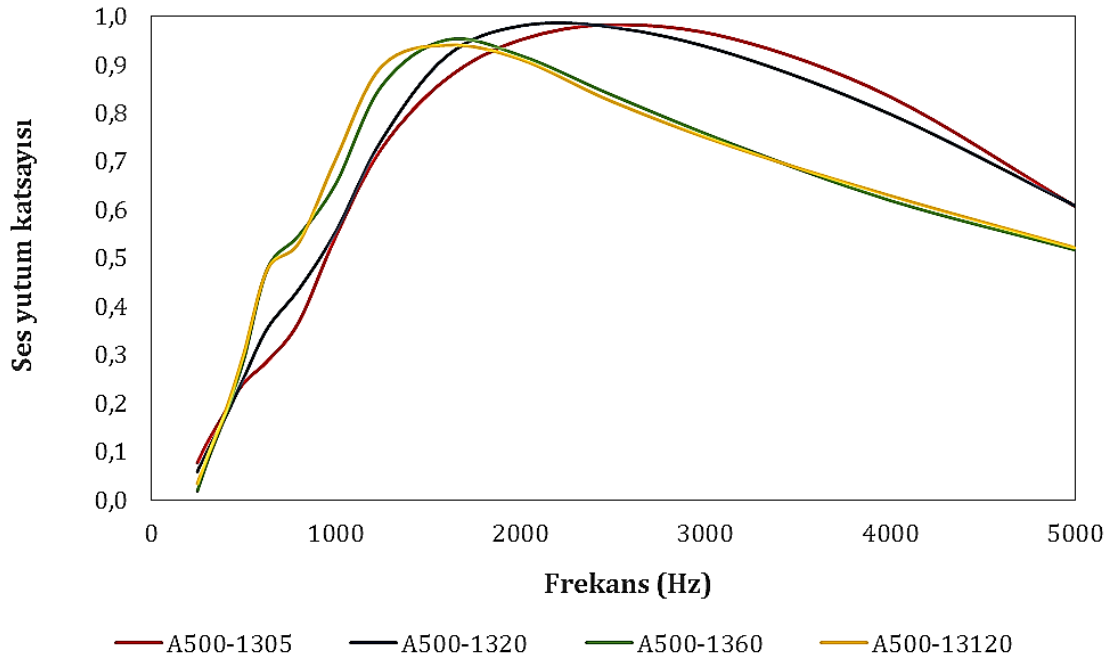
A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 kodlu, A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 kodlu ve A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.46, 4.48 ve 4.50'de verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,007$ ve $p=0,001$). Şekil 4.46'da en yüksek GAK değeri (0,463) A250-1320 kodlu kompozit kumaşa ait olup A250-1360'tan daha yüksek bir değerdedir. Şekil 4.48 ve 4.50'de en yüksek GAK değerlerinin sırasıyla A500-13120 için 0,488 ve A1000-13120 için 0,496 olarak ölçüldüğü görülmektedir.



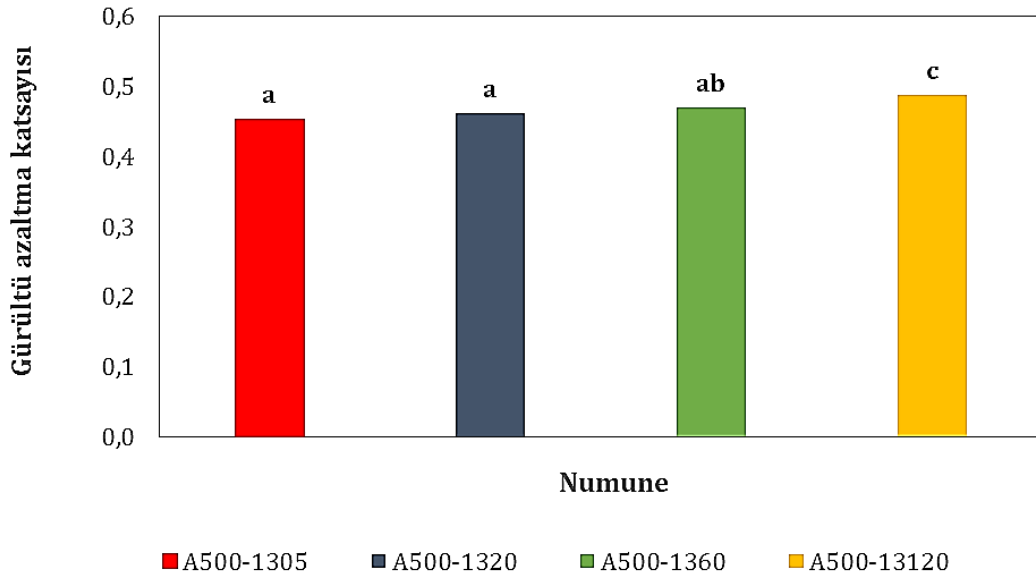
Şekil 4.45. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



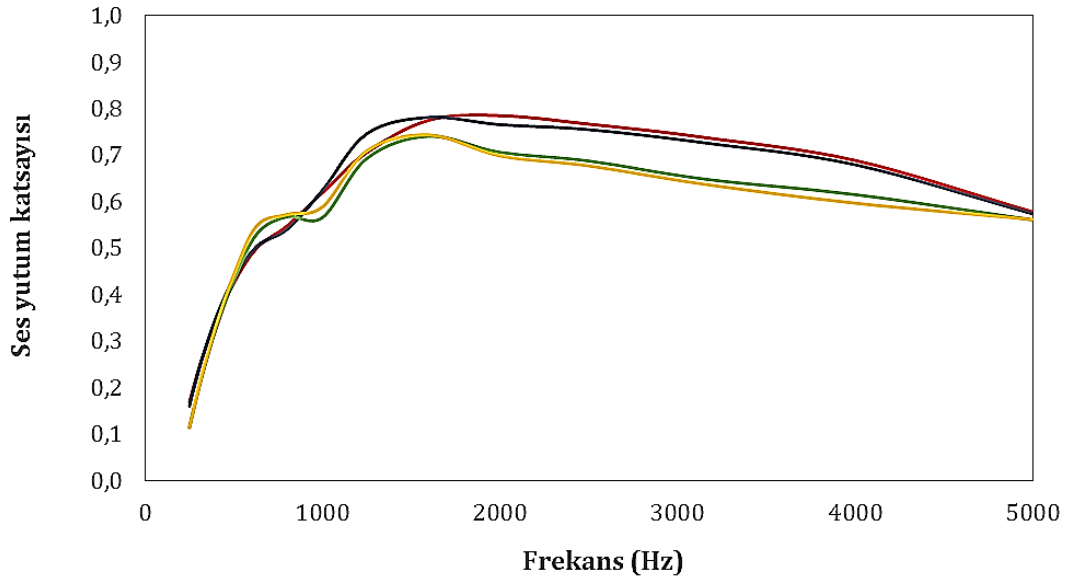
Şekil 4.46. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



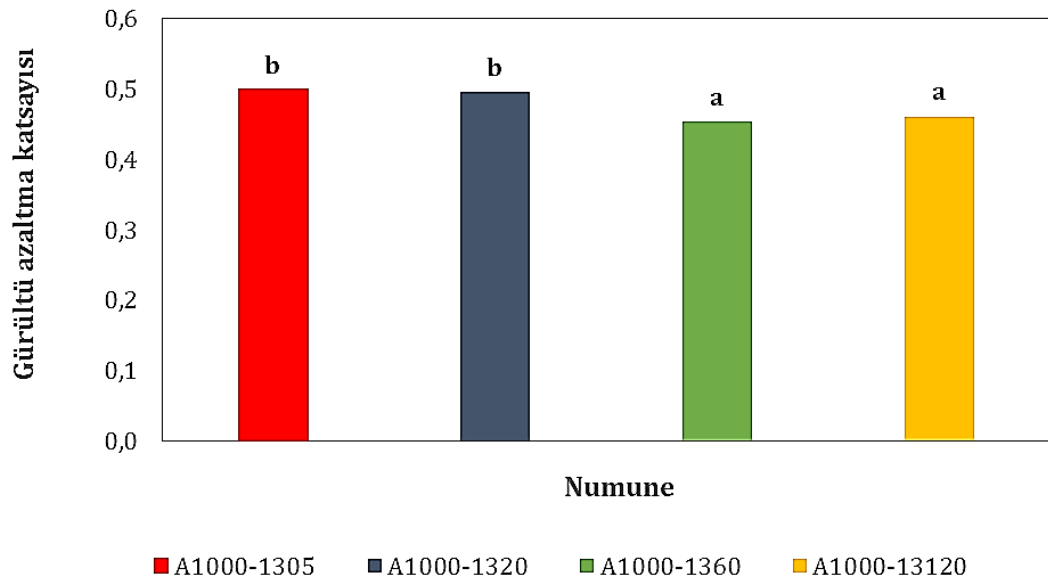
Şekil 4.47. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.48. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.49. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



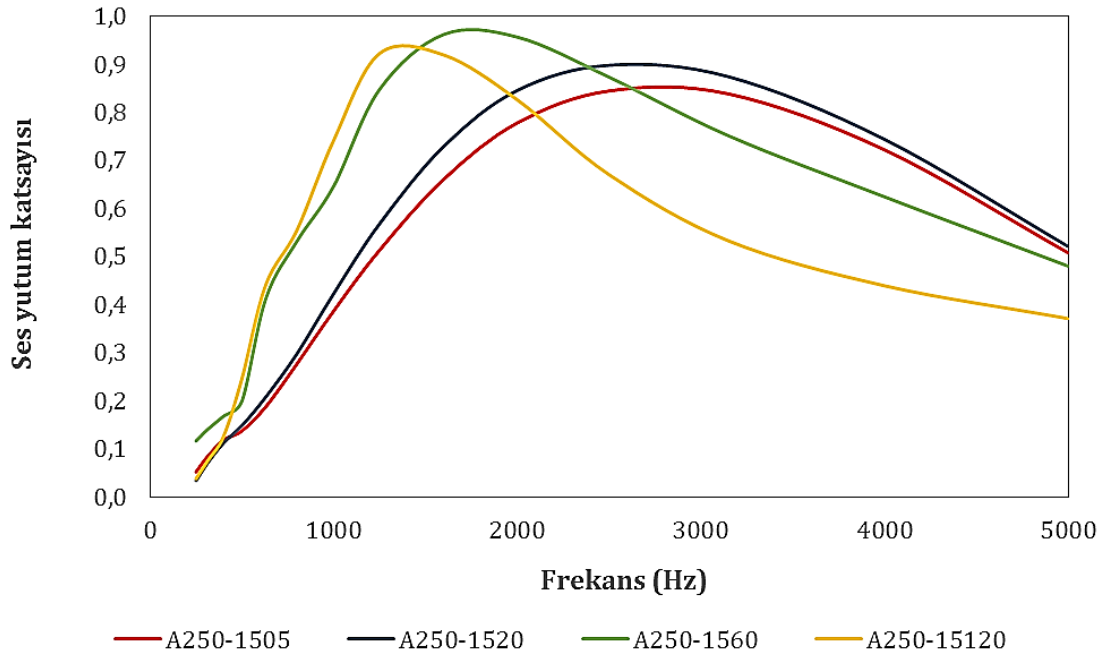
Şekil 4.50. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.51, 4.53 ve 4.55'te sırasıyla A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 kodlu, A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 kodlu ve A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK grafikleri verilmiştir.

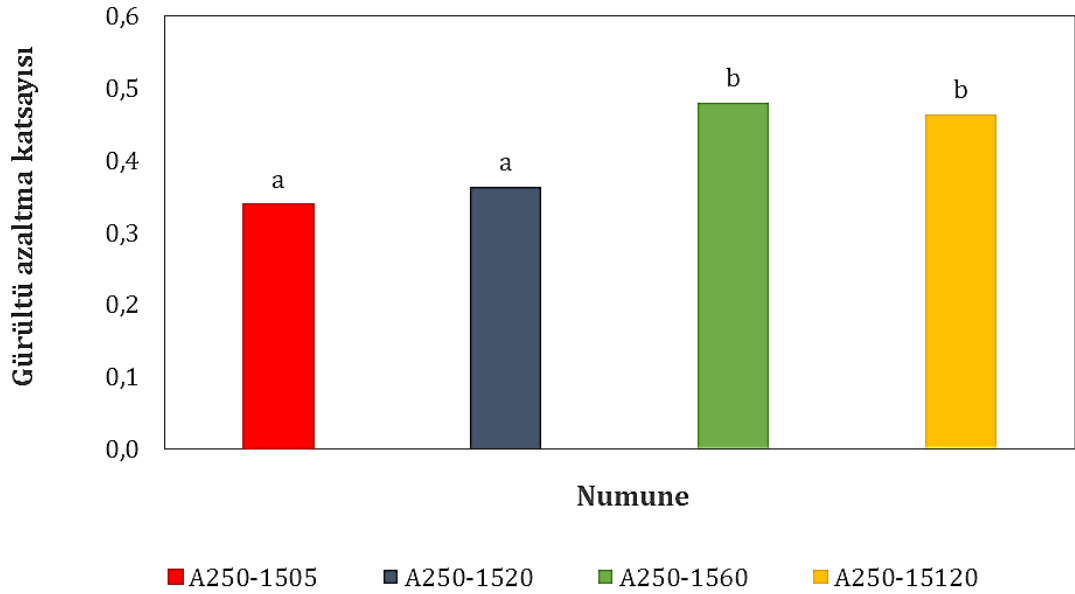
Şekil 4.51, 4.53 ve 4.55'te genel olarak nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinin sola doğru kayarak daha düşük frekanslarda (A1000 kompozit kumaşlar hariç) belirgin olarak daha iyi SYK değerleri elde edildiği görülmektedir. Fakat burada dikkat çeken nokta Şekil 4.55'te 1000 Hz'ten daha yüksek frekanslarda A1000-1505 kodlu dokusuz yüzeyin SYK değerlerinin diğer tüm sürelerden belirgin olarak daha yüksek olmasıdır. Hatta 1500 Hz frekansından daha sonra A1000-1505 için üretim süresi arttıkça SYK değerlerinin azaldığı görülmektedir. Şekil 4.55'te en yüksek SYK değerinin 1500 Hz civarında yaklaşık 0,75 SYK değeri A1000-1505 kodlu kompozit numuneye ait olduğu görülmektedir.

A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 kodlu, A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 kodlu ve A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.52, 4.54 ve 4.56'da verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Şekil 4.52, 4.54 ve 4.56'da p değerleri sırasıyla $p < 0,001$, $p = 0,276$ ve $p = 0,002$ olarak bulunmuştur.

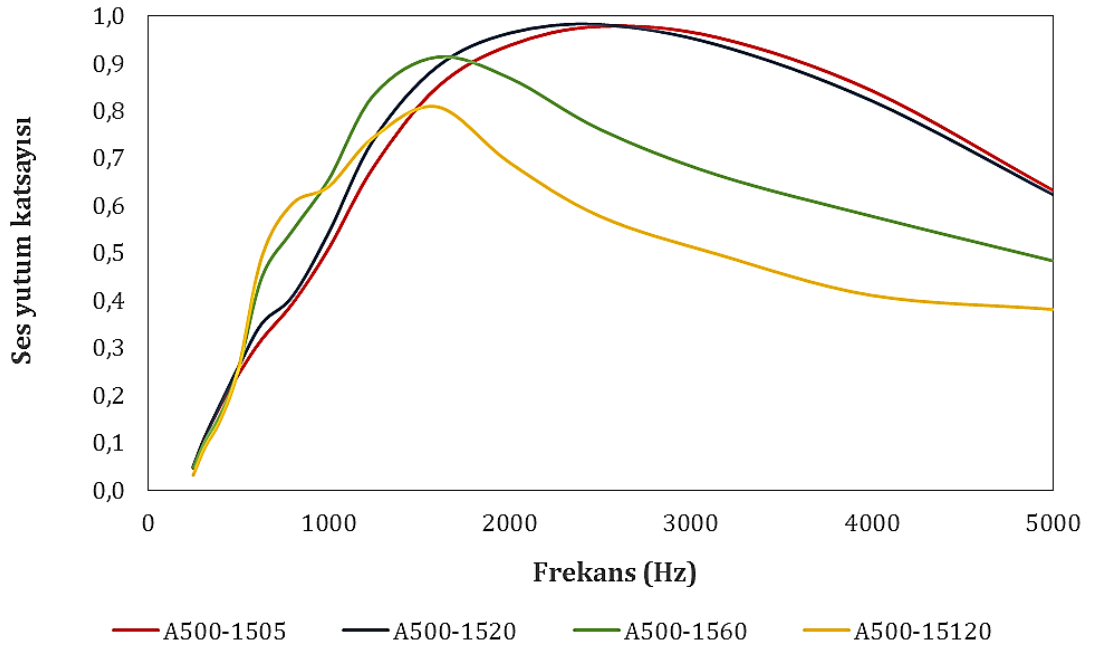
Şekil 4.52'de en yüksek GAK değeri (0,457) A250-1560 kodlu kompozit kumaşa ait olup A250-15120'den daha yüksek bir değerde olduğu görülmektedir. Şekil 4.54'te numunelerin numunelerin ortalama GAK değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,276$). Şekil 4.52'de en düşük GAK değerinin A500-120 kodlu numuneye ait olduğu görülmektedir. Şekil 4.56'da ise en yüksek GAK değerine sahip olan A1000-1505 kompozit numunesi diğer üçünden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olup diğerlerinin arasında anlamlı fark bulunmamıştır.



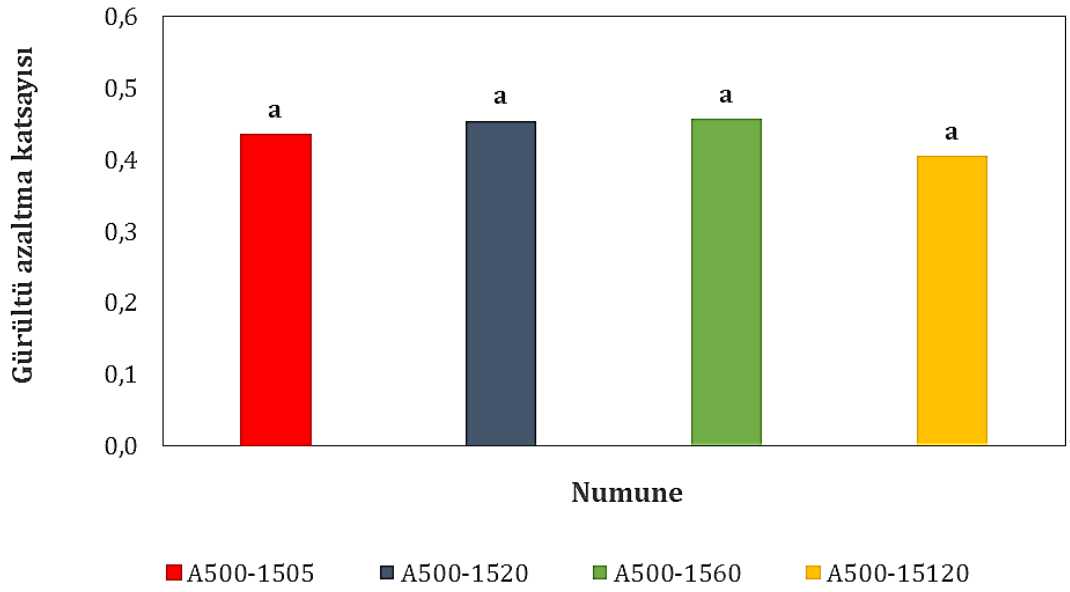
Şekil 4.51. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



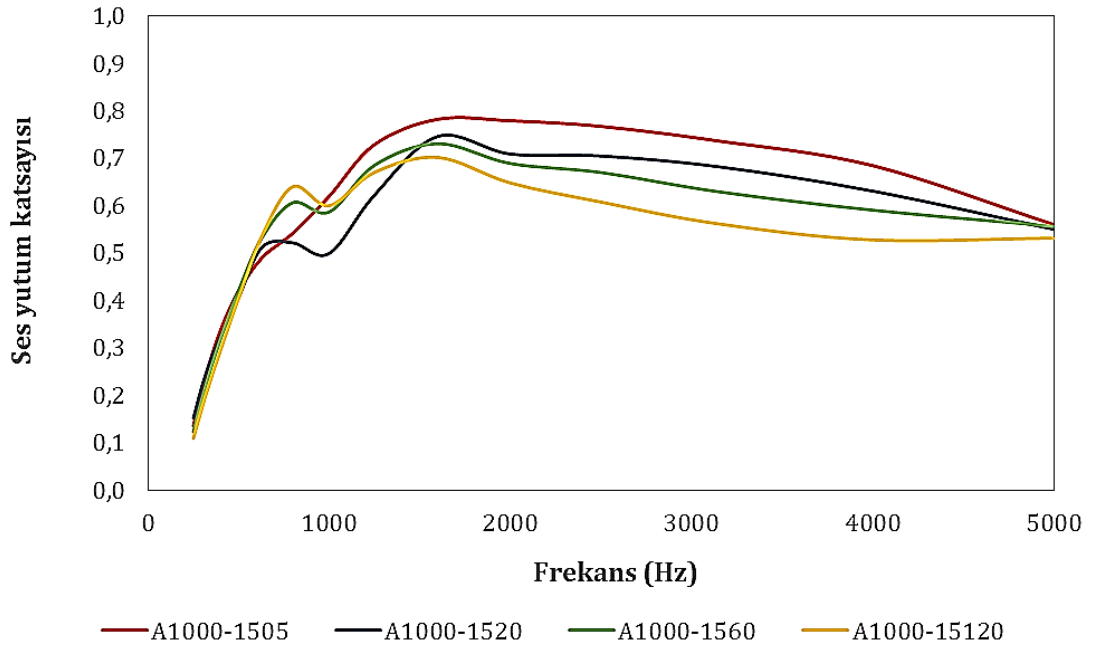
Şekil 4.52. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



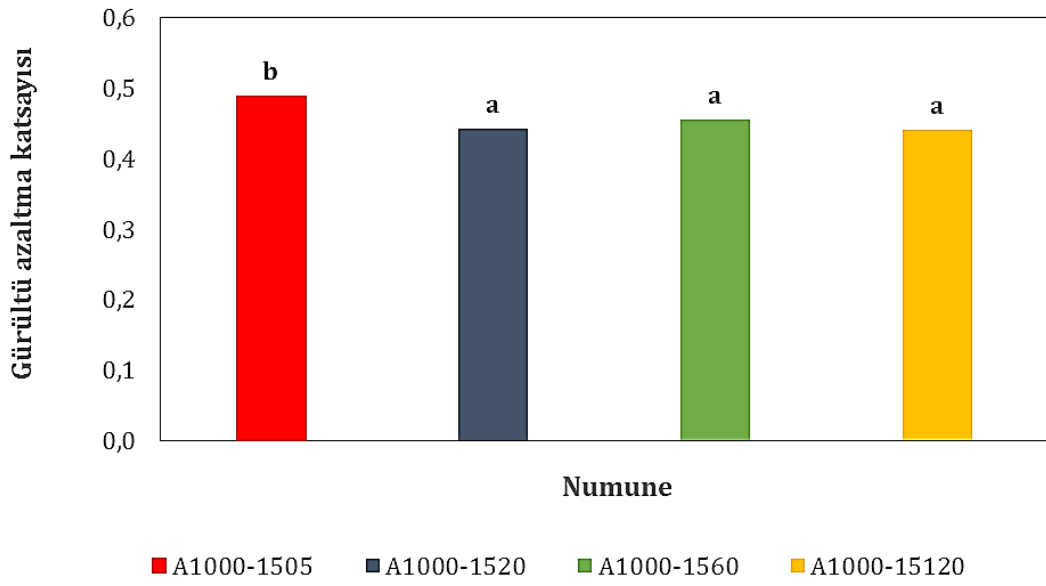
Şekil 4.53. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.54. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.55. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.56. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.3.3. Nanolif üretim süresinin sandviç yapılarda ses yutumuna etkisi

Polyester tekstil atıklarından iğneleme yöntemi ile elde edilen A250, A500 ve A1000 kodlu dokusuz yüzeyler ve polyester şişe atıklarından iğneleme yöntemi ile üretilen H250, H500 ve H750 kodlu dokusuz yüzeyler üzerine % 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle yapılan nanolif üretimlerinin üzerine destek dokusuz yüzeyin aynısından eklenerek sandviç yapılar elde edilmiştir. Bu bölümde elde edilen sandviç yapıların ses yutum katsayısı (SYK) ve gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri her konsantrasyon için süreler baz alınarak ayrı ayrı incelenmiştir. Tartışmada izlenen sistematik; önce % 13 PU nanolif içeren H250, H500 ve H750; sonra % 15 PU nanolif içeren H250, H500 ve H750; daha sonra % 13 PU nanolif içeren A250, A500 ve A1000 ve en son olarak da % 15 PU nanolif içeren A250, A500 ve A1000 kodlu sandviç yapıları kompozitlerin verilmesi şeklindedir

Nanolif membran üretim süresinin tüm sandviç yapıları numunelerin (A ve H kodlu) SYK değerleri üzerindeki etkisi için genel bir özetleme yapılacak olursa; genel olarak nano membran üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinin sola çarpıklığı artarak (H250 % 13 PU nanolif ve A1000 % 13 ve 15 PU nanolif hariç) daha düşük frekanslarda nispeten daha yüksek SYK değerleri elde edilmiştir. Nano membran üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinde maksimum değere ulaşılan frekansların düştüğü görülmektedir. Bu maksimum değerlerden sonra numunelerin SYK değerleri frekans yükseldikçe düşmektedir. A250 kodlu dokusuz yüzeyin çok ince olduğu dikkate alınır A250'nin kullanıldığı sandviç yapılarda elde edilen bazı frekanslarda 1'e yaklaşan SYK değerleri ile ses yutumunda belirgin iyileşmeler olduğunu söylemek mümkündür.

Sandviç yapılarda nanolif üretim süresi arttıkça daha etkin SYK değerlerinin elde edildiğini söylemek çok mümkün değildir. Bu durum sandviç yapıların elde edilmesi ve SYK değerlerinin ölçülmesi esnasında bir sıkıştırmaya maruz kalmaları ile açıklanabilir. Bhat ve Messiry (2019), tek katlı, iki katlı ve üç katlı olarak hazırlanan numunelerden üç katlı olanların daha düşük GAK değerlerine sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Maderuelo-Sanz vd. (2012), sıkıştırılan

malzemenin kalınlığının azalacağını, yoğunluğunun artacağını, gözenekliliğinin azalacağını ve sonuçta ses yutumunda bir azalma görülebileceğini ifade etmişlerdir.

Tez çalışması kapsamında üretilen tüm sandviç yapılara ait GAK değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Sandviç yapı numunelerin GAK değerleri

Numune kodu	Ortalama	Standart sapma	Numune kodu	Ortalama	Standart sapma
H250-1305-H250	0,389	0,008	A250-1305-A250	0,491	0,002
H250-1320-H250	0,485	0,019	A250-1320-A250	0,504	0,010
H250-1360-H250	0,471	0,006	A250-1360-A250	0,514	0,011
H250-13120-H250	0,480	0,011	A250-13120-A250	0,509	0,010
H250-1505-H250	0,392	0,003	A250-1505-A250	0,481	0,017
H250-1520-H250	0,425	0,037	A250-1520-A250	0,497	0,006
H250-1560-H250	0,505	0,025	A250-1560-A250	0,530	0,010
H250-15120-H250	0,459	0,009	A250-15120-A250	0,465	0,017
H500-1305-H500	0,460	0,006	A500-1305-A500	0,536	0,007
H500-1320-H500	0,482	0,027	A500-1320-A500	0,533	0,008
H500-1360-H500	0,479	0,060	A500-1360-A500	0,458	0,022
H500-13120-H500	0,499	0,028	A500-13120-A500	0,480	0,027
H500-1505-H500	0,465	0,006	A500-1505-A500	0,552	0,008
H500-1520-H500	0,525	0,011	A500-1520-A500	0,549	0,003
H500-1560-H500	0,508	0,012	A500-1560-A500	0,494	0,017
H500-15120-H500	0,436	0,046	A500-15120-A500	0,549	0,014
H750-1305-H750	0,554	0,001	A1000-1305-A1000	0,408	0,006
H750-1320-H750	0,562	0,016	A1000-1320-A1000	0,386	0,021
H750-1360-H750	0,536	0,047	A1000-1360-A1000	0,315	0,003
H750-13120-H750	0,562	0,046	A1000-13120-A1000	0,316	0,029
H750-1505-H750	0,545	0,002	A1000-1505-A1000	0,436	0,003
H750-1520-H750	0,574	0,002	A1000-1520-A1000	0,410	0,007
H750-1560-H750	0,550	0,015	A1000-1560-A1000	0,339	0,011
H750-15120-H750	0,504	0,017	A1000-15120-A1000	0,296	0,007

Nanolif takviyesinin sandviç yapılardaki etkisi genel olarak özetlendiğinde; Üretim süresi artışının H kodlu sandviç yapılarda (özellikle H250 ve H500) daha etkili iken A kodlu sandviç yapılarda aynı oranda etkili olmadığını söylemek mümkündür. Özellikle H250 ve H500 kodlu dokusuz yüzeylerin kullanıldığı sandviç yapılarda 5 ve 20 dakikalık nano membran takviyelerinde SYK eğrilerinin şekli çok benzer olup 20 dakikalık eğrilerin altında kalan daha fazladır. Dolayısıyla bu numunelerde 20 dakikalık nano membran takviyesi 5

dakikalık takviyelere göre tüm frekanslarda daha etkili ses yutumu sağlamıştır. Buna rağmen 60 ve 120 dakikalık nano membran takviyelerinde SYK eğrilerinin sola doğru kayması bazı numuneler hariç artmış olsa da belli frekanstan sonra bu süreler için SYK değerlerinde çok belirgin düşüşler görülmüştür.

Nanolif üretim süresi artışının GAK değerleri üzerindeki etkisi genel olarak incelenecek olursa 60 ve 120 dakikalık nanolif membran takviyelerinin genelde GAK değerlerinde bir düşüşe sebebiyet verdiğini söylemek mümkündür. Özellikle A kodlu kumaşlar üzerinde bu düşüşün daha belirgin olduğu ve A kodlu sandviç yapılarda nano membran takviyesinin genelde pek etkili olmadığı görülmektedir.

H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 kodlu, H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.57, 4.59 ve 4.61'de verilmiştir.

Şekil 4.57'de H250-1305-H250 ve H250-1320-H250 kıyaslandığında H250-1320-H250'ye ait SYK eğrisinin altında kalan alanın daha fazla olduğu ve H250-1305-H250'den belirgin olarak daha iyi ses yutumu sağladığı görülmektedir. H250-1320-H250'nin 2000-3000 Hz frekans aralığında 1'e yaklaşan SYK değerleri elde edilirken H250-1305-H250 için aynı aralıkta 0,90'a yaklaşan değerler elde edilmiştir. H250-13120-H250 ise 250-500 Hz aralığında H250-1360-H250'den hafif daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuş 2000 Hz frekansına kadar H250-1360-H250'den daha düşük, 2000 Hz frekansından sonra ise hafif daha yüksek SYK değerleri elde edildiği gözlenmektedir. 1800 Hz frekansından sonraki frekanslarda ise en yüksek SYK değerleri sergileyen numune H250-1320-H250 olmuştur.

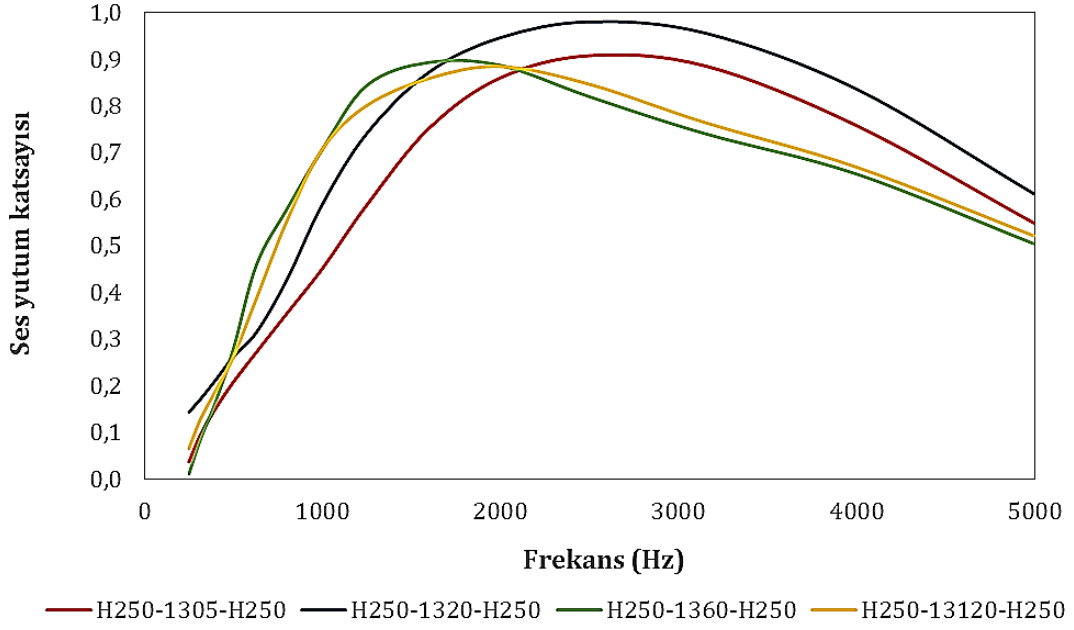
H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 kodlu, H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-

13120-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.58, 4.60 ve 4.62'de verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının GAK ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. (sırasıyla $p<0,001$, $p<0,001$ ve $p=0,408$).

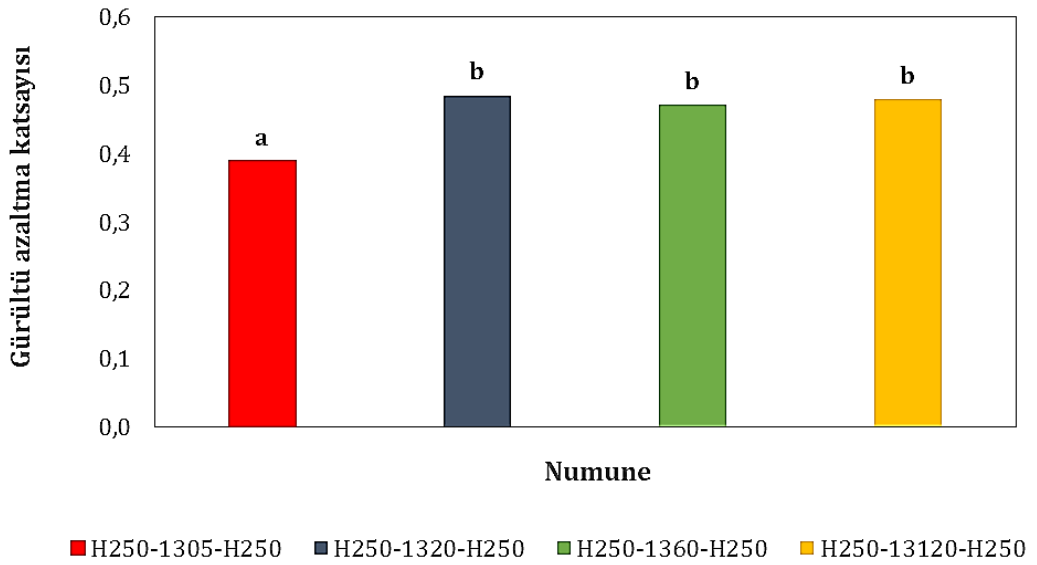
Şekil 4.58'de H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 kodlu sandviç yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,389, 0,425, 0,471 ve 0,480 olup bunların içinden en düşük GAK değerine sahip olan H250-1305-H250 diğerlerinden anlamlı olarak farklıdır. H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 kodlu numuneler birbirinden farklı değildir.

Şekil 4.60'ta H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,460, 0,482, 0,479 ve 0,499 olup yine bunların içinden en düşük GAK değerine sahip olan H500-1305-H500 diğerlerinden anlamlı olarak farklıdır. Diğer üç numunenin GAK değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

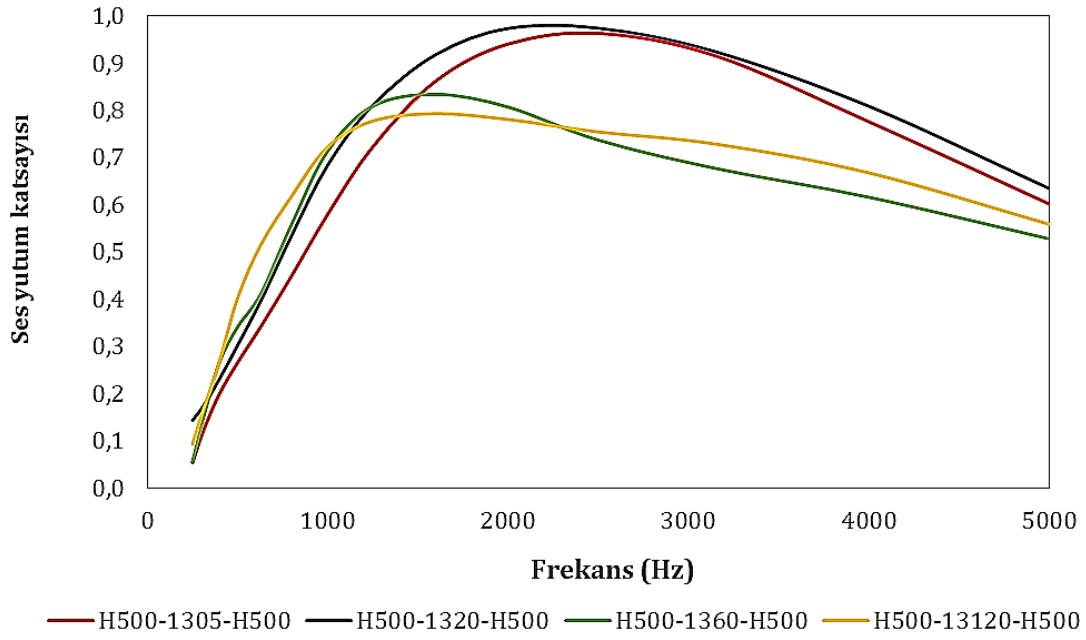
Şekil 4.62'de H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,554, 0,562, 0,536 ve 0,516 olup istatistiksel olarak aralarındaki fark anlamlı değildir ($p=0,408$). 60 ve 120 dakikalık nano membran takviyeli sandviçlerde GAK değeri düşmüş en düşük değer 120 dakikalık (H750-13120-H750) nano membran takviye edilen sandviç yapı numunede görülmüştür.



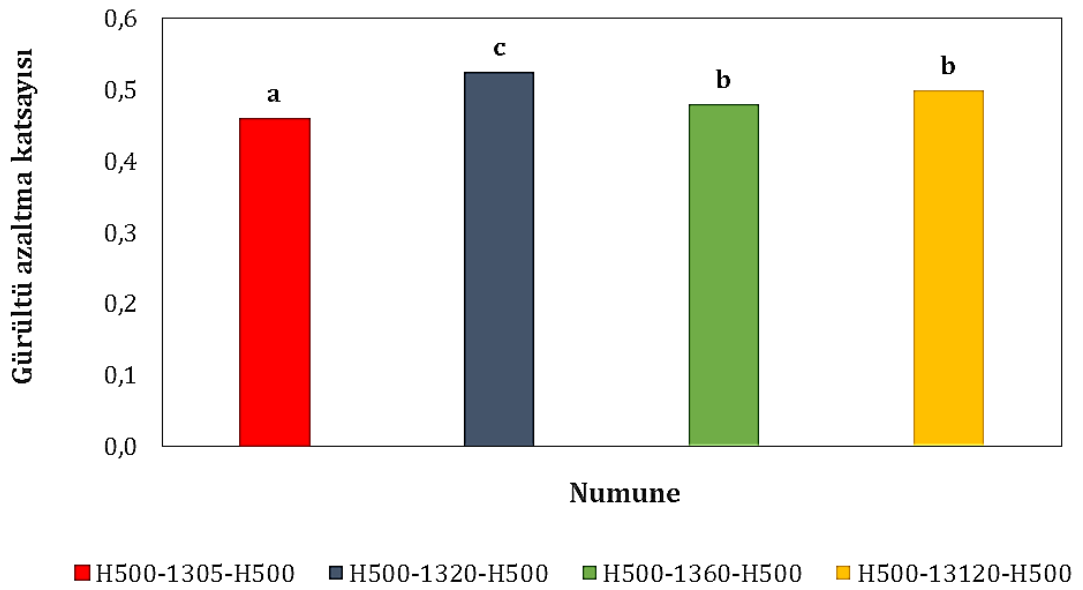
Şekil 4.57. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



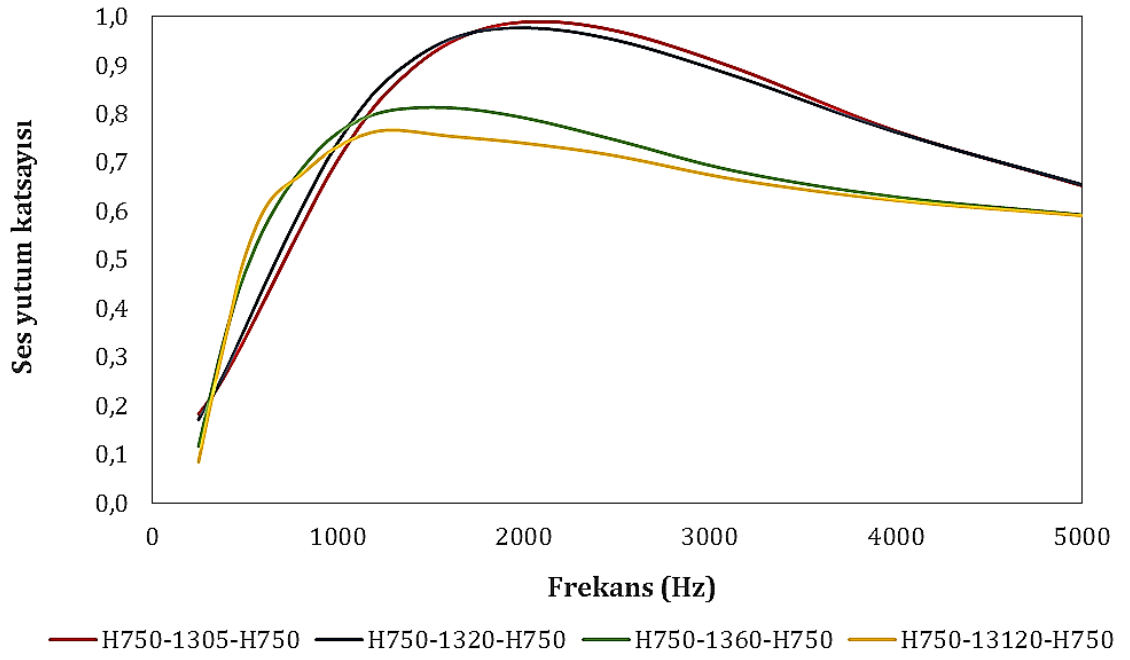
Şekil 4.58. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



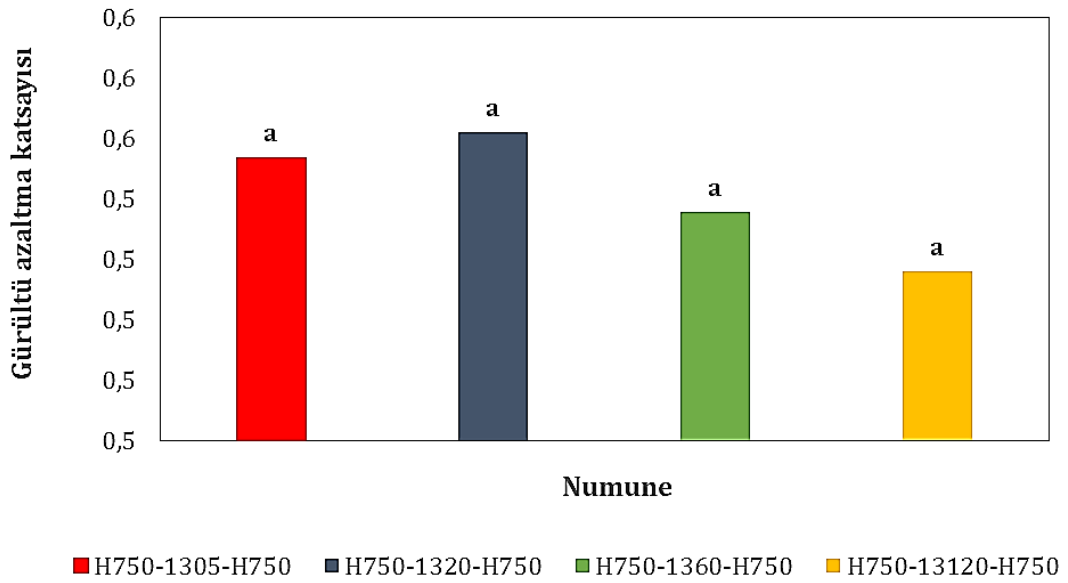
Şekil 4.59. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.60. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.61. H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.62. H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 kodlu, H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 kodlu ve H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.63, 4.65 ve 4.67'de verilmiştir.

Şekil 4.63'te takviye edilen nano membran üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri; H250-1505-H250 için 2500 Hz'te 0,891, H250-1520-H250 için 2500 Hz'te 0,953, H250-1560-H250 için 2000 Hz'te 0,911 ve H250-15120-H250 için 1250 Hz için 0,814 olarak ölçülmüştür. Nanolif membran üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinde maksimum değere ulaşılan frekansların düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.65'te takviye edilen nano membran üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri; H500-1505-H500 için 2500 Hz'te 0,955, H500-1520-H500 için 2500 Hz'te 0,972, H500-1560-H500 için 1600 Hz'te 0,790 ve H500-15120-H500 için 1250 Hz'te 0,681 olarak ölçülmüştür. Fakat H500-15120-H500 pik yaptığı 1250 Hz frekansından sonra sürekli azalarak diğer üç numuneden tüm frekanslarda daha düşük SYK değerlerine sahiptir. Tüm numunelerin SYK değerleri pik yaptıkları frekanstan sonra düşmeye başlamıştır.

Şekil 4.67'de takviye edilen nano membran üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri; H750-1505-H750 için 2000 Hz'te 0,987, H750-1520-H750 için 2000 Hz'te 0,957, H750-1560-H750 için 1000 Hz'te 0,797 ve H750-15120-H750 için 1000 Hz'te 0,724 olduğu görülmektedir. En düşük SYK değerleri yaklaşık 1200 Hz'ten sonra H750-13120-H750 daha sonra H750-1360-H750 kodlu sandviç yapıda ölçülmüş olup bu numunelerin bu frekanstan sonraki SYK değerleri H750-1505-H750 ve H750-1520-H750'tan belirgin olarak daha düşük olduğu görülmektedir.

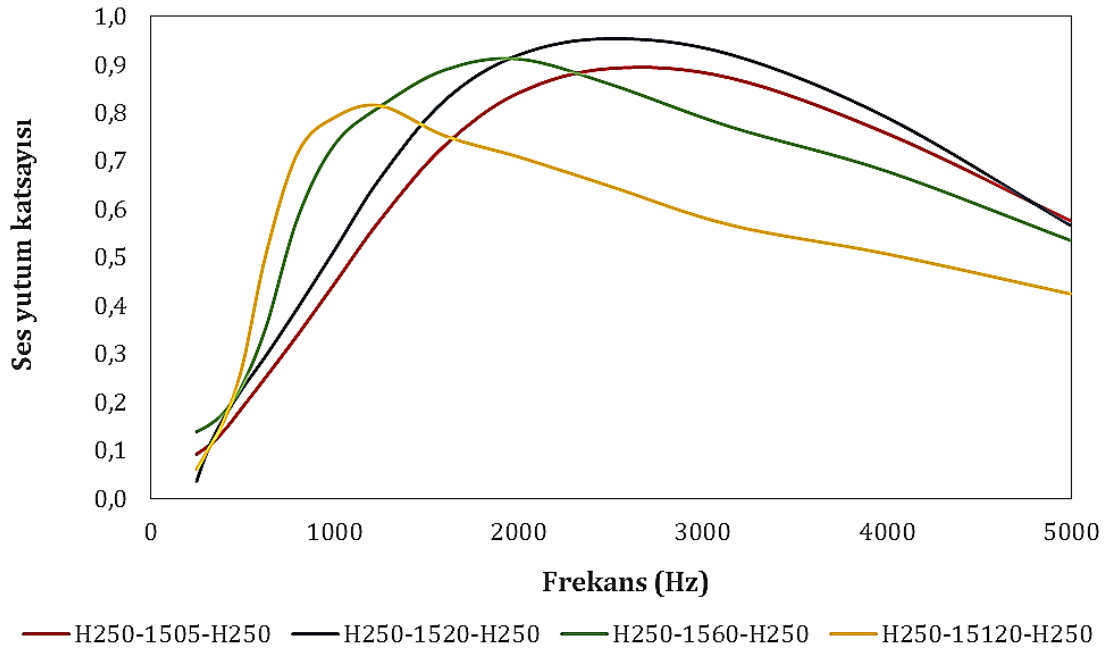
H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 kodlu, H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 kodlu ve H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-

15120-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.64, 4.66 ve 4.68'de verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının GAK ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. (sırasıyla $p=0,009$, $p=0,008$ ve $p<0,001$).

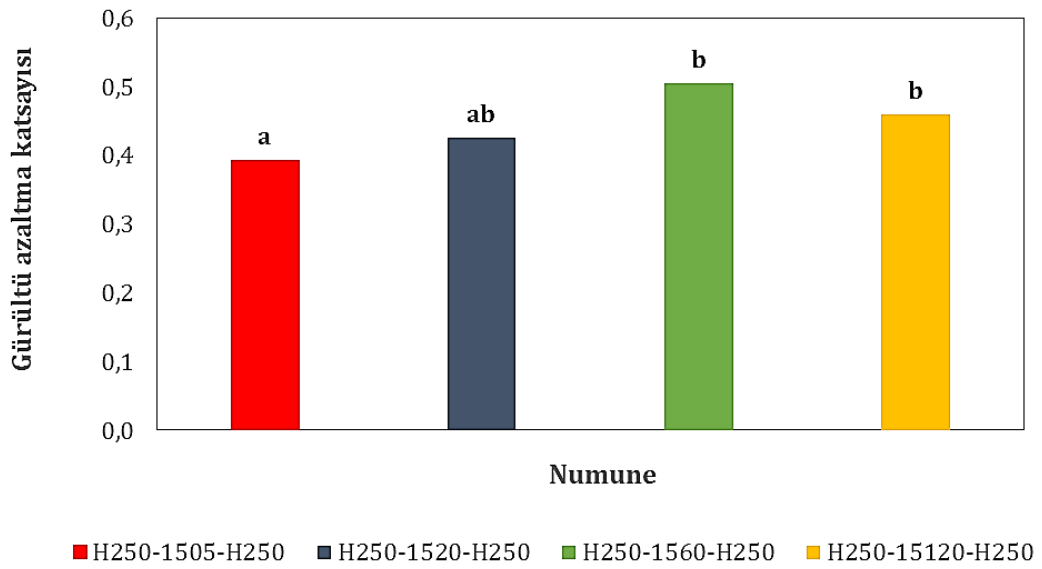
Şekil 4.64'te H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 kodlu numunelerin GAK değerlerinin sırasıyla 0,392, 0,485, 0,498 ve 0,459 olduğu görülmektedir. H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir. H250-1505-H250 ise bunlardan farklıdır.

Şekil 4.66'da H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,465, 0,525, 0,508 ve 0,436 olarak hesaplanmıştır. Bunların içinde en düşük GAK değerine sahip olan H500-15120-H500 numunesi istatistiksel olarak diğerlerinden farklı olup H500-1520-H500 ve H500-1560-H500 numuneleri arasında fark yoktur.

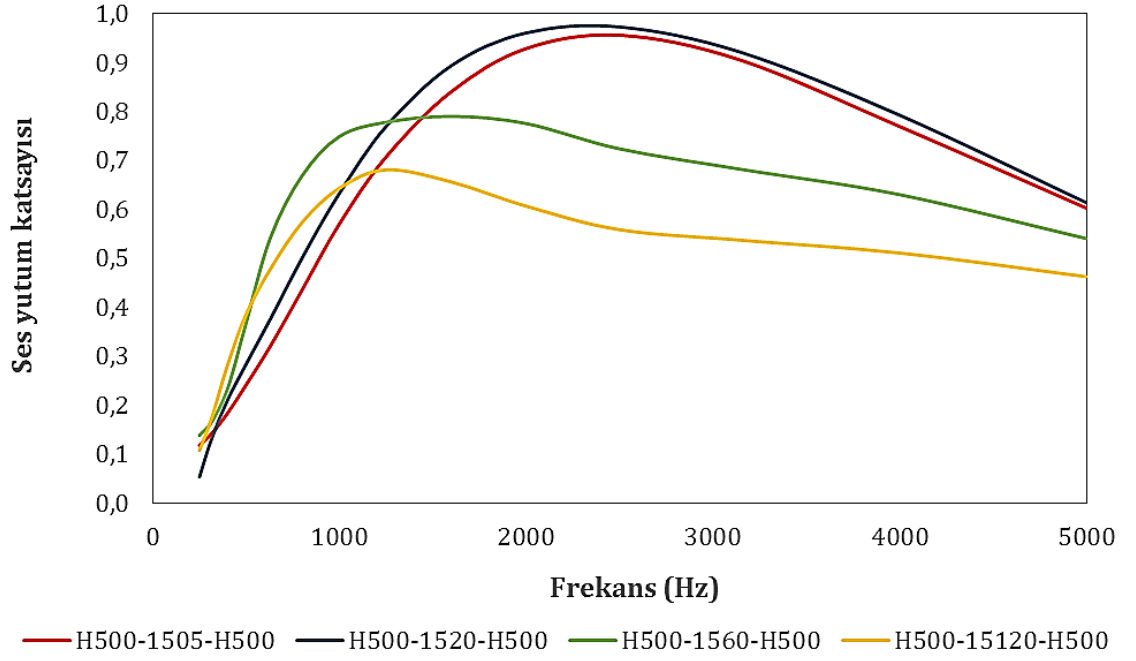
Şekil 4.68'de H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,545, 0,574, 0,550 ve 0,504 olarak hesaplanmıştır. Bu numunelerin içinden en düşük GAK değerine sahip olan H750-15120-H750 diğerlerinden istatistiksel olarak farklı olup diğer üçü arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 4.68'de takviye edilen nano membran üretim süresinin 5 dakikadan 20 dakikaya çıkması durumunda GAK değerinin arttığı, 60 dakika olduğunda azaldığı ve 120 dakikada daha da azaldığı görülmektedir.



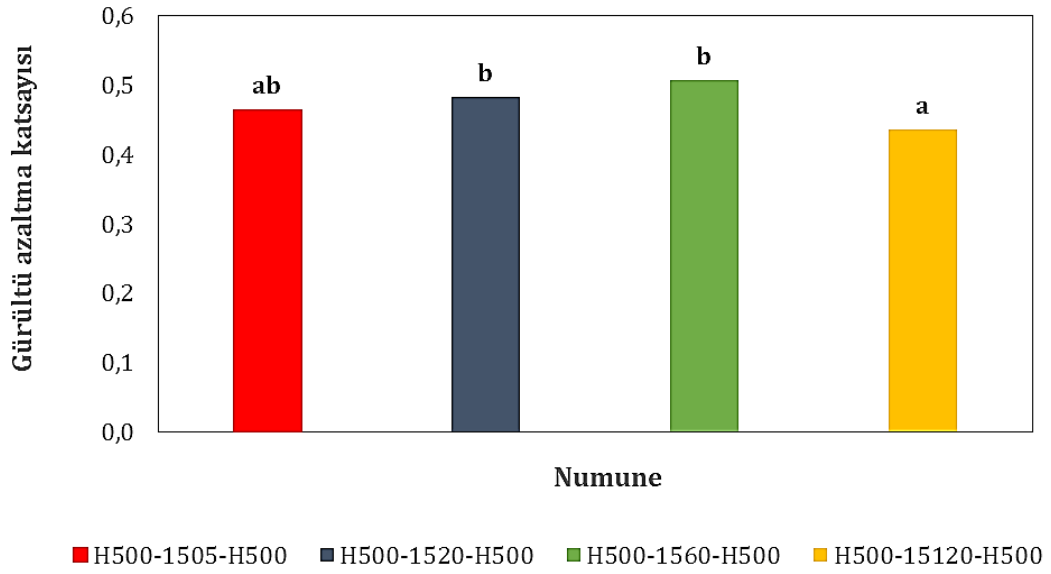
Şekil 4.63. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



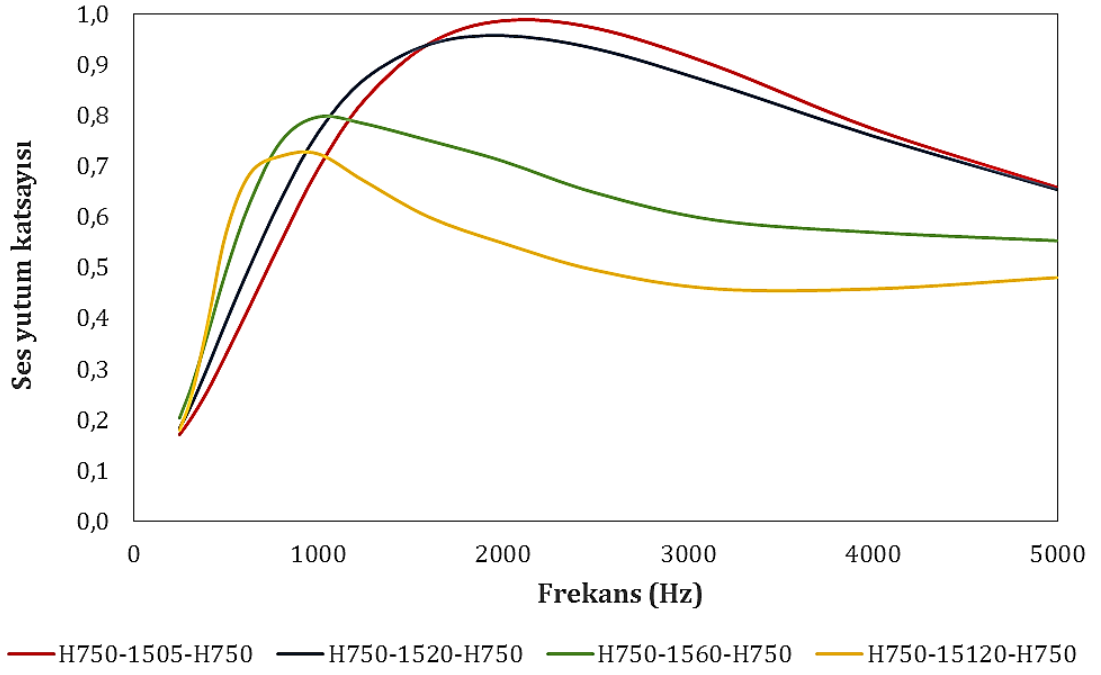
Şekil 4.64. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



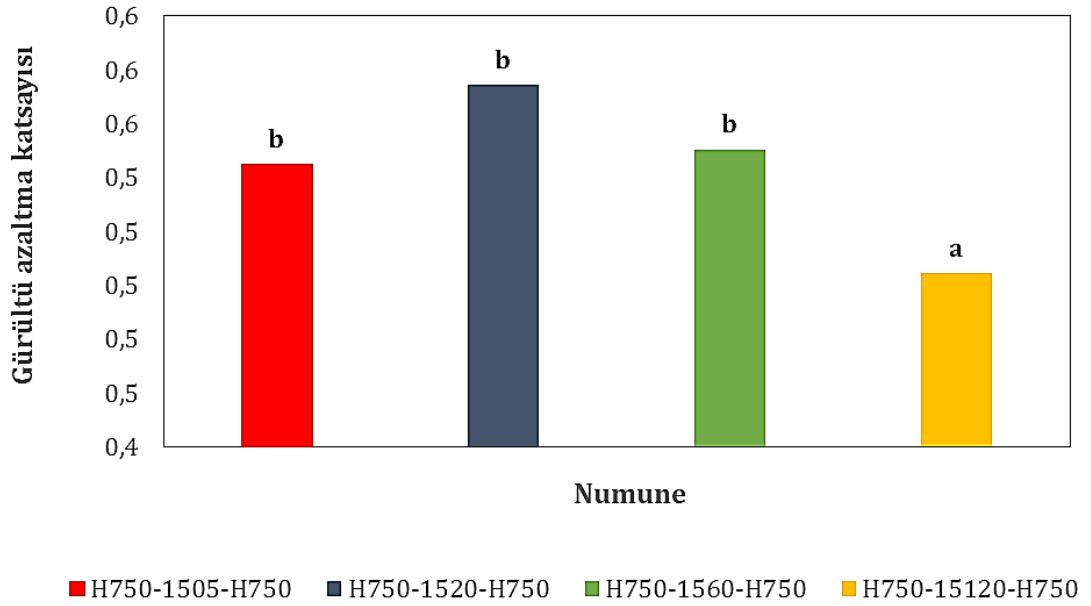
Şekil 4.65. H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.66. H500-1505-H500, H500-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.67. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.68. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 kodlu, A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.69, 4.71 ve 4.73'te verilmiştir.

Şekil 4.69'da takviye edilen nanoliflerin üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri; A250-1305-A250 için 2500 Hz'te 0,983, A250-1320-A250 için 2000 Hz'te 0,979, A250-1360-A250 için 1600 Hz'te 0,952 ve A250-13120-A250 kodlu numune için 1250 Hz'te 0,917 olarak ölçülmüştür. Nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinde maksimum değere ulaşılan frekansların düştüğü görülmektedir. Bu maksimum değerlerden sonra numunelerin SYK değerleri frekans yükseldikçe düşmektedir.

Şekil 4.71'de takviye edilen nanolif üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri; A500-1305-A500 için 2000 Hz'te 0,934, A500-1320-A500 için 2000 Hz'te 0,885, A500-1360-A500 için 1250 Hz'te 0,738 ve A500-13120-A500 kodlu sandviç numune için de 1250 Hz'te 0,746 olarak ölçülmüştür. A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 kodlu numuneler maksimum değerlerinin ölçüldüğü 1250 Hz frekansından sonra düşerek A500-1305-A500 ve A500-1360-A500 kodlu numunelerden çok daha düşük SYK değerleri sergilemiştir. A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 kodlu sandviç yapıların ölçüm sonuçlarında Şekil 4.71'den de görüleceği gibi tüm frekans aralıkları için birbirlerine çok yakın değerler elde edilmiştir.

Şekil 4.73'te takviye edilen nanolif üretim süresine göre elde edilen en yüksek SYK değerleri A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 için sırasıyla 0,557, 0,546, 0,469 ve 0,470 olarak hesaplanmıştır. Hepsinin maksimum değerinin elde edildiği frekans 1600 Hz olarak tespit edilmiştir. SYK eğrilerinin şekli hepsinde hemen hemen aynı olup tüm frekanslar için A1000-1305-A1000'in SYK değerleri A1000-1320-A1000'den yüksek, onların SYK değerleri de birbiri hemen hemen aynı değerlere sahip olan A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000'den daha

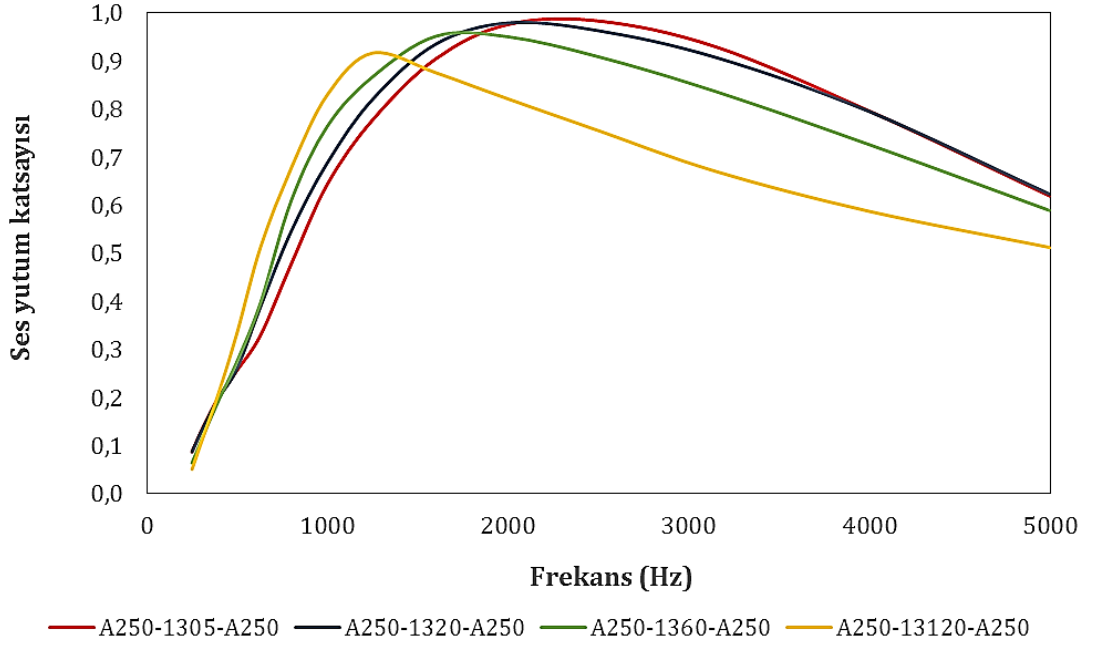
yüksek olarak ölçülmüştür. Süre ile ters orantılı bir sonuç elde edilmiştir. Bu durum sandviç yapıların sıkıştırılması ile açıklanabilir.

A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 kodlu, A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.70, 4.72 ve 4.74'te verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının GAK ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p=0,076$, $p=0,001$ ve $p<0,001$).

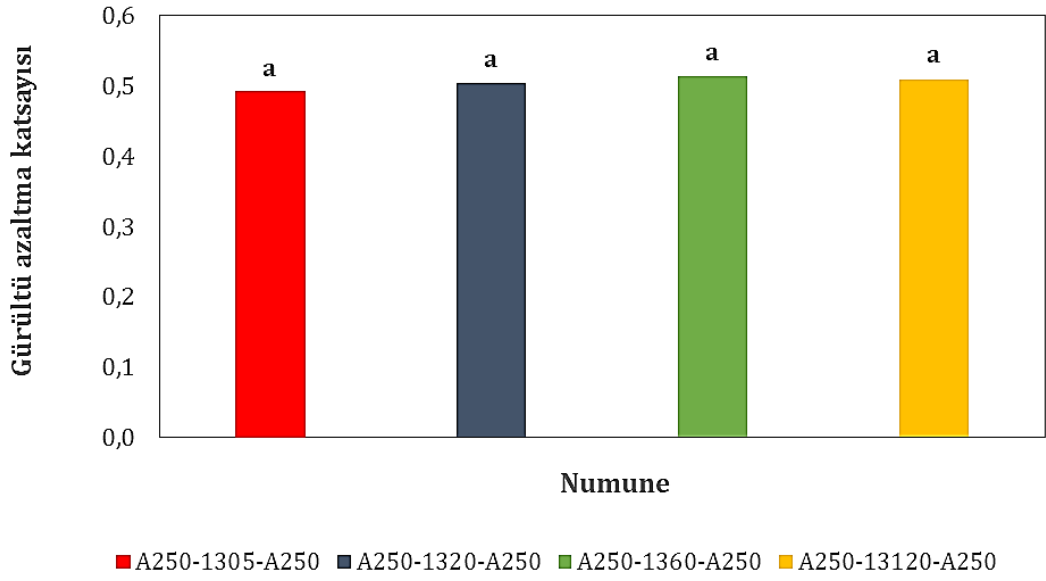
Şekil 4.70'te A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,491, 0,497, 0,514 ve 0,509 olarak hesaplanmış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Şekilden de görüleceği gibi GAK değerleri birbirine çok yakındır.

Şekil 4.72'de A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,536, 0,533, 0,458 ve 0,480 olarak hesaplanmıştır. A500-1305-A500 ve A500-1320-A500 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Fakat bu iki numunenin GAK değerleri A500-1360-A500 ve A500-13120-A500'den anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

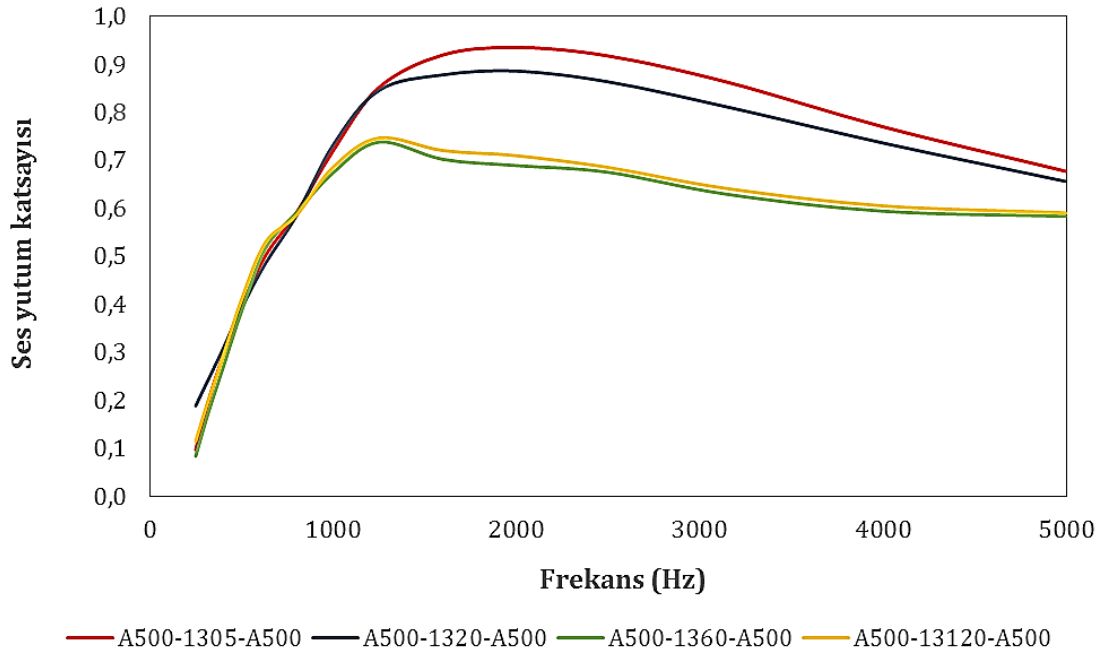
Şekil 4.74'te A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,408, 0,386, 0,315 ve 0,316 olarak belirlenmiştir. A1000-1305-A1000 ve A1000-1320-A1000 arasındaki fark ile A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 arasındaki fark anlamlı değildir. Fakat ilk grup (5 ve 20 dakikalık nanolif takviyeli sandviçler) ikinci gruptan (60 ve 120 dakikalık nanolif takviyeli sandviçler) anlamlı olarak daha yüksek GAK değerlerine sahiptir.



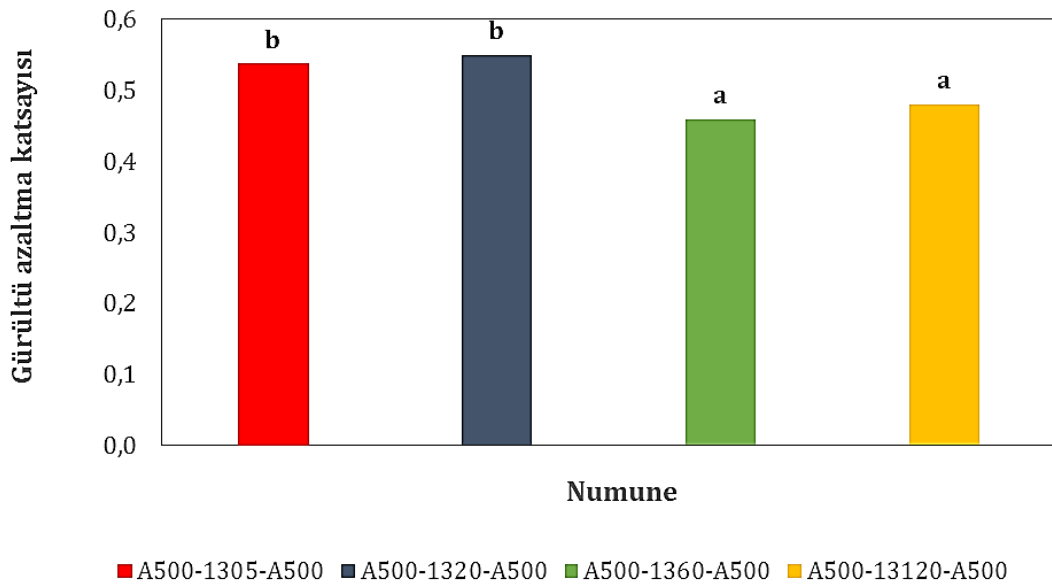
Şekil 4.69. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



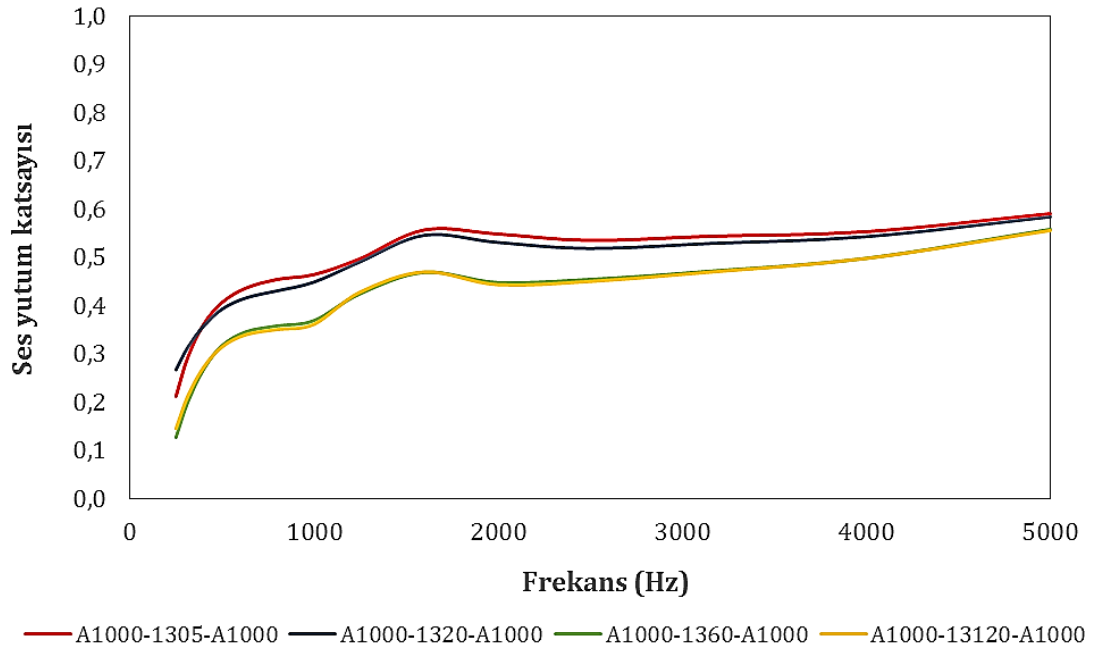
Şekil 4.70. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



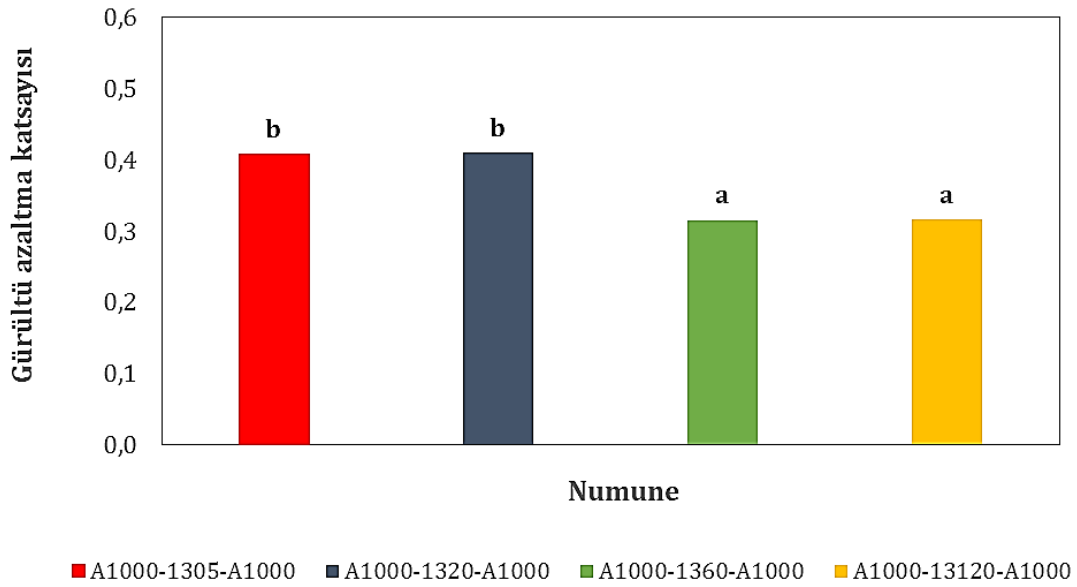
Şekil 4.71. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.72. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.73. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.74. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 kodlu, A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 kodlu ve A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.75, 4.77 ve 4.79'da verilmiştir.

Şekil 4.75'te elde edilen en yüksek SYK değerleri; A250-1505-A250 için 2500 Hz'te 0,983, A250-1520-A250 için 2000 Hz'te 0,983, A250-1560-A250 için 1600 Hz'te 0,896 ve A250-15120-A250 için 1250 Hz'te 0,879 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.77'de elde edilen en yüksek SYK değerleri; A500-1505-A500 için 2000 Hz'te 0,935, A500-1520-A500 için 2000 Hz'te 0,906, A500-1560-A500 için 1250 Hz'te 0,779 ve A500-15120-A500 için 1250 Hz'te 0,719 olarak ölçülmüştür. 1500 Hz'ten sonraki frekanslarda ölçülen SYK değerleri takviye edilen nano membranın üretim süresiyle ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.

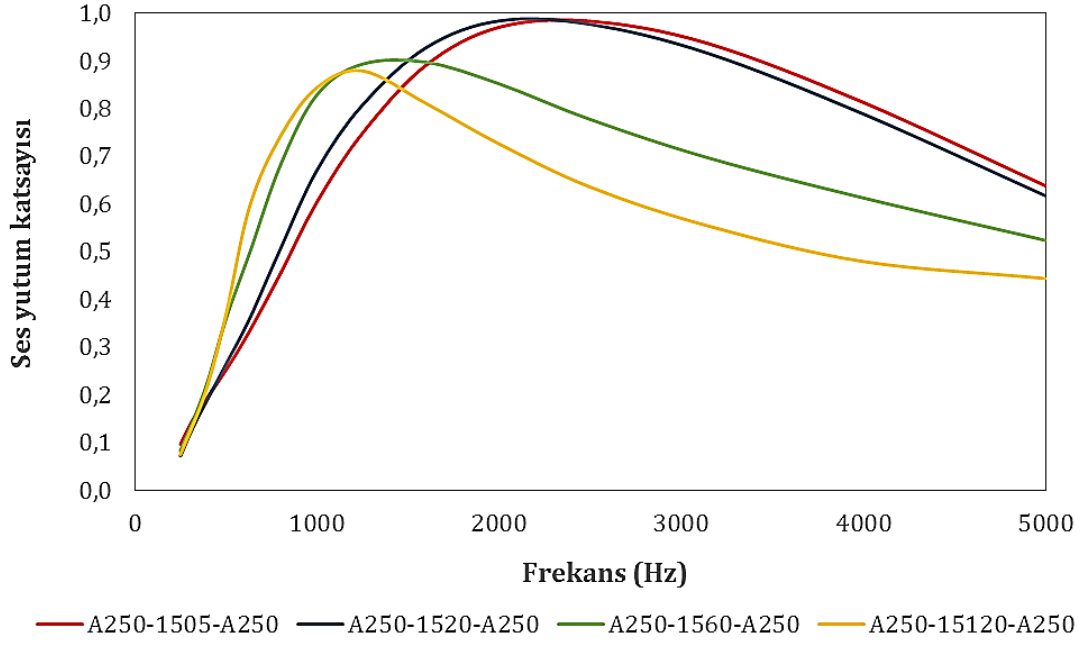
Şekil 4.79'da elde edilen en yüksek SYK değerleri A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 için sırasıyla 0,574, 0,546, 0,465 ve 0,420 olarak ölçülmüştür. Bu SYK değerlerinin tamamı 1600 Hz frekansında ölçülmüştür. Şekil 4.79'da tüm SYK eğrileri benzer karakterde olup SYK değerleri nanolif üretim süresiyle ters orantılı olarak tüm frekanslarda takviye edilen nano membranın üretim süresi arttıkça azalmıştır. Bu durum sandviç yapıların sıkıştırılması ile açıklanabilir.

A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 kodlu, A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 kodlu ve A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.76, 4.78 ve 4.80'de verilmiştir. Şekillerde farklı harf ile gösterilen numune gruplarının GAK ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p=0,012$, $p<0,001$ ve $p<0,001$).

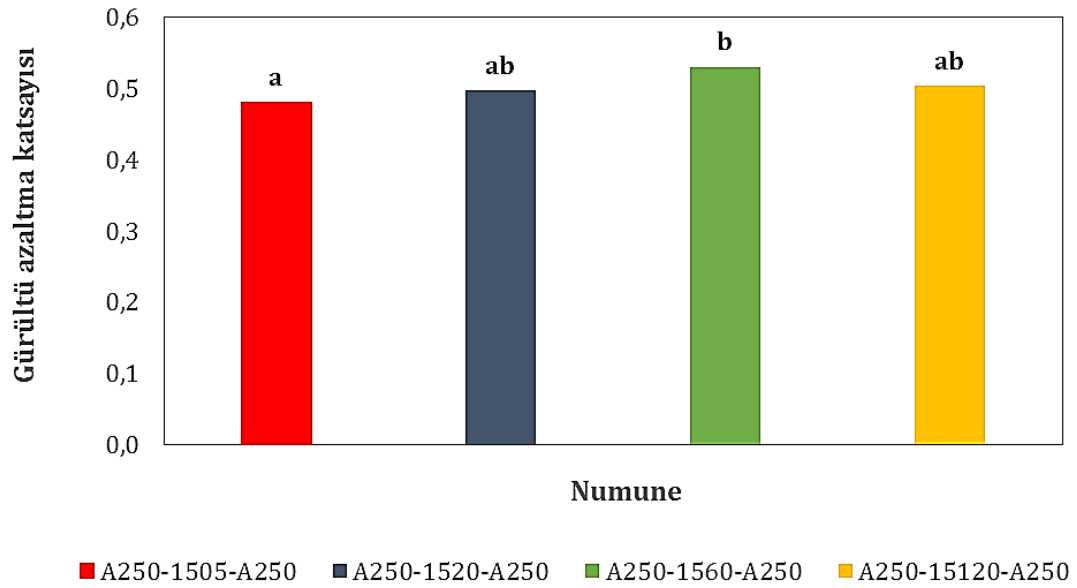
Şekil 4.76'da A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,481, 0,504, 0,530 ve 0,503 olarak hesaplanmış ve aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur. A250-1505-A250 kodlu numunenin GAK değeri anlamlı olarak diğerlerinden daha düşük iken A250-1520-A250 ve A250-15120-A250 arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Şekil 4.78'de A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,552, 0,549, 0,494 ve 0,465 olarak hesaplanmıştır. A500-1505-A500 ve A500-1520-A500 kodlu numunelerin GAK değerleri arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 arasındaki fark da anlamlı değildir fakat ilk grubun (5 ve 20 dakikalık üretimler) GAK değerleri anlamlı olarak ikinci gruptan yüksek bulunmuştur.

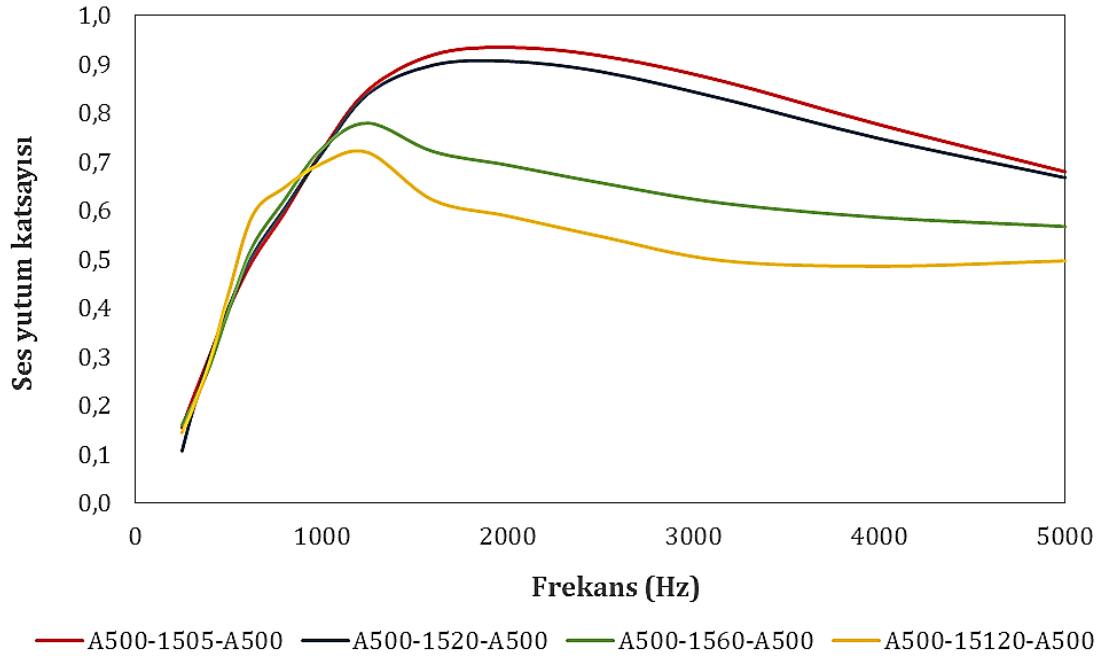
Şekil 4.80'de A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla 0,446, 0,410, 0,339 ve 0,296 olarak hesaplanmıştır. Nanolif üretim süresi arttıkça GAK değerleri anlamlı olarak düştüğü görülmektedir. En düşük GAK değerinin A1000-15120-A1000 kodlu numuneye ait olduğu belirlenmiştir.



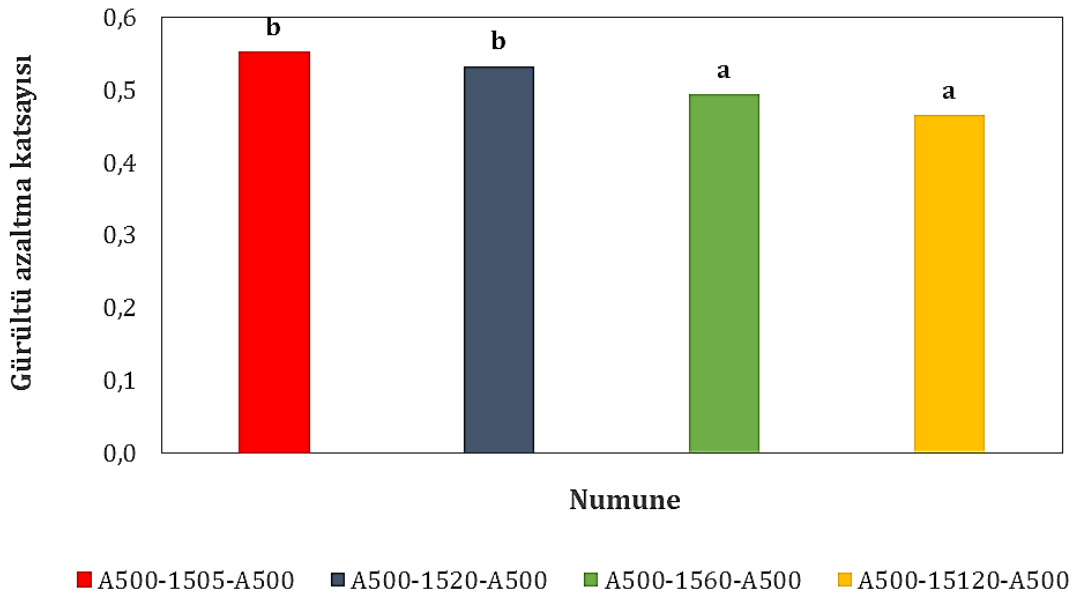
Şekil 4.75. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



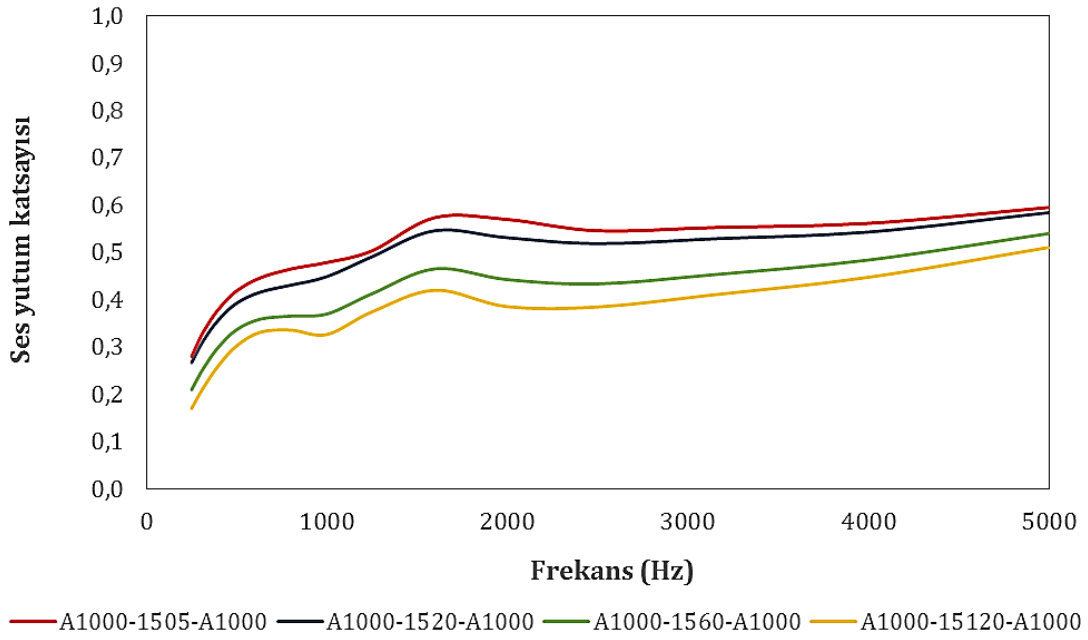
Şekil 4.76. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



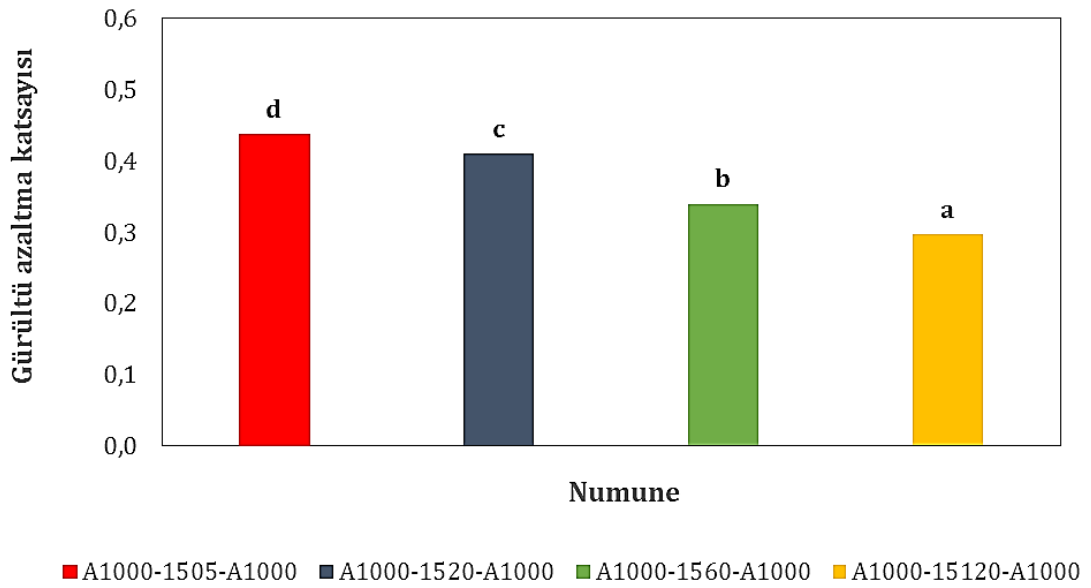
Şekil 4.77. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.78. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.79. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.80. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.4. Nanolif çapının ses yutumuna etkisi

% 13 ve % 15 PU özeltelerinden sırasıyla ortalama 296,5 ve 509,9 nm çaplarında nanolifler elde edilmiştir. Bu bölümdeki tartışmaların bazılarında daha klay anlaşılabilmesi açısından numune kodlarının yanında veya numune kodları kullanılmaksızın % 13'lük çözeltiden üretilen 296,5 nm çapındaki lifler için "ince" % 15'lik çözeltiden üretilen 509,9 nm çapındaki nanolifler için ise "kalın" ibareleri kullanılmıştır. Her iki konsantrasyon ile 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerde üretimler yapılmıştır. Nanolif çaplarının ses yutumuna etkisi nano membranlarda ve kompozit numunelerde (nanolif takviyeli dokusuz yüzeyler ve sandviç yapılı numuneler) ayrı ayrı kıyaslanmıştır. Fakat genel bir özet yapılacak olursa;

- 5 ve 20 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği hem A kodlu hem de H kodlu kompozit numunelerin hepsinde ince nanolif takviyeli olanların GAK değerlerinin kalın nanoliflilerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 60 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği hem A kodlu hem de H kodlu kompozit numunelerde (A500 hariç) kalın nanolif takviyeli olanların GAK değerleri ince nanoliflilerden daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Fakat H kodlu kompozit numunelerden sadece H250-1560 ve H250-1360 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı iken A kodlu kompozit numunelerden A500 ve A1000 sandviç yapılı kompozit numunelerinde ve A250'nin nanolif takviye edilmiş kompozit numunelerinde çapın istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir.
- 120 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği hem A kodlu hem de H kodlu sandviç yapılı kompozit numunelerin hepsine ince nanolif takviyeli olanların GAK değerleri daha yüksek hesaplanırken nanolif takviyeli dokusuz yüzeylerde daha farklı bir durum meydana gelmiştir. A250 kodlu kalın nanolif takviyeli dokusuz yüzeyin (A250-15120) GAK değeri inceden (A250-13120) daha yüksek olup A500, A1000 ve H750 kodlularda ince nanolif takviyelilerin GAK değerleri daha yüksek olurken H250 ve H500

kodlularda çok az bir farkla kalın nanoliflilerin GAK değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Ayrıca kompozit numunelere ait SYK eğrileri A kodlu ve H kodlular olmak üzere genel olarak kıyaslandığında 60 dakikalık nanolif takviye edilen kompozitlerde dokusuz yüzey gramajı arttıkça kompozit numunelere ait SYK eğrilerinin altında kalan alanların azaldığını söylemek mümkündür. Özellikle A kodlularda bu çok daha belirgin olup H kodlularda kısmen belirgindir. Örneğin A250'li kompozit numuneler, A500'lü kompozitlerden daha iyi, A500'lüler de A1000 kullanılan kompozit numunelerden daha geniş SYK eğrilerine sahiptir. Diğer süreler için bu kadar dikkat çeken bir durum gözlemlenmemiştir.

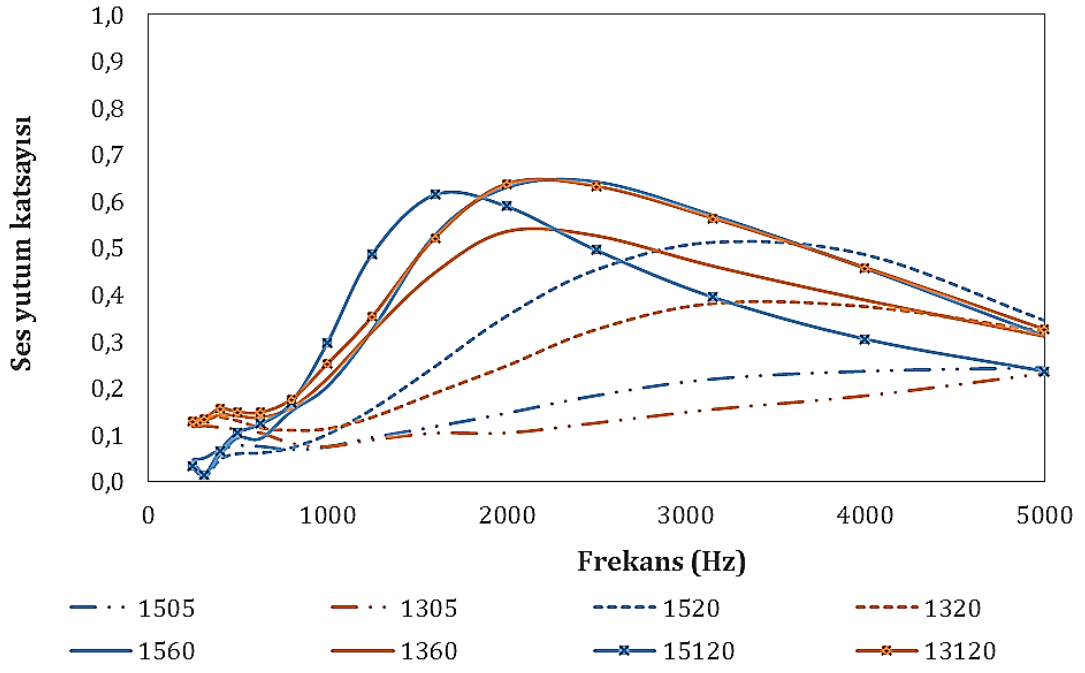
4.3.4.1. Nanolif çapının nanolif membranlarda ses yutumuna etkisi

% 13 ve % 15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle üretilen nanoliflerin ses yutum katsayısı (SYK) ve gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri kıyaslanmıştır. Şekil 4.81'de % 13 PU ve % 15 PU çözeltilerinden üretilen 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 kodlu numunelerin SYK eğrileri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi söz konusu numunelerin farklı frekanslarda farklı SYK değerleri sergilemektedirler.

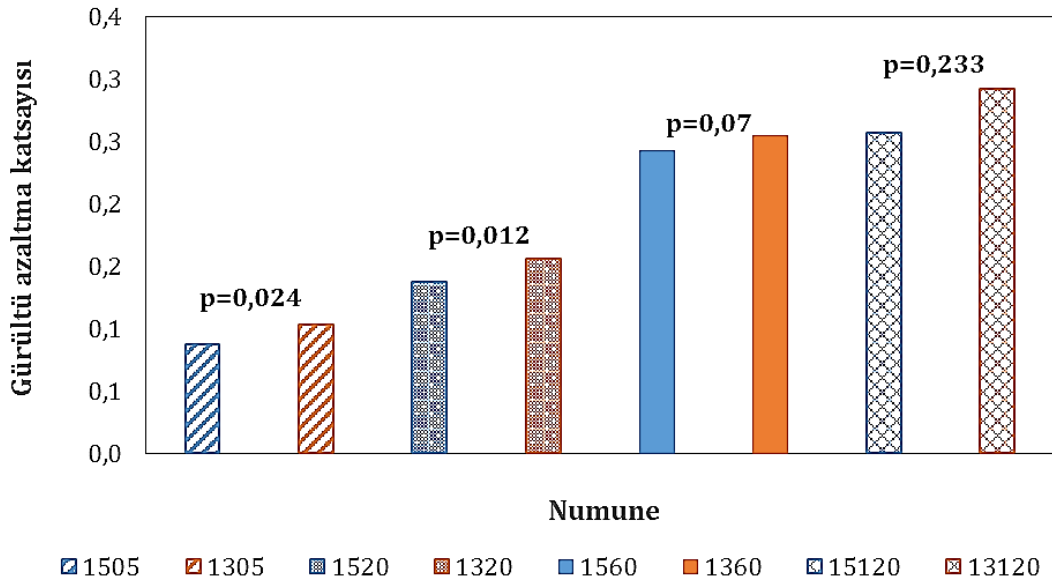
Şekil 4.81'de en yüksek SYK değerleri; 1505 için 5000 Hz'te 0,245, 1305 için 5000 Hz'te 0,232, 1520 için 3150 Hz'te 0,514, 1320 için 3150 Hz'te 0,382, 1560 için 2500 Hz'te 0,642, 1360 için 2000 Hz'te 0,536, 15120 için 1600 Hz'te 0,615 ve 13120 için 1600 Hz'te 0,522 olarak ölçülmüştür. Hem ince hem de kalın liflerde nanolif üretim süresi artarak nano membran kalınlaştıkça rezonans frekansının düştüğü görülmektedir. Aynı süre ile üretilen ince ve kalın lifler karşılaştırıldığında ince lifler daha yüksek frekanslarda daha düşük SYK değerlerine sahip olsa da düşük frekanslarda kalınlardan daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. 1505 ve 1305 kıyaslandığında 1000 Hz'e kadar 1305'in (ince lifler) daha yüksek SYK değerlerine sahip olduğu, 1000 Hz'ten sonraki frekanslarda ise 1505'in (kalın lifler) SYK ölçümlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. 1520-1320 ve 1560-1360 için de aynı durum söz konusudur.

Yani bunlarda da ince liflerin SYK değerleri 1000 Hz'e kadar kalın olanlardan daha yüksektir. 1000 Hz'ten daha yüksek frekanslarda ise kalın olanların SYK değerleri daha yüksektir. 15120 ve 13120 kıyaslandığında ise ince lifler (13120) 800 Hz'e kadar daha yüksek, 800'den 2500 Hz'e kadar kalın liflerin SYK değerleri daha yüksek, 2500'den sonra ise incelerinki belirgin olarak daha yüksektir. Ses yutumu üzerinde hem nanolif çapı hem de membran kalınlığı etkilidir. İnce nanolifler için daha düşük frekanslarda kalın liflerden daha yüksek SYK değerleri ölçüldüğü görülmektedir. Bu da GAK değerlerinin daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Literatürde de nanolif çapı azaldıkça daha düşük frekanslarda daha iyi ses yutumu elde edildiğini ifade eden çalışmalar vardır (Kalinova, 2011; Khan vd., 2012; Singh ve Mukhopadhyay, 2016).

şekil 4.82'de 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir. Grafikte 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numuneleri için GAK değerleri sırasıyla 0,087, 0,103, 0,137, 0,156, 0,243, 0,254, 0,257 ve 0,292 olarak hesaplanmıştır. Nanolif retim süresi arttıkça GAK değerleri artmış ve ince liflerin GAK değerleri daha yüksek bulunmuştur. T testi sonuçlarına göre 1505-1305, 1520-1320, 1560-1360 ve 15120-13120 ikili grupları için sırasıyla $p=0,024$, $p=0,012$, $p=0,07$ ve $p=0,233$ bulunmuştur. 1520-1320 ve 1560-1360 ikili gruplarında ince liflerin GAK değerleri kalın liflerden anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.81. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.82. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

$p < 0,05$ olan ikili numune gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

4.3.4.2. Nanolif çapının kompozit numunelerde ses yutumuna etkisi

% 13 ve % 15 PU özeltelerinden 5, 20, 60 ve 120 dakikalık sürelerle üretilen nanolifler dokusuz yüzeylere takviye edilerek kompozit numuneler (nanolif takviyeli dokusuz yüzeyler ve sandviç yapılı numuneler) üretilmiştir. Bu numunelerin ses yutum katsayısı (SYK) ve gürültü azaltma katsayısı (GAK) değerleri kıyaslanmıştır. % 13 PU çözeltisinden üretilen 296,5 nm çapındaki lifler “ince” % 15 PU çözeltisinden üretilen 509,9 nm çapındaki nanolifler ise “kalın” olarak tanımlanmıştır.

Bu bölüm nanolif üretim süreleri baz alınarak dört başlık altında incelenmiştir. Daha önceki bölümlerdeki sistematığe uygun olması ve tartışmalarının da benzerliği nedeniyle tartışmalar üçerli gruplar halinde yapılmıştır. Önce H kodlu dokusuz yüzeyler daha sonra da A kodlular tartışılmıştır. Nano membranlar Bölüm 4.3.4.1’de tartışıldığı için aşağıdaki bölümlerde tartışılmayacak olup kompozit numunelerle bir arada görülebilmesi için verilmiştir.

Nanolif çapının kompozit numunelerin ses yutumu üzerindeki etkisi için genel olarak şunları söylemek mümkündür:

- 5 dakika süre ile üretilen nanolif takviye edilmesi durumunda nanolif çapı çok etkili olmayıp 20, 60 ve 120 dakikalık üretimlerde çapın etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.
- 5 ve 20 dakikalık üretimlerde SYK eğrileri karakterlerinin ikili karşılaştırmalarda genel olarak (bazı numunelerde 1000 Hz’e kadar olan frekanslar hariç) ince ve kalın liflerde birbirine çok benzer iken 60 ve 120 dakikalıklarda birbirlerinden belirgin olarak farklı oldukları gözlemlenmektedir.

4.3.4.2.1. Nanolif çapının 5 dakika sure ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarında ses yutumuna etkisi

şekil 4.83, 4.85 ve 4.87’de sırasıyla 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 kodlu, 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 kodlu ve 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir. şekillerde kompozit numunelerin SYK eğrileri çok benzer şekillerde olup nanolif çapının SYK üzerinde pek etkili gornme de bazı GAK değerlerinde anlamlı fark meydana getirmektedir. A kodlu numunelerde ses yutumuna çapın fazla etkisinin olmadığını soylemek mümkündür. H kodlularda daha fazla etkilidir.

şekil 4.83’te ölçülen en yüksek SYK değerleri H250-1505 için 3150 Hz’te 0,685, H250-1305 için 3150 Hz’te 0,679, H250-1505-H250 için 2500 Hz’te 0,891 ve H250-1305-H250 kodlu numune için de 2500 Hz’te 0,907 olarak llmştir. En yüksek SYK değerlerinin ölçüldüğü frekanslardan sonra kalın lif takviyeli kompozitlerin (H250-1505 ve H250-1505-H250) SYK değerleri daha yüksek llmştir.

şekil 4.85’te ölçülen en yüksek SYK değerleri H500-1505 için 3150 Hz’te 0,796, H500-1305 için 3150 Hz’te 0,770, H500-1505-H500 için 2500 Hz’te 0,955 ve H500-1305-H500 kodlu numune için 2500 Hz’te 0,962 olarak llmştir. Yine en yüksek SYK değerlerinin ölçüldüğü frekanslardan sonra kalın lif takviyeli kompozitlerin (H500-1505 ve H500-1505-H500) SYK değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

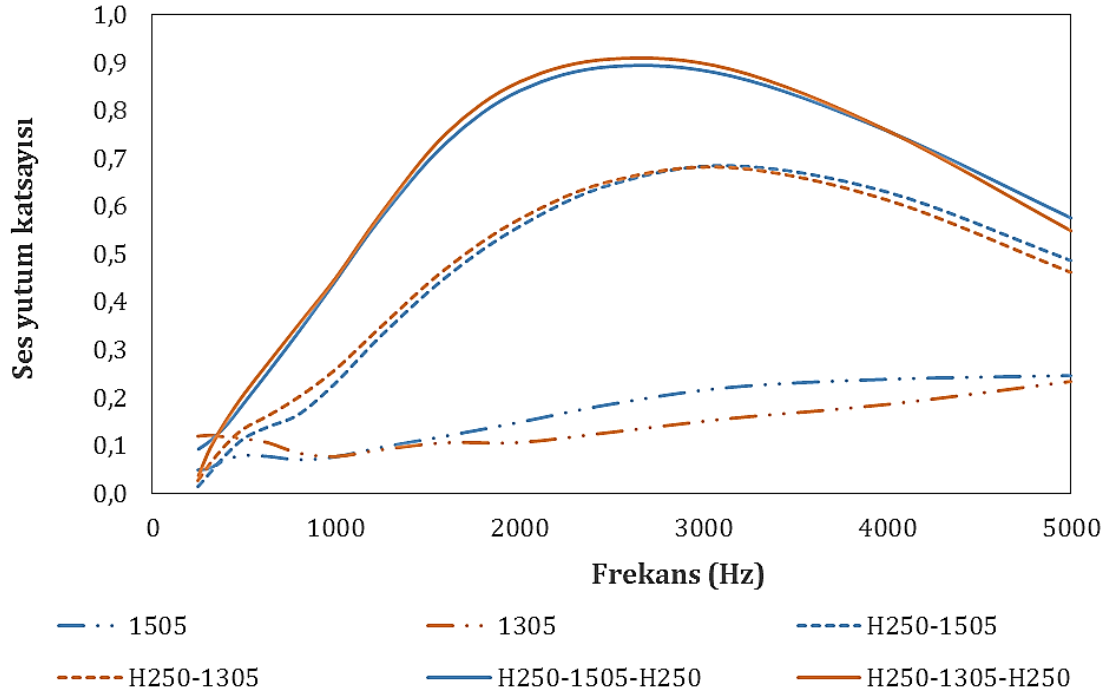
şekil 4.87’de ölçülen en yüksek SYK değerleri H750-1505 için 2500 Hz’te 0,896, H750-1305 için 2500 Hz’te 0,875, H750-1505-H750 için 2000 Hz’te 0,987 ve H750-1305-H750 Hz’te 0,988 olarak llmştir. Yine en yüksek SYK değerlerinin ölçüldüğü frekanslardan sonra kalın lif takviyeli kompozitlerin (H750-1505 ve H750-1505-H750) SYK değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Şekil 4.84, 4.86 ve 4.88'de sırasıyla 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 kodlu, 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 kodlu ve 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir. $P < 0,05$ olan ikili gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

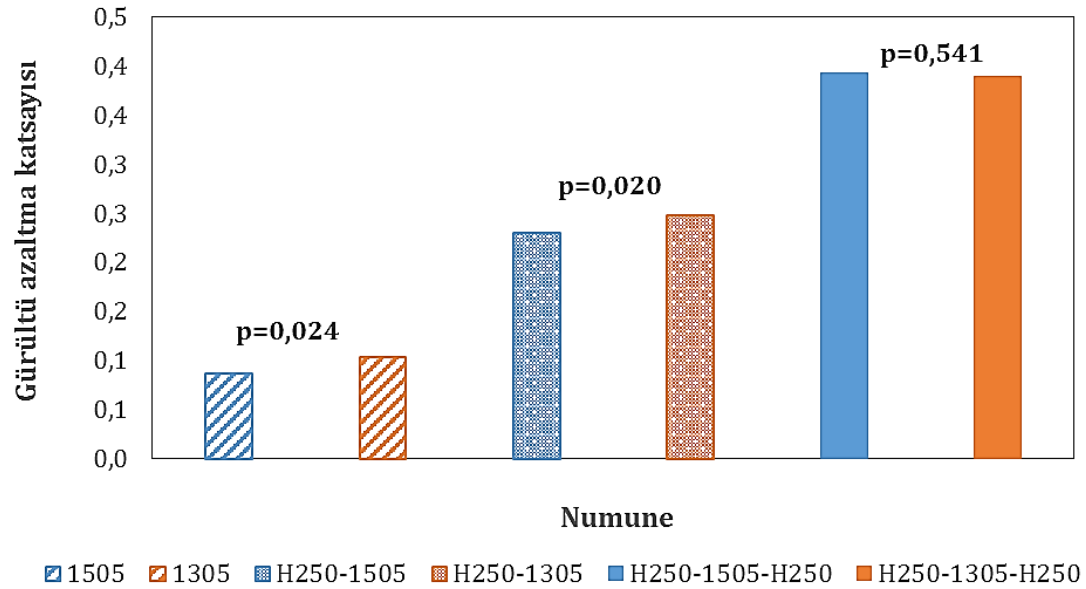
Şekil 4.84'te H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,229, 0,248, 0,392 ve 0,389 olarak hesaplanmıştır. H250-1505 ve H250-1305 arasındaki fark anlamlı iken H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Şekil 4.86'da H500-1505 ve H500-1305'in GAK değerleri sırasıyla 0,313 ve 0,308 olup gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,389$). Yine H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 kodlu numunelerin ortalama GAK değerleri sırasıyla 0,465 ve 0,460 olup aralarındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p=0,358$).

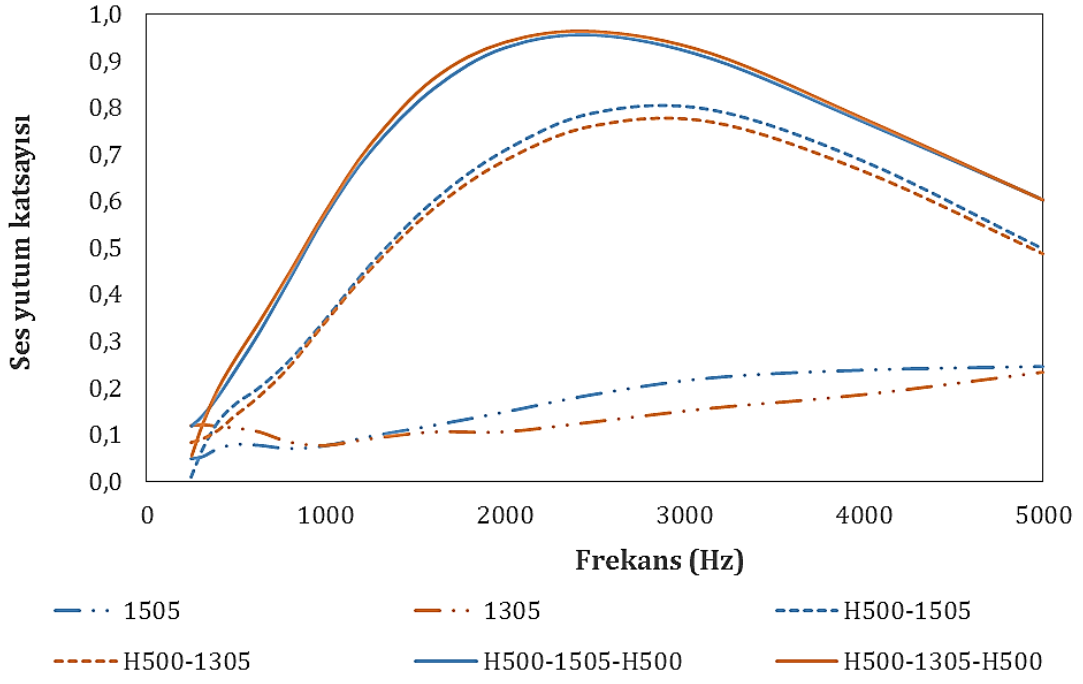
Şekil 4.88'de H750-1505 ve H750-1305'in GAK değerleri sırasıyla 0,392 ve 0,397 olup gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,712$). H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,545 ve 0,554 olup aralarındaki fark anlamlıdır ($p=0,006$).



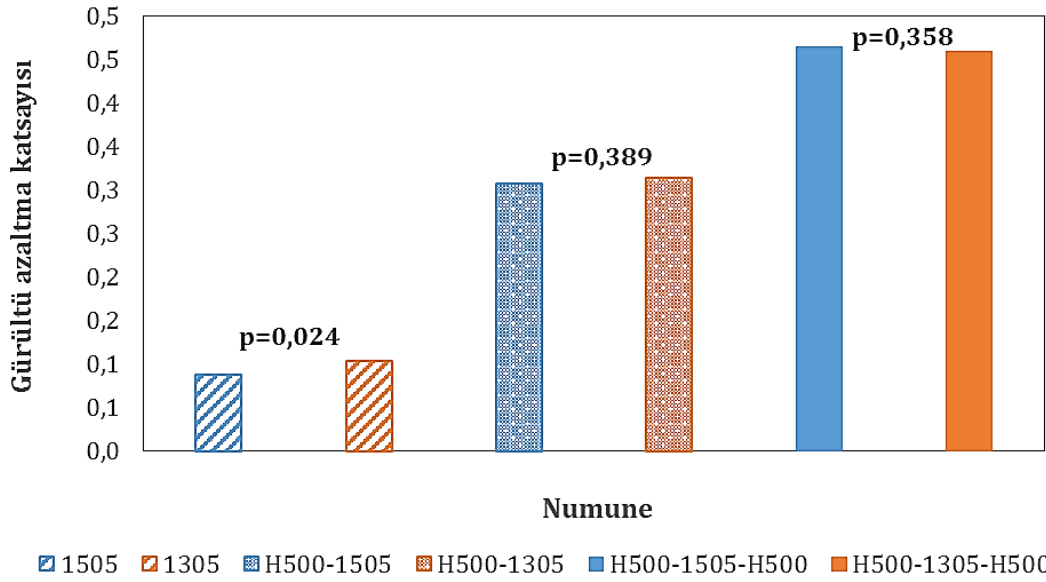
Şekil 4.83. 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



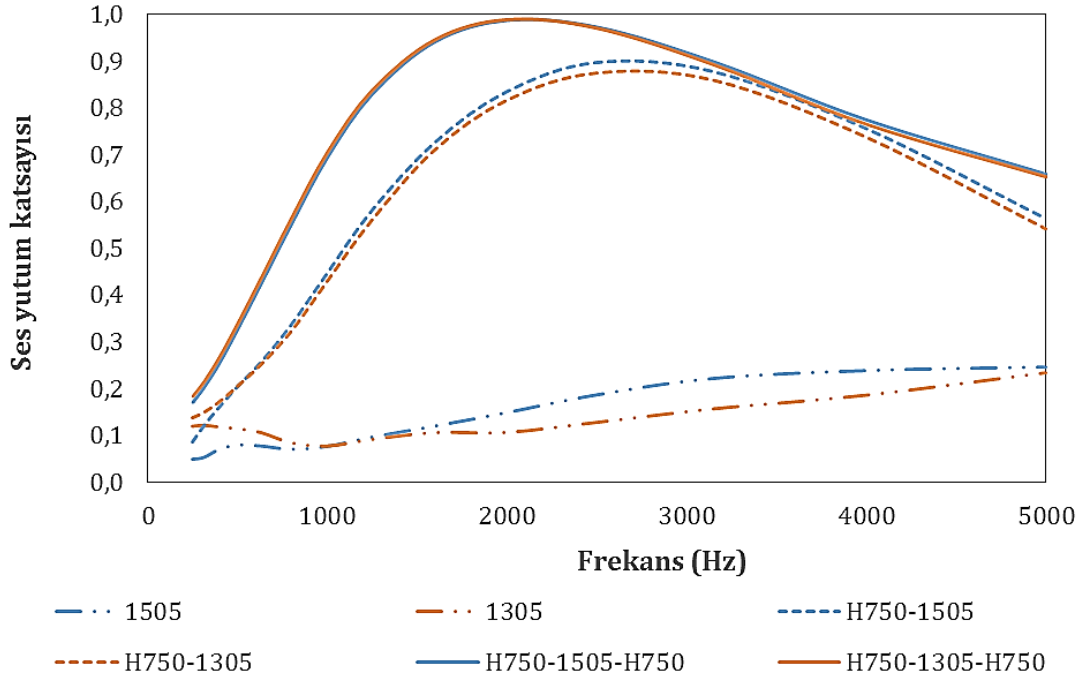
Şekil 4.84. 1505, 1305, H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



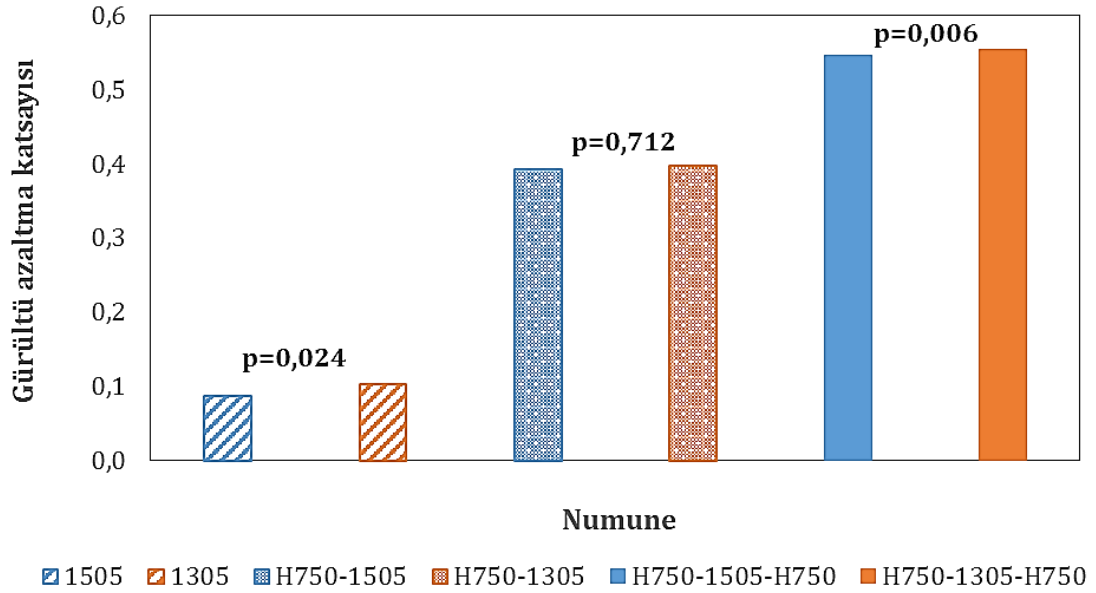
Şekil 4.85. 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.86. 1505, 1305, H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.87. 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.88. 1505, 1305, H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

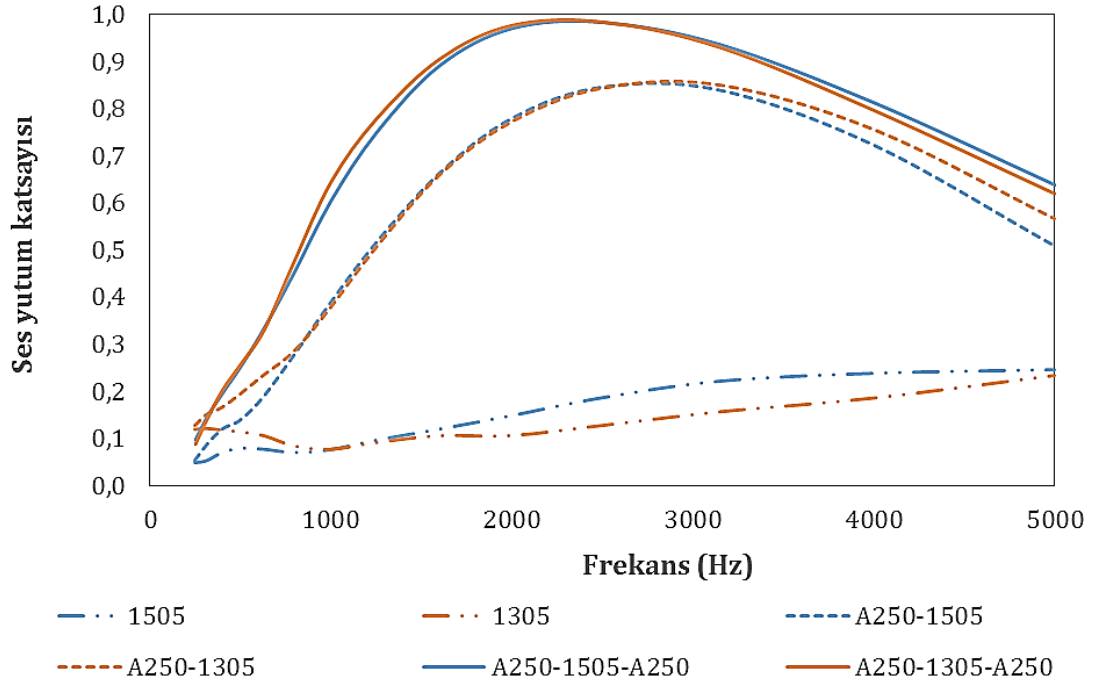
Şekil 4.89, 4.91 ve 4.93'te sırasıyla 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 kodlu, 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 kodlu ve 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir.

Şekil 4.89'da ölçülen en yüksek SYK değerleri A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 kodlu numuneler için sırasıyla 2500 Hz'te 0,844, 3150 Hz'te 0,850, 2500 Hz'te 0,983 ve yine 2500 Hz'te 0,983 olarak ölçülmüştür. Maksimum değerden sonraki frekanslarda kalın liflerden oluşan numunelerin daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. Daha düşük frekanslarda ise ince lifli numunelerin SYK değerlerinin yüksek olduğu frekanslar olmuştur. Örneğin 1000 Hz'e kadar A250-1305'in SYK değerleri A250-1505'ten yüksek olarak ölçülmüştür.

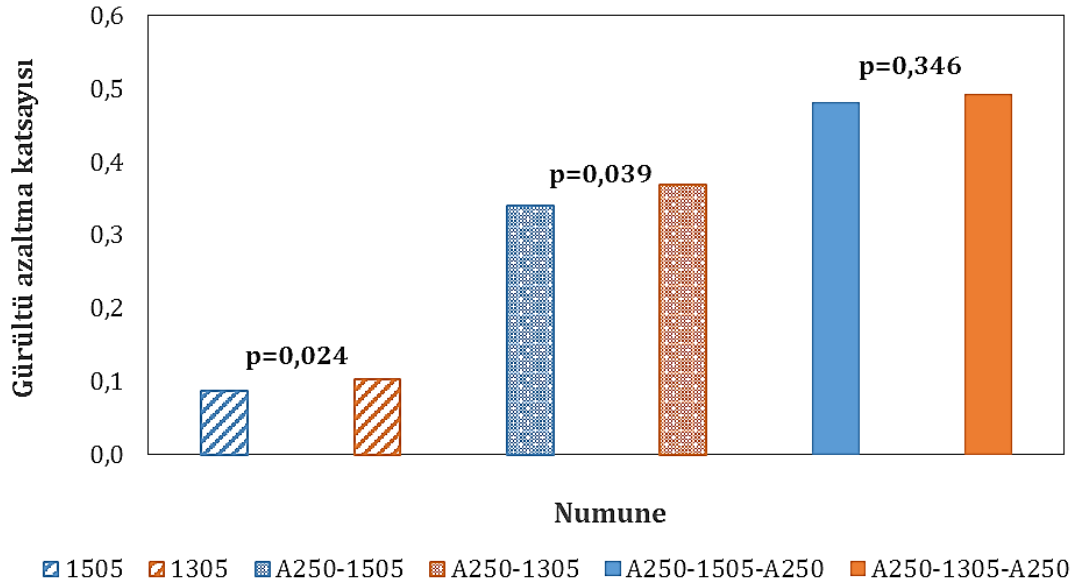
Şekil 4.91'de ölçülen en yüksek SYK değerleri A500-1505 için 2500 Hz'te 0,978, A500-1305 için 2500 Hz'te 0,982, A500-1505-A500 için 2000 Hz'te 0,935 ve A500-1305-A500 yine 2000 Hz'te 0,934 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.93'te ise 1000 Hz frekansından sonra A1000-1505 ve A1000-1305 kodlu numunelerin SYK değerleri çok belirgin olarak 1000 Hz'ten sonra A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 kodlu numunelerden fazla olmuştur.

Şekil 4.90, 4.92 ve 4.94'te sırasıyla 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 kodlu, 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 kodlu ve 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir. $P < 0,05$ olan ikili gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

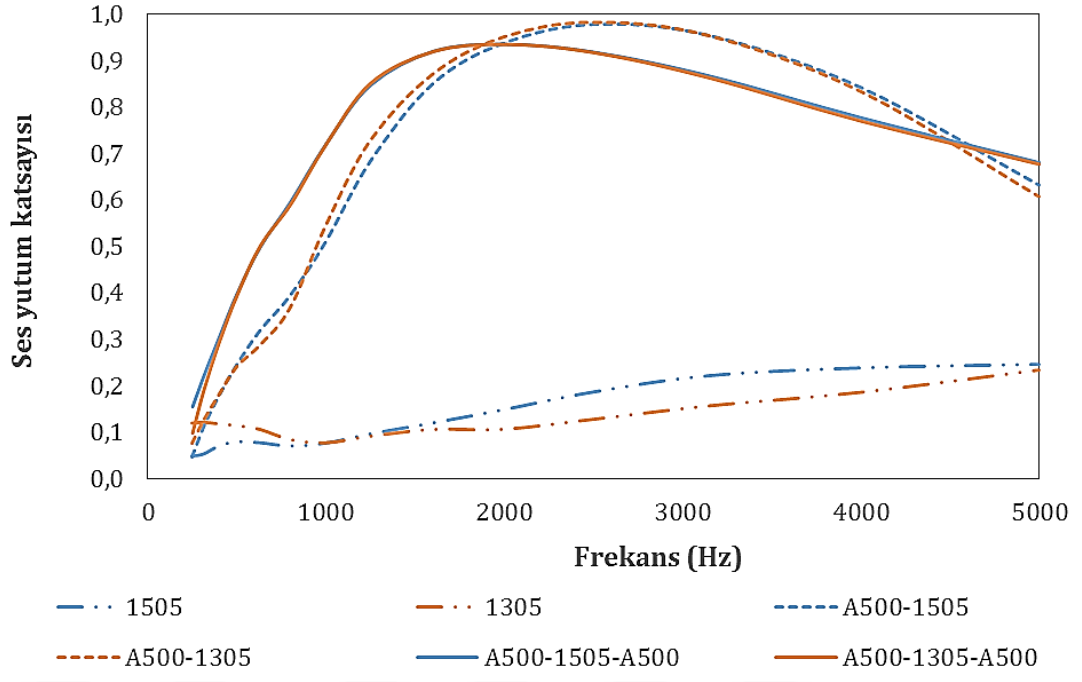
Şekil 4.90'da A250-1505 ve A250-1305 arasındaki fark anlamlıdır ($p=0,039$). Şekil 4.92 ve Şekil 4.94'te ise sırasıyla A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 ($p=0,085$) ile A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 ($p=0,007$) aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur.



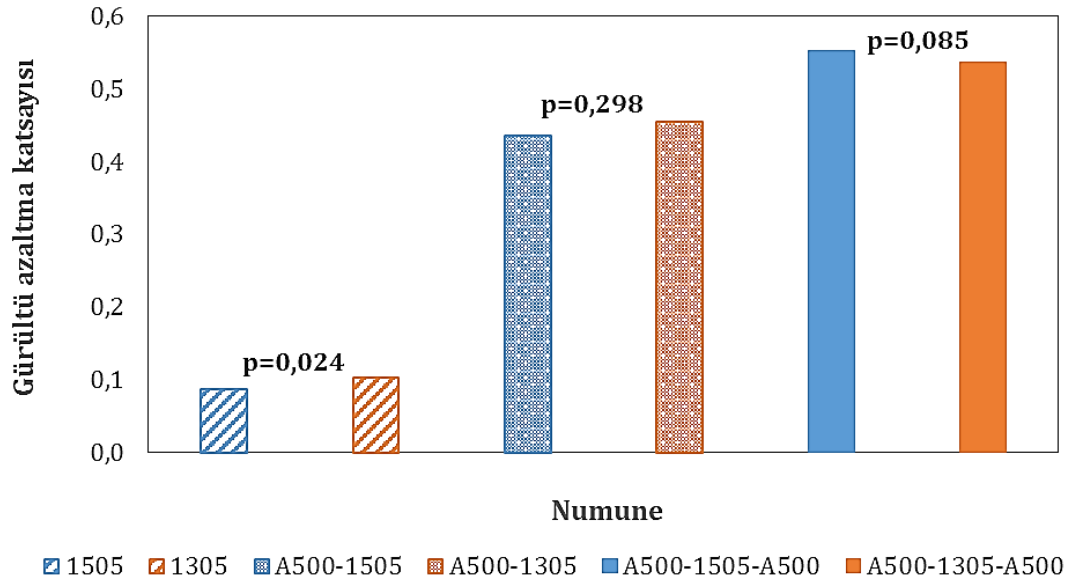
Şekil 4.89. 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



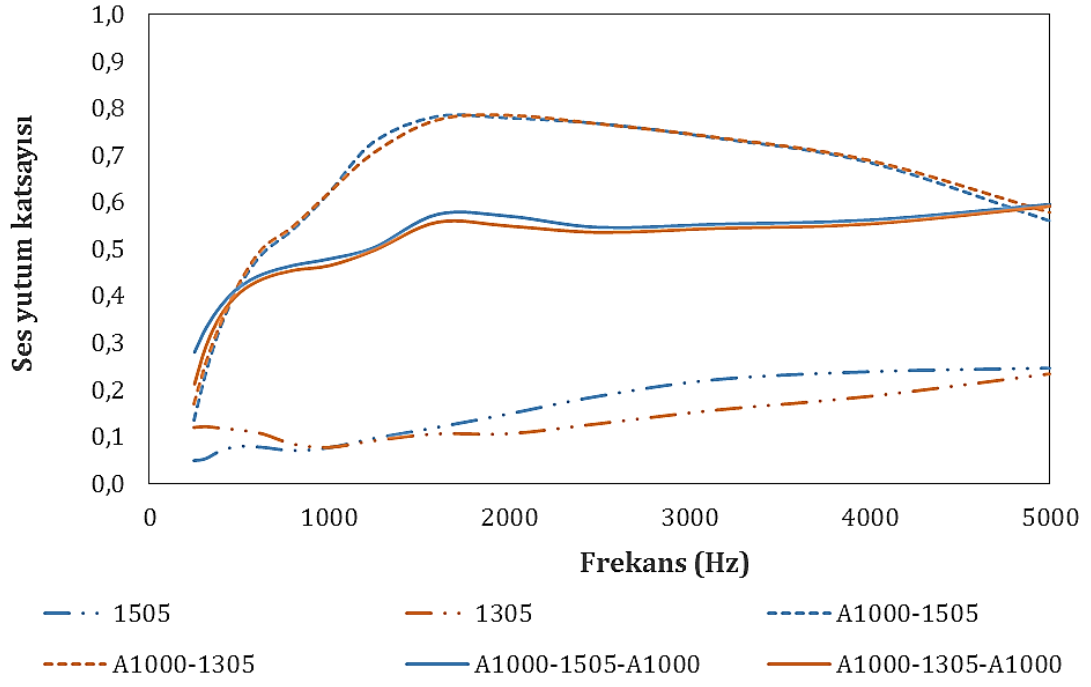
Şekil 4.90. 1505, 1305, A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



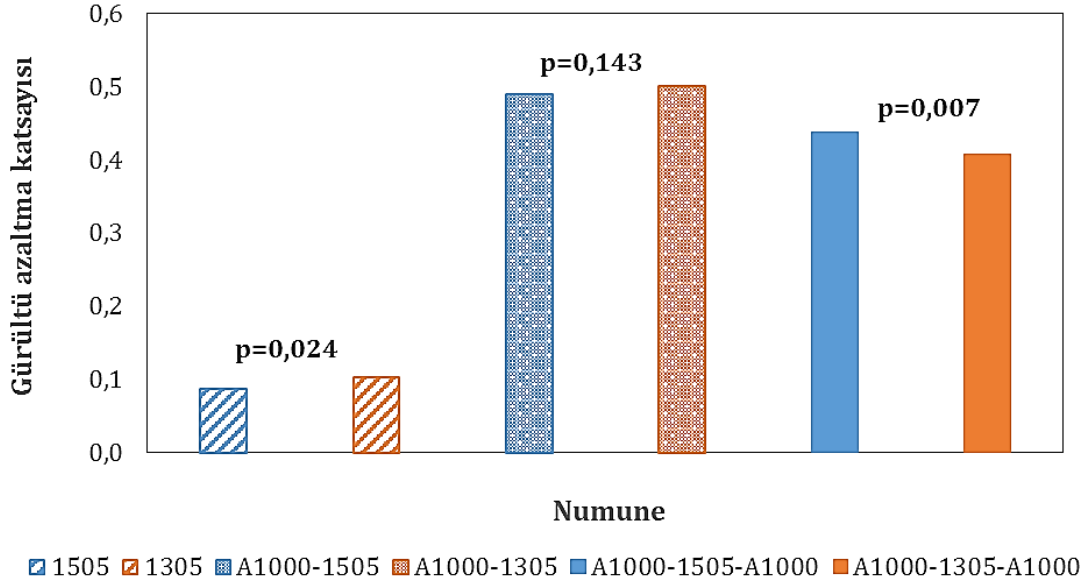
Şekil 4.91. 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.92. 1505, 1305, A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.93. 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.94. 1505, 1305, A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

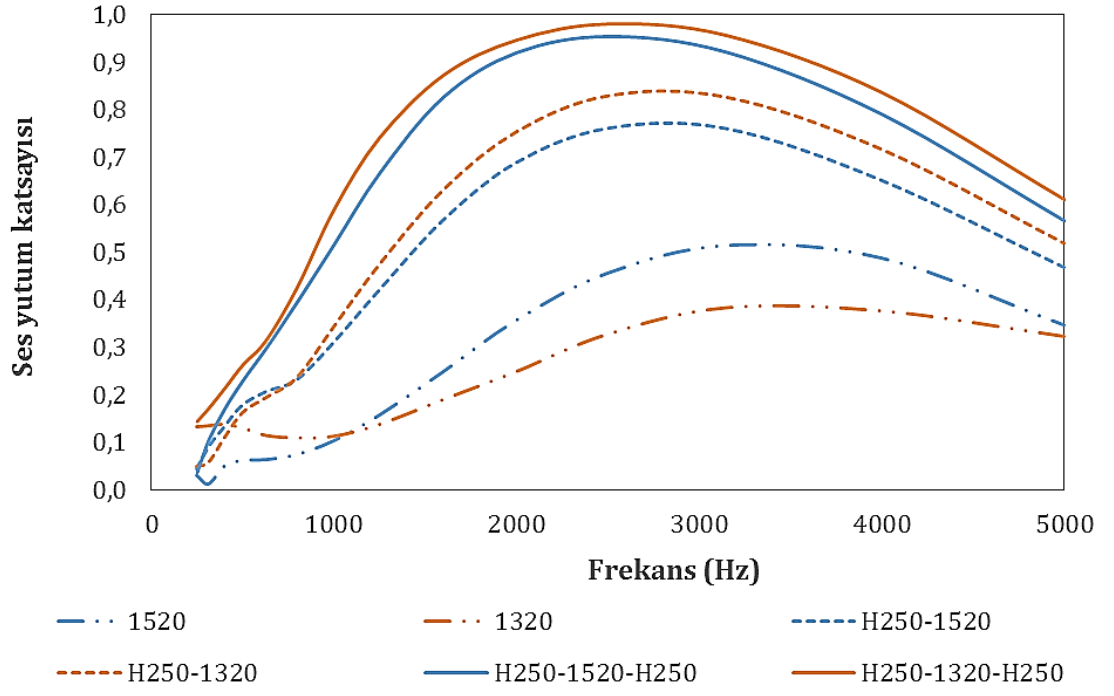
4.3.4.2.2. Nanolif çapının 20 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi

şekil 4.95, 4.97 ve 4.99'da sırasıyla 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 kodlu, 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 kodlu ve 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir.

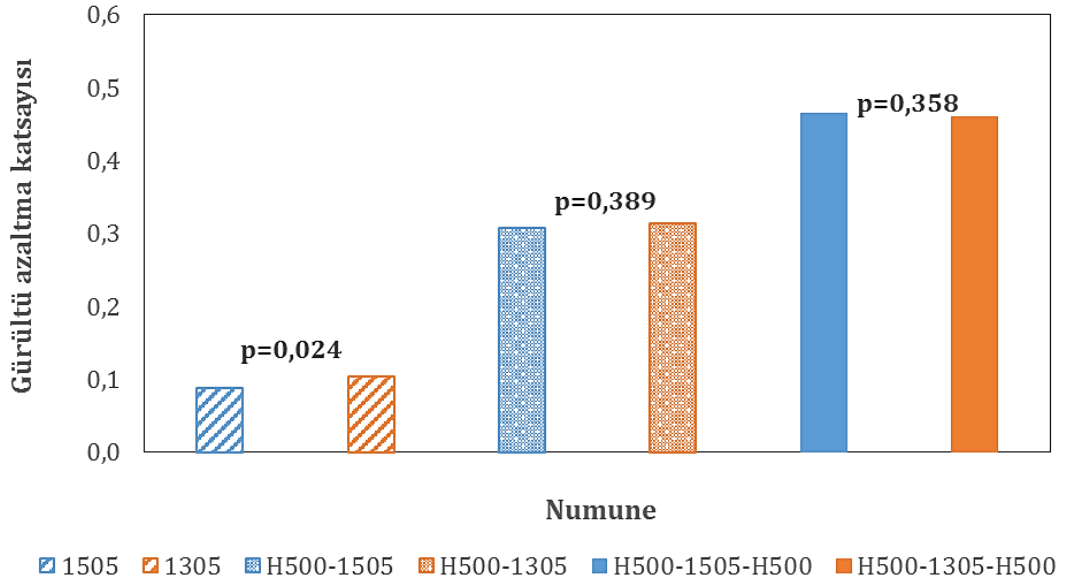
şekil 4.95'te H250-1320-H250 tüm frekans aralıklarında H250-1520-H250'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olurken H250-1320 kodlu numune 630 Hz'ten sonra H250-1520'den daha yüksek SYK değerleri vermiştir. H250-1320-H250 ve H250-1520-H250 için ölçülen en yüksek SYK değerleri 2500 Hz'te sırasıyla 0,980 ve 0,953 olmuştur. İnce çaplı lifler ile daha iyi SYK değerleri elde edilmiştir.

şekil 4.96, 4.98 ve 4.100'de sırasıyla 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 kodlu, 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 kodlu ve 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri görülmektedir.

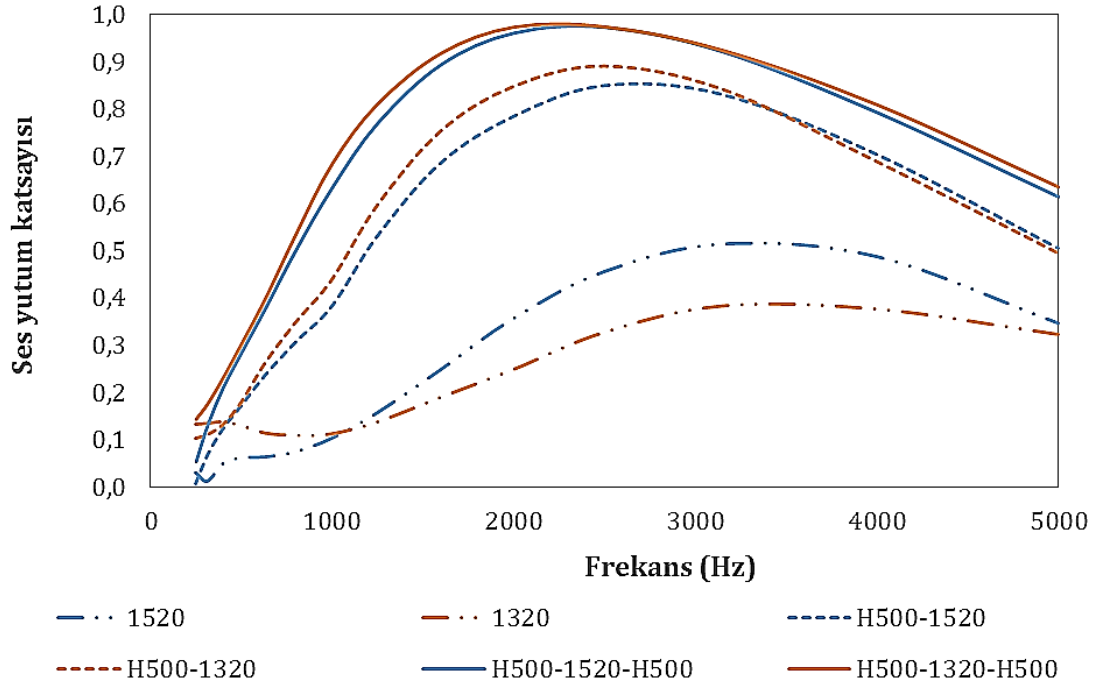
şekil 4.96'da ince liflerin GAK değerleri daha yüksek bulunmuştur. 1520-1320 arasında ($p=0,012$) ve H250-1520-H250 ile H250-1320-H250 arasında ($p=0,066$) anlamlı fark vardır. şekil 4.98'de yine ince nanoliflerin dahil olduğu numunelerin GAK değerleri daha yüksek bulunmuştur. Fakat H500-1520-H500 ile H500-1320-H500 arasındaki fark anlamlı bulunmayıp ($p=0,214$) diğer ikili gruplar arasında anlamlı fark vardır ($p<0,05$).



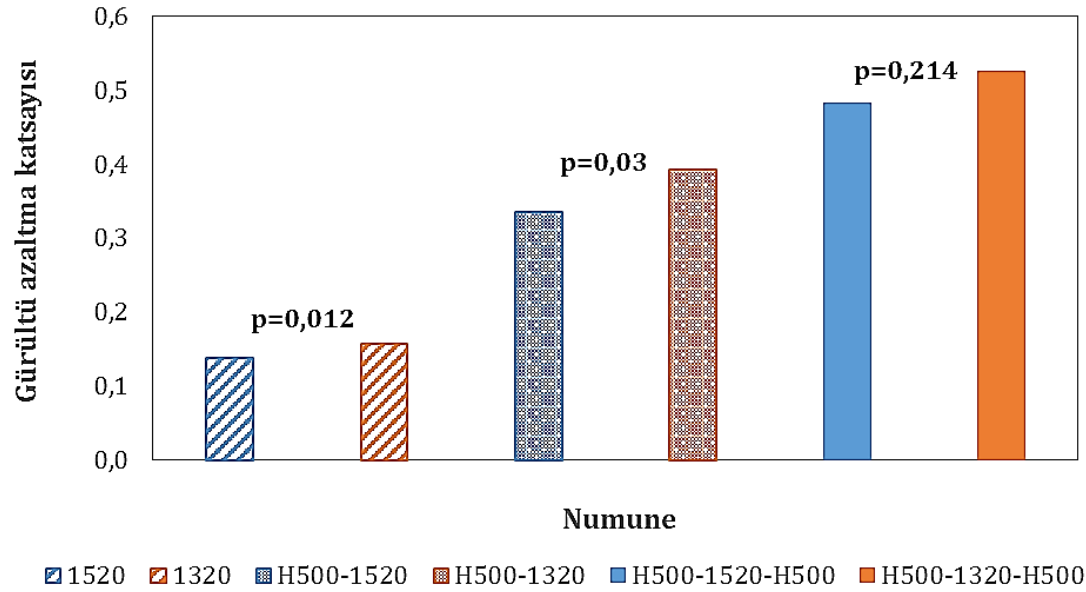
Şekil 4.95. 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



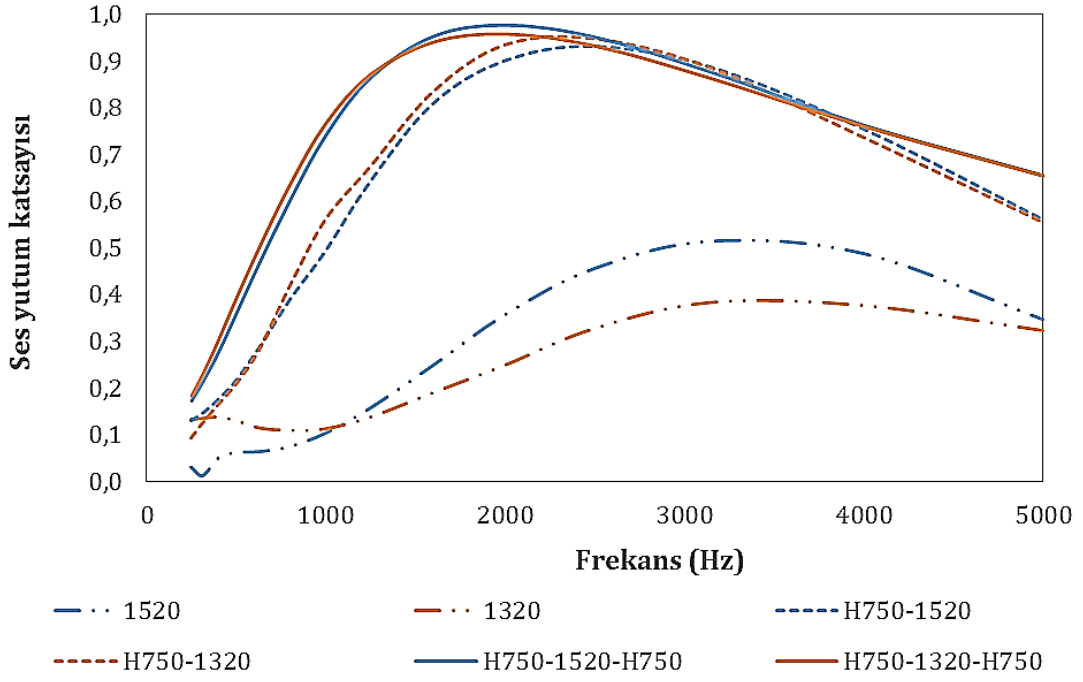
Şekil 4.96. 1520, 1320, H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



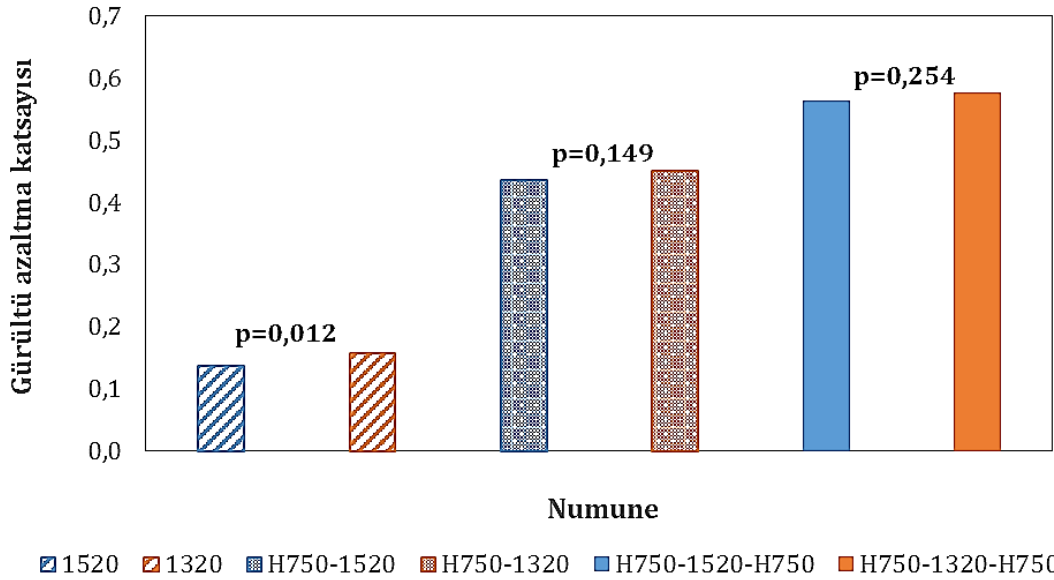
Şekil 4.97. 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.98. 1520, 1320, H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.99. 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



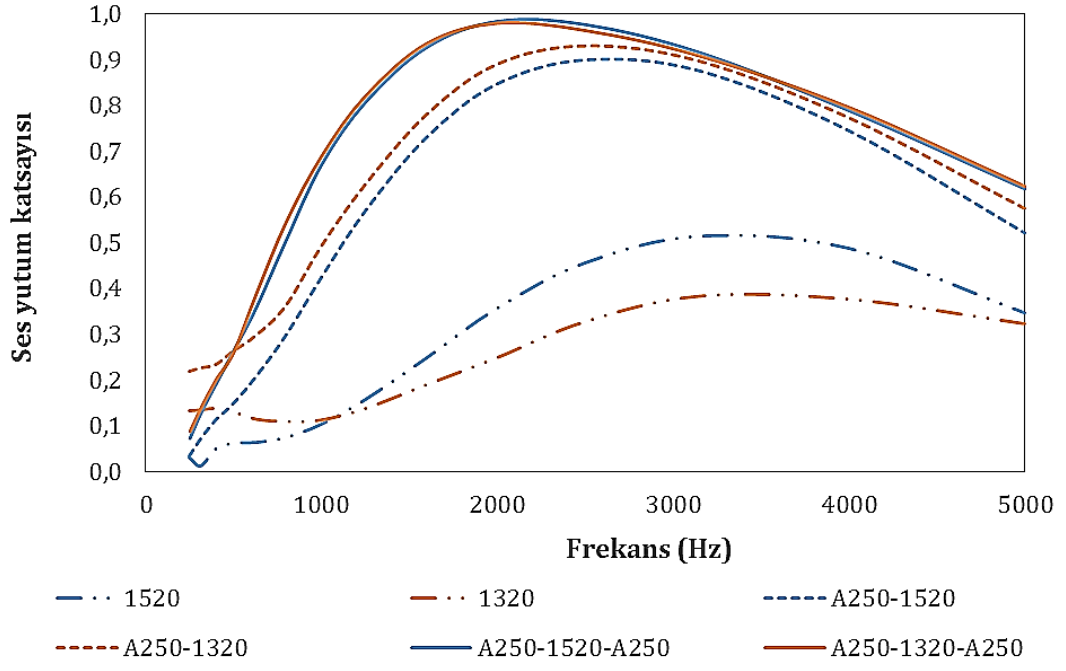
Şekil 4.100. 1520, 1320, H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

Şekil 4.101, 4.103 ve 4.105'te sırasıyla 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 kodlu, 1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 kodlu ve 1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir

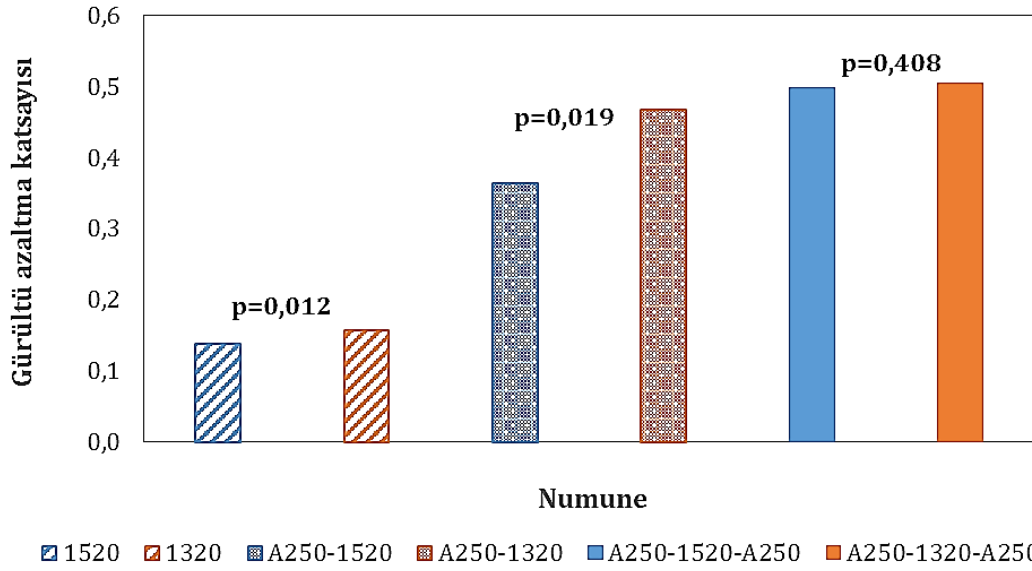
Şekil 4.101'de A250-1320 tüm frekans aralıklarında A250-1520'den daha yüksek SYK değerlerine sahiptir. Her ikisinin de en yüksek SYK değerleri 2500 Hz frekansında sırasıyla 0,929 ve 0,898 olarak ölçülmüştür. A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 için en yüksek SYK değerleri 2000 Hz'te sırasıyla 0,983 ve 0,979 olarak ölçülmüş olup ölçümlerden genelde tüm frekanslar için birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir. Şekil 4.103'te 1500 Hz'ten sonra A500-1320-A500'ün SYK değerleri A500-1520-A500'den daha düşük bulunmuştur. 400 Hz'e kadar ve 1000-1500 Hz arasında ise ince lifli olan sandviç yapının (A500-1320-A500) SYK değerleri daha yüksektir. Şekil 4.105'te 1000 Hz'ten sonra A1000-1320-A1000 kodlu sandviç yapının SYK değerleri A1000-1520-A1000'den (kalın lifli) belirgin olarak daha yüksek ölçülmüştür.

Şekil 4.102, 4.104 ve 4.106'da sırasıyla 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 kodlu, 1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 kodlu ve 1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir.

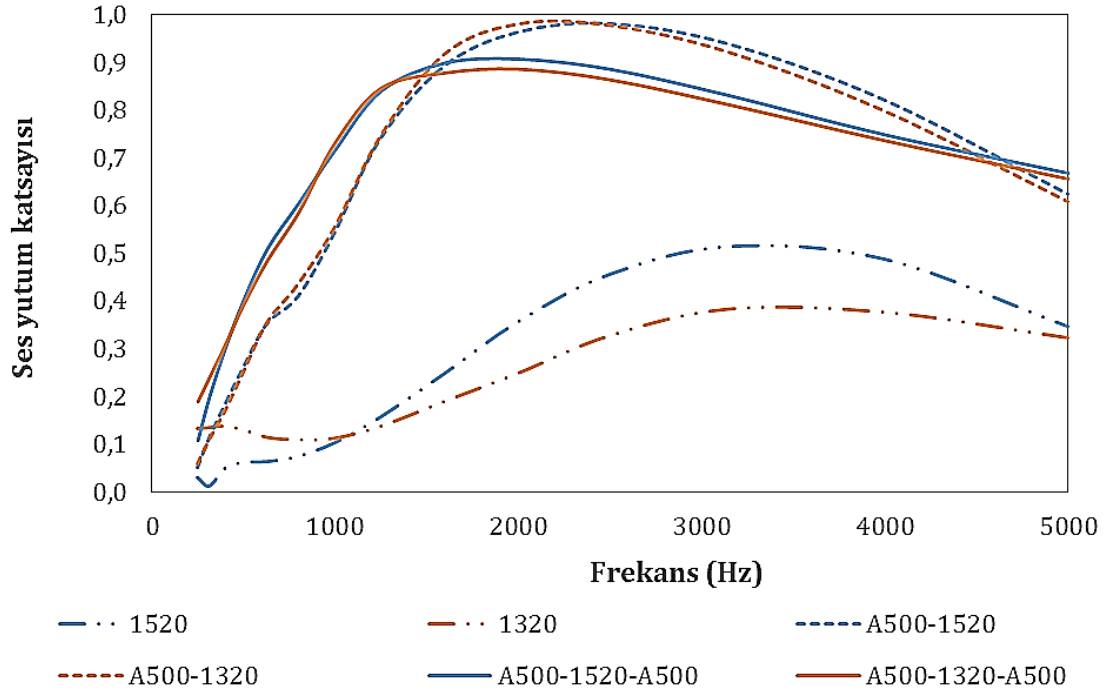
Şekil 4.102'de GAK değerleri A250-1520 ve A250-1320 için sırasıyla 0,466 ve 0,363 hesaplanmış olup aralarındaki fark anlamlıdır ($p=0,019$). Şekil 4.104'te A500-1520 ve A500-1320'nin GAK değerleri sırasıyla 0,461 ve 0,454 olup aralarında anlamlı fark yoktur ($p=0,725$). A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 arasındaki fark ise anlamlıdır ($p=0,062$) ve GAK değerleri sırasıyla 0,549 ve 0,533 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.106'da yine ince lifli numunelerin GAK değerleri daha yüksek olup A1000-1520 ve A1000-1320 arasındaki fark anlamlıdır ($p=0,025$).



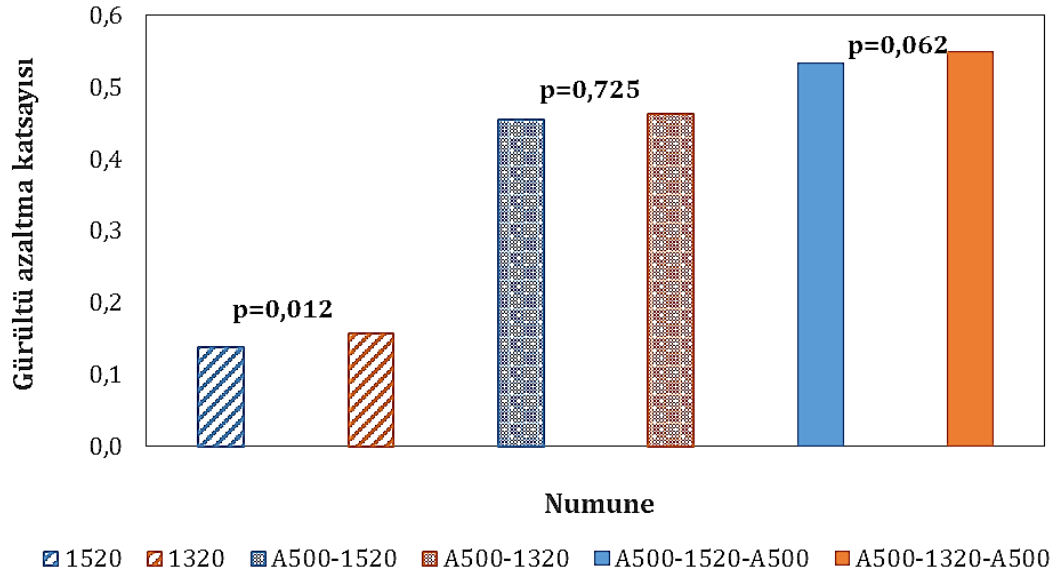
Şekil 4.101. 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



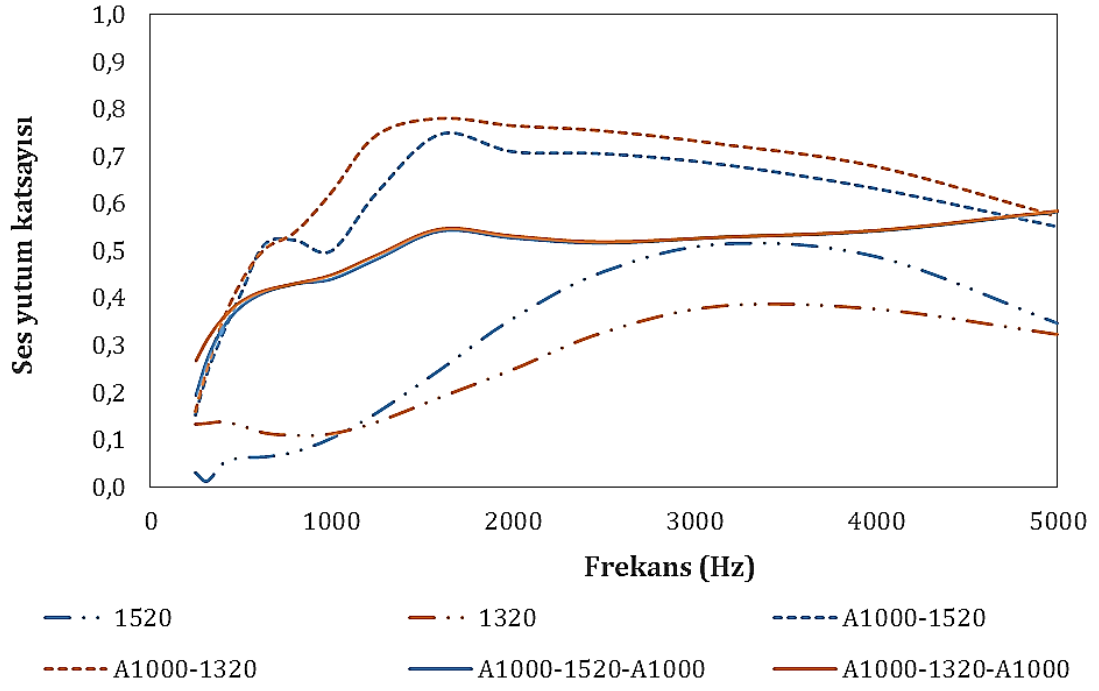
Şekil 4.102. 1520, 1320, A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



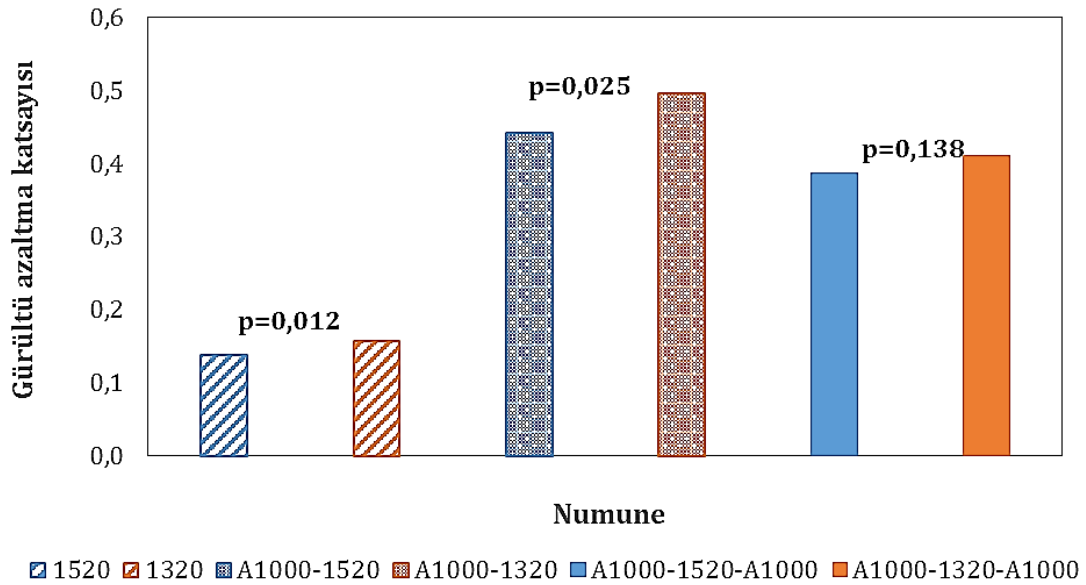
Şekil 4.103. 1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.104. 1520, 1320, A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.105. 1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.106. 1520, 1320, A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.4.2.3. Nanolif çapının 60 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarında ses yutumuna etkisi

şekil 4.107, 4.109 ve 4.111'de sırasıyla 1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 kodlu, 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 kodlu ve 1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir. şekillerde 5 ve 20 dakikalık nanolif takviyeli kompozitlerden farklı olarak SYK eğrilerinin şeklinin ince ve kalın lifler için birbirlerinden daha farklı bir davranış sergilediği görülmektedir.

şekil 4.107'de H250-1560, H250-1360 ve kodlu numuneler için en yüksek SYK değerleri 2000 Hz'te sırasıyla 0,946, 0,871 ve 0,911, H250-1360-H250 için ise 1600 Hz'te 0,893 olmuştur. H250-1560 ve H250-1360 kıyaslamasında numunelerin aynı frekansta pik yaptığını ve kalın lif takviyeli yapının (H250-1505) daha yüksek SYK değerinde olduğu görülmektedir. H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 kıyaslamasında ise ince lif takviyeli sandviç daha düşük frekansta pik yapmıştır. H250-1560-H250 (kalın lif takviyeli sandviç) ince lif takviyeli numunenin pik yaptığı frekans olan 1600 Hz'te ondan daha düşük bir değer ile 0,889 SYK değerini vermiştir. Ses yutumunda hem membran kalınlığı hem de nanolif çapı etkili olduğu için bu sonuçlar literatürle de uyumludur.

şekil 4.109'da H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 kodlu kompozitlerin 1600 Hz'te maksimum SYK değerleri sırasıyla 0,891, 0,905, 0,790 ve 0,833 olarak ölçülmüştür. Sandviç kompozitlerin (H500-1560-H500 ve H500-1360-H500) maksimum SYK değerlerinin nanolif takviyeli dokusuz yüzeylerden (H500-1560, H500-1360) daha düşük olduğu ve her iki grupta da ince nanolif takviyeli kompozitlerin SYK değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

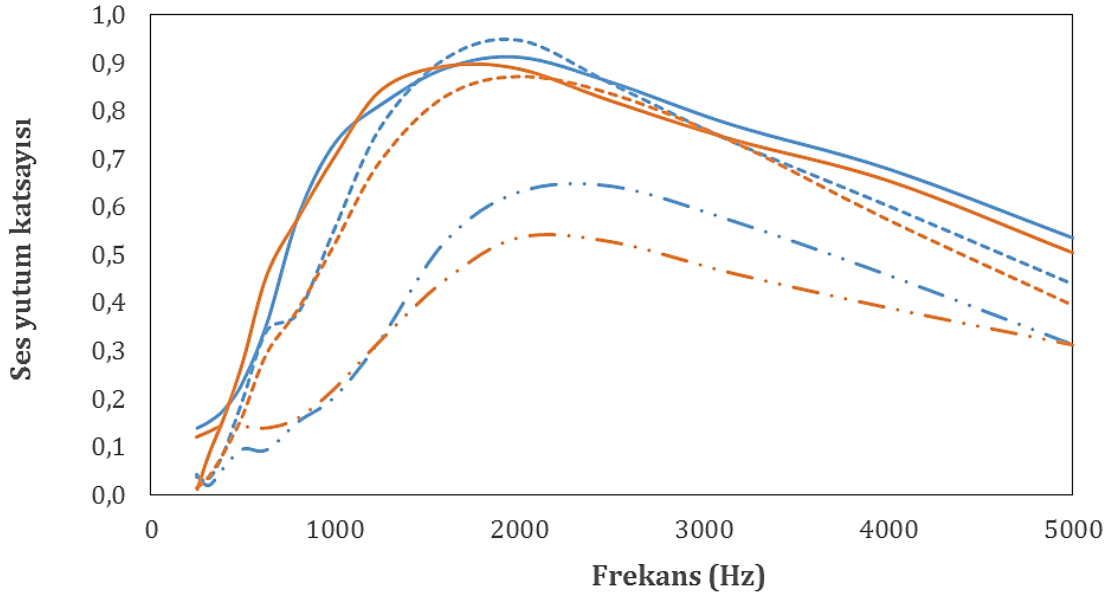
şekil 4.111'de H750-1560 ve H750-1360'nin en yüksek SYK değerleri 2000 Hz'te sırasıyla 0,852 ve 0,910, H750-1560-H750'ın 1000 Hz'te 0,797 ve H750-1360-H750 kodlu sandviç yapılı numunenin 1250 Hz'te 0,804 olarak

ölçülmüştür. Maksimum değerlerden sonra tüm numuneler için SYK değerlerinin giderek düştüğü görülmektedir.

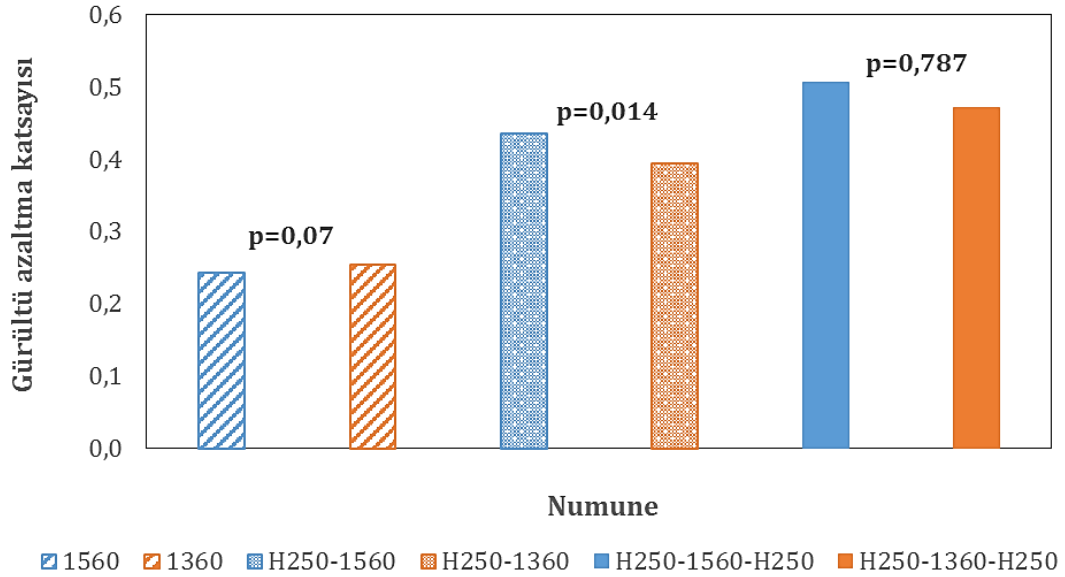
Şekil 4.108, 4.110 ve 4.112'de sırasıyla 1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 kodlu, 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 kodlu ve 1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri görülmektedir.

Şekil 4.108'de H250-1560 ve H250-1360 GAK değerleri sırasıyla 0,435 ve 0,94 olup aralarındaki fark anlamlı ($p=0,014$) iken H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 GAK değerleri sırasıyla 0,498 ve 0,471 olup farkları anlamsızdır ($p=0,787$).

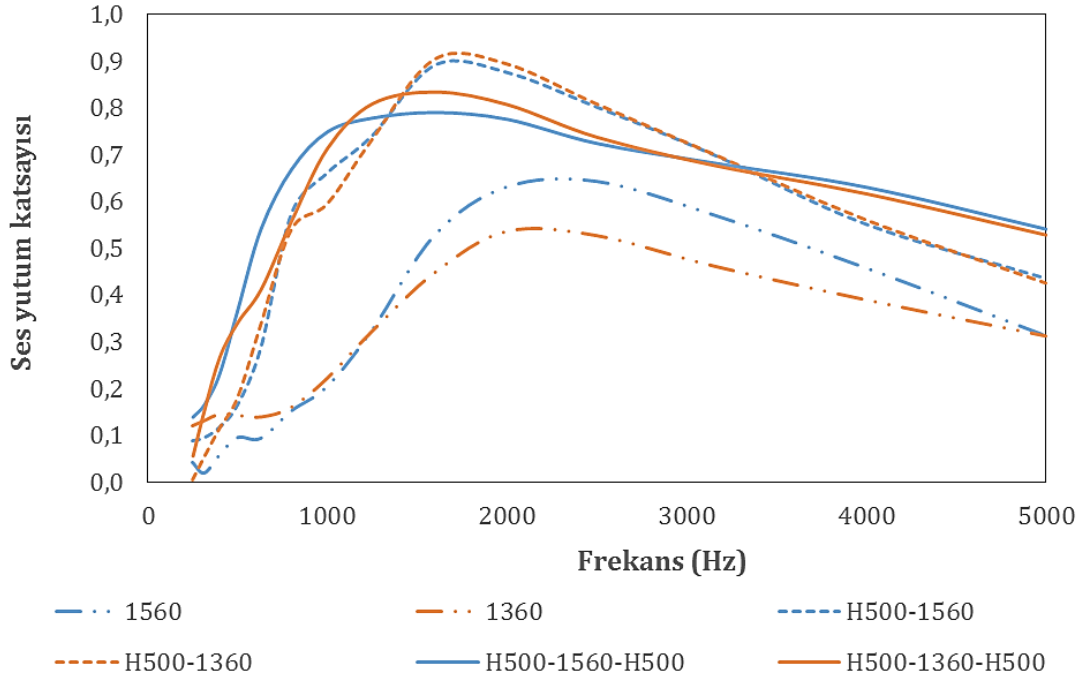
Şekil 4.110'da H500-1560 ve H500-1360 arasında; H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,144$ ve $p=0,464$). Şekil 4.112'de yine numune grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.



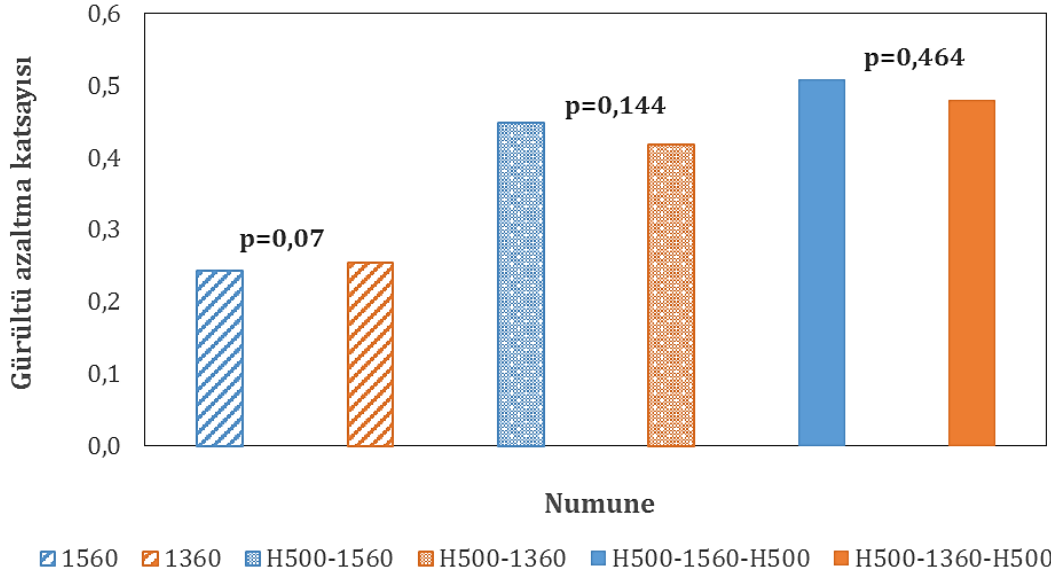
Şekil 4.107. 1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutum katsayısı değerleri



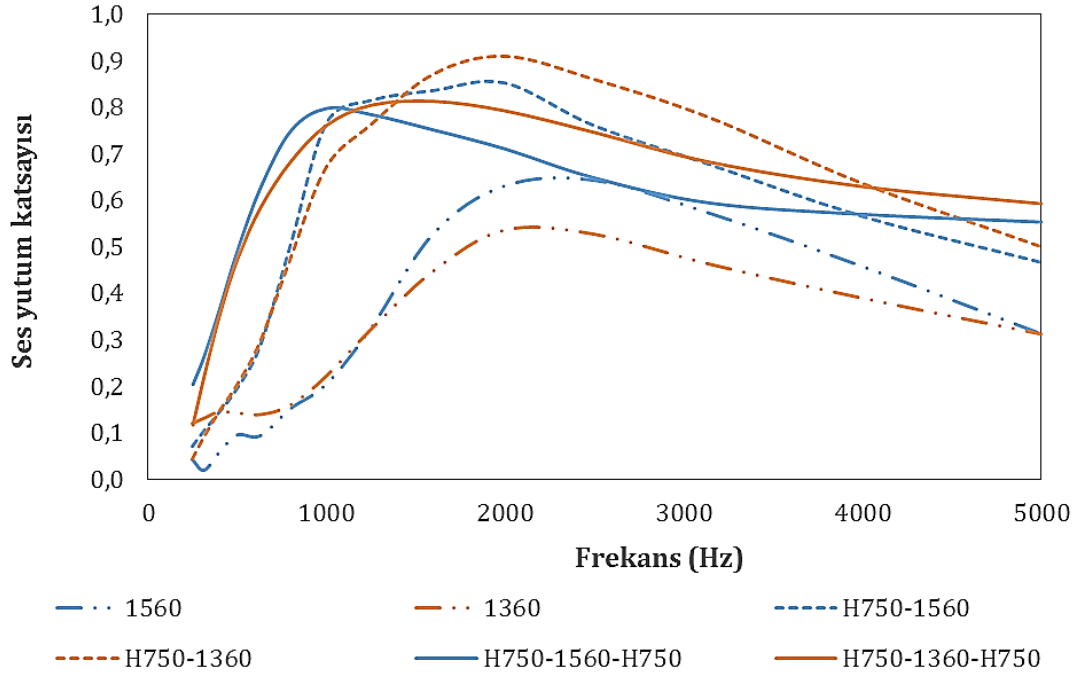
Şekil 4.108. 1560, 1360, H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



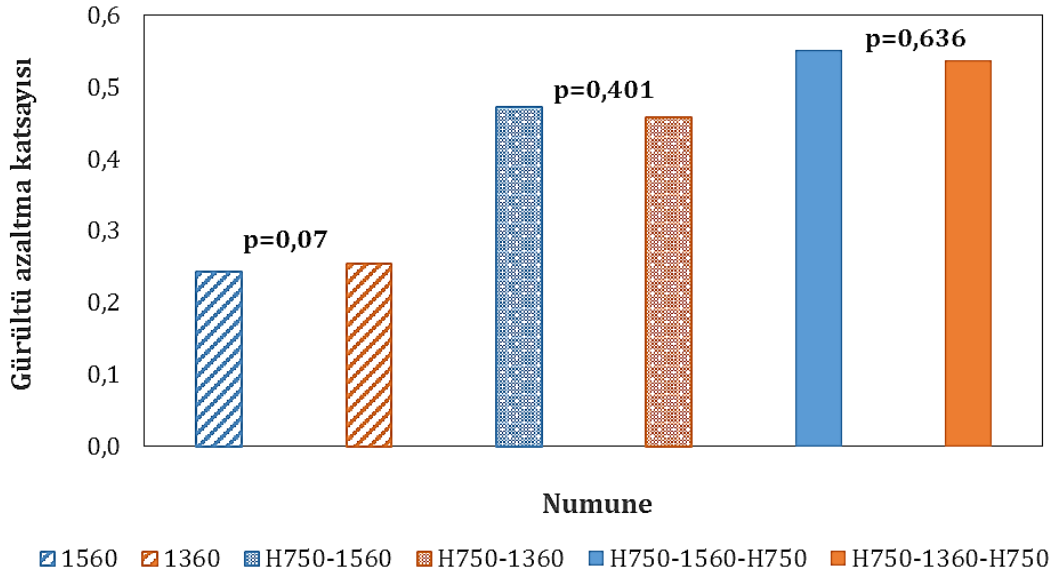
Şekil 4.109. 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.110. 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.111. 1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait farklı frekanslarda ses yutüm katsayısı değerleri



Şekil 4.112. 1560, 1360, H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.113, 4.115 ve 4.117'de sırasıyla 1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 kodlu, 1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 kodlu ve 1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir. Bu şekillerde de H kodlu kompozit numunelerde olduğu gibi SYK eğrilerinin birbirlerinden ve 5 ve 20 dakikalık olanlardan daha farklı karakterde oldukları görülmektedir.

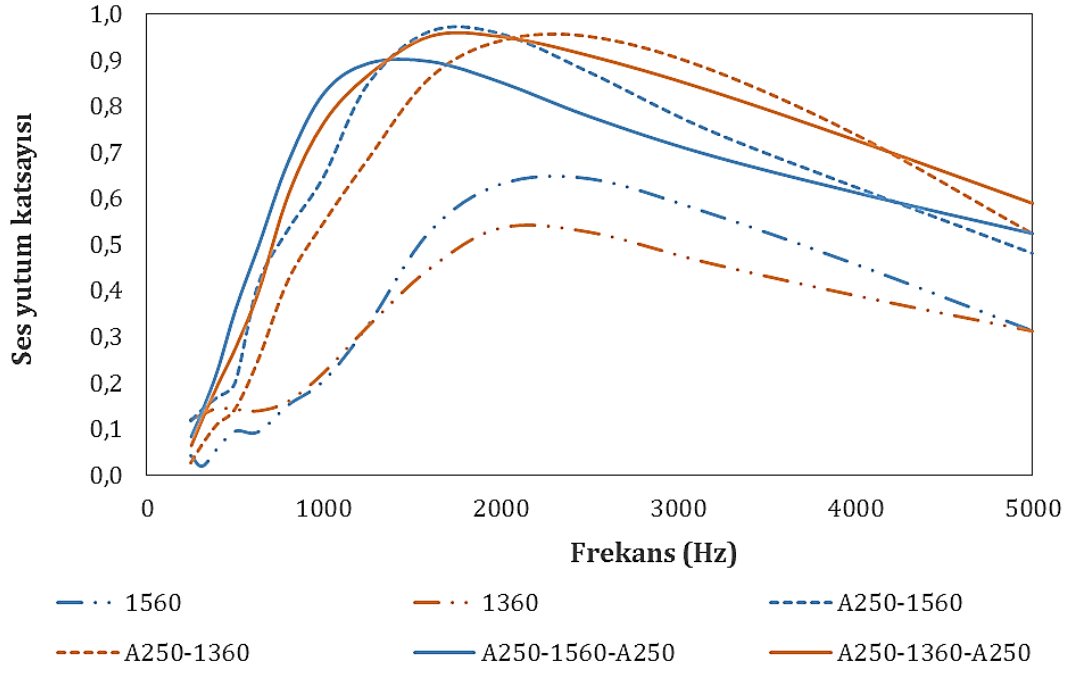
Şekil 4.113'te maksimum SYK değerleri A250-1560 için 1600 Hz'te 0,952, A250-1360 için 2000 Hz'te 0,943, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 için 1600 Hz'te sırasıyla 0,896 ve 0,952 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.115'te en yüksek SYK değerleri A500-1560 ve A500-1360 için 1600 Hz'te sırasıyla 0,913 ve 0,951 olarak, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 için ise 1250 Hz'te yine sırasıyla 0,779 ve 0,738 olarak ölçülmüştür. Şekilden SYK değerlerinin frekans aralıklarının çoğunda A250 kodlu kompozit numunelerden (Şekil) daha düşük olduğu görülmektedir.

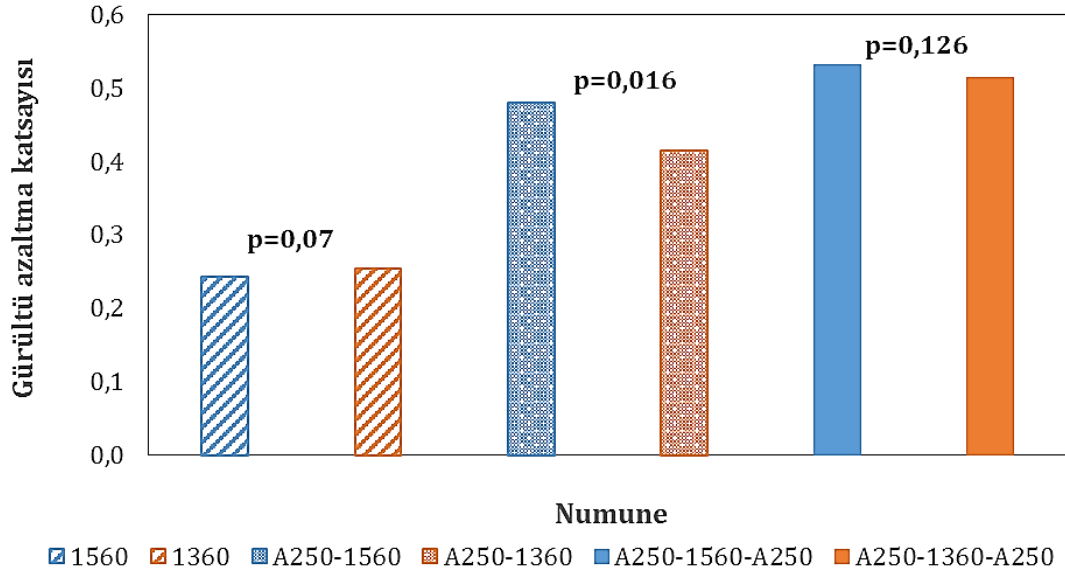
Şekil 4.117'de en yüksek SYK değerleri A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu kompozitler için 1600 Hz'te sırasıyla 0,730, 0,740, 0,465 ve 0,469 olarak ölçülmüştür. İnce nanolifillerin 1600 Hz'teki maksimum SYK değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.114, 4.116 ve 4.118'de sırasıyla 1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 kodlu, 1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 kodlu ve 1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu numunelere GAK değerleri verilmiştir.

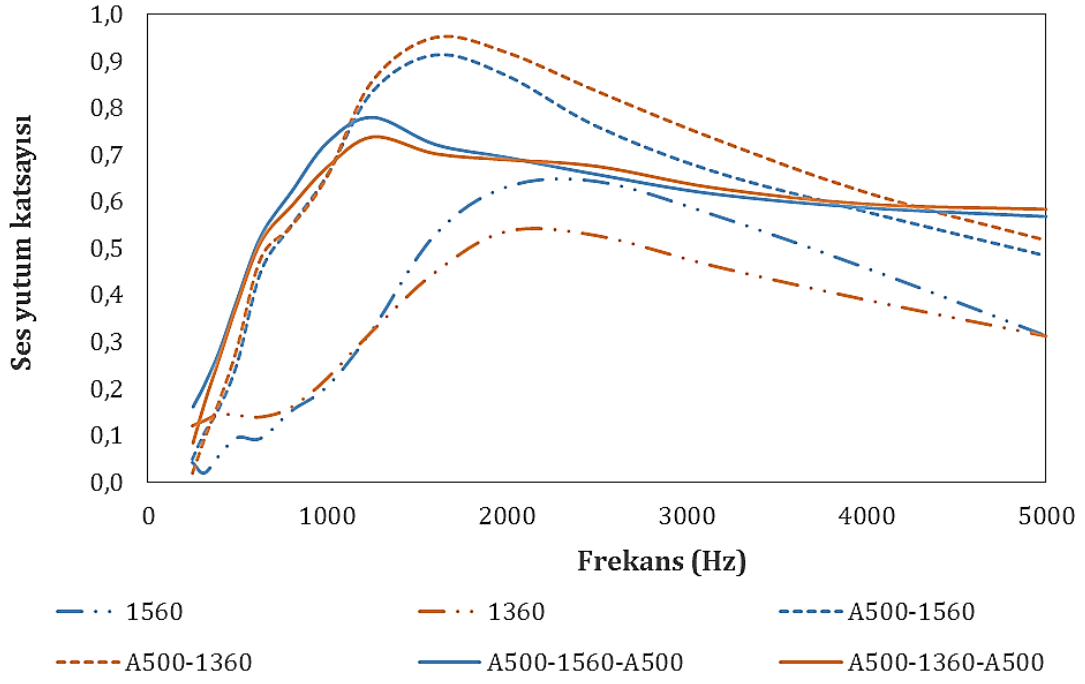
Şekil 4.114'te A250-1560 ve A250-1360 arasındaki fark anlamlı ($p=0,016$), Şekil 4.116'da A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 arasındaki fark anlamlı ($p=0,090$) ve Şekil 4.118'de A1000-1560-A1000 ile A1000-1360-A1000 arasındaki farklar anlamlı ($p=0,021$) bulunmuştur.



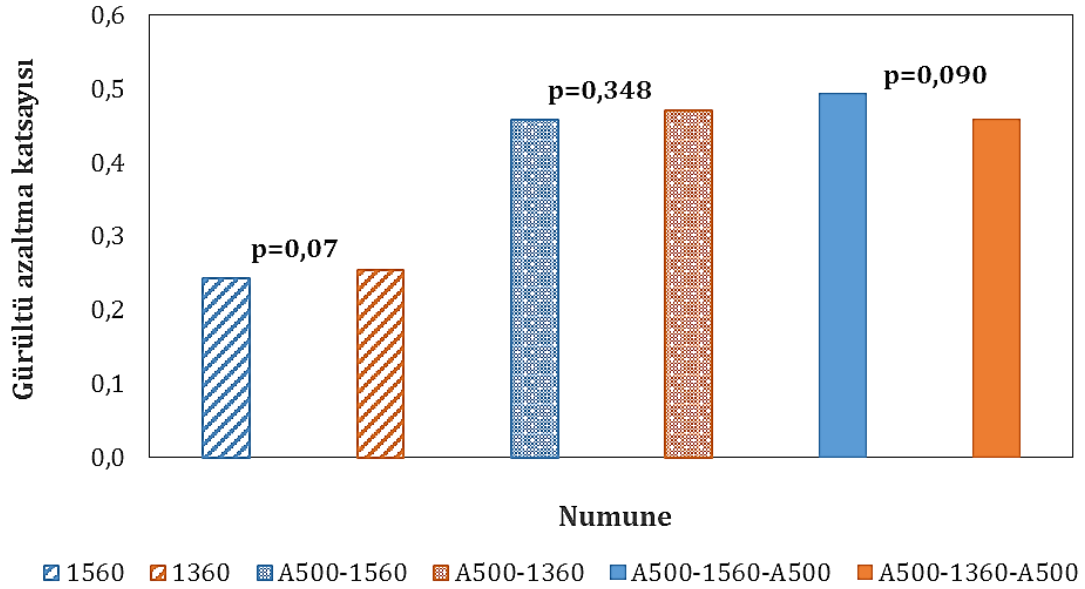
Şekil 4.113. 1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



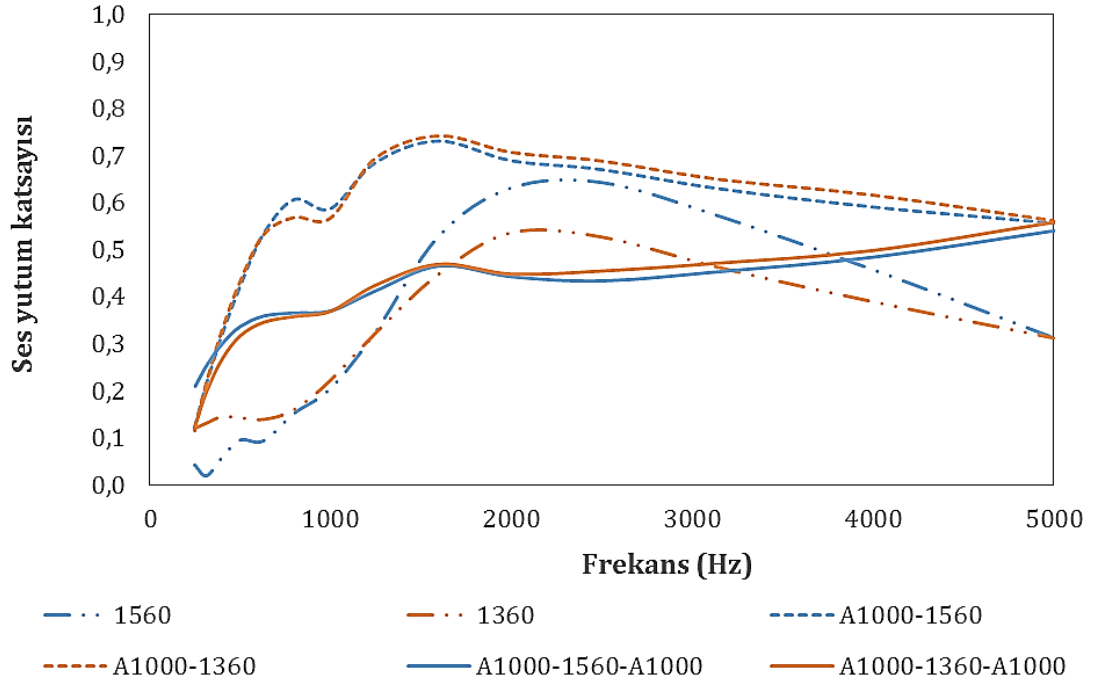
Şekil 4.114. 1560, 1360, A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



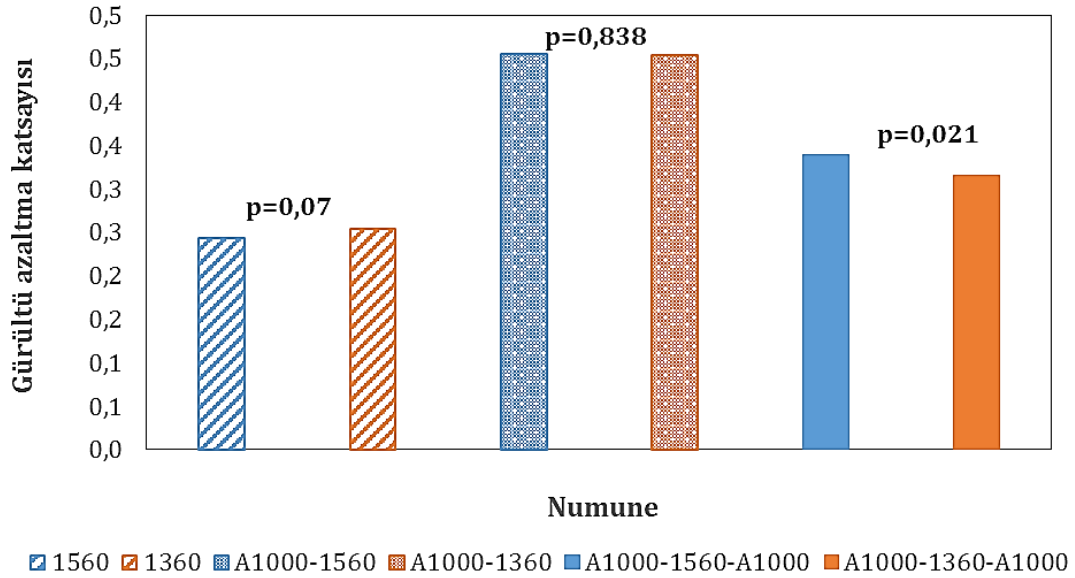
Şekil 4.115. 1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.116. 1560, 1360, A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.117. 1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



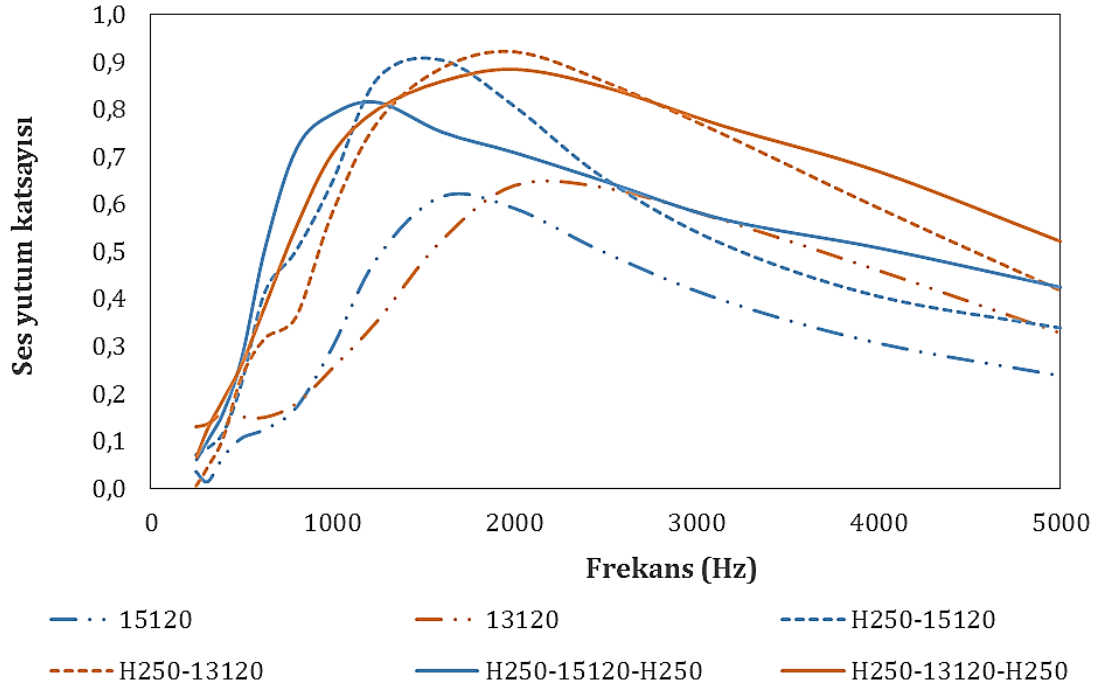
Şekil 4.118. 1560, 1360, A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.4.2.4. Nanolif çapının 120 dakika süre ile üretilmiş nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda ses yutumuna etkisi

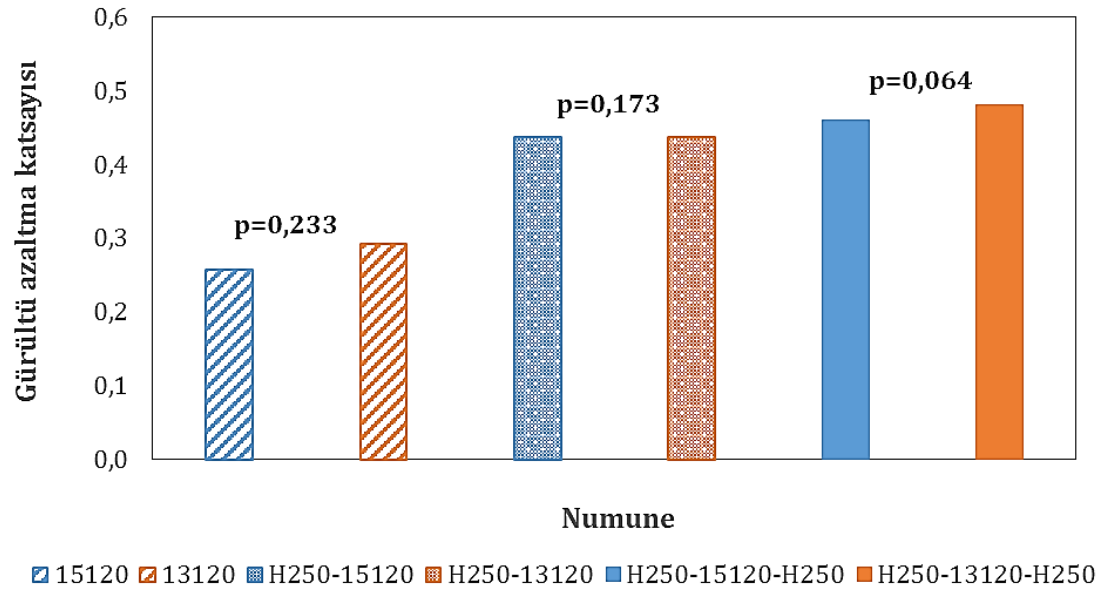
15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 kodlu, 15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve 15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.119, 4.121 ve 4.123'te verilmiştir.

Şekil 4.119'da ince nanolif takviyeli kompozit numunelerin SYK eğrileri altında kalan alanların daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla daha geniş frekans aralığında daha etkili ses yutumu sağlanmaktadır. Fakat kalın nanolif takviyeli olan kompozitler daha düşük frekanslarda eğri altında kalan alanlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.121 ve Şekil 4.123'te aynı durum geçerli olup ince lifli kompozitler daha geniş bir frekans aralığında daha iyi ses yutumu sağlarken kalın lifliler genel olarak 1000 Hz'e kadar olan frekanslarda daha iyi ses yutumu sağladığı görülmektedir.

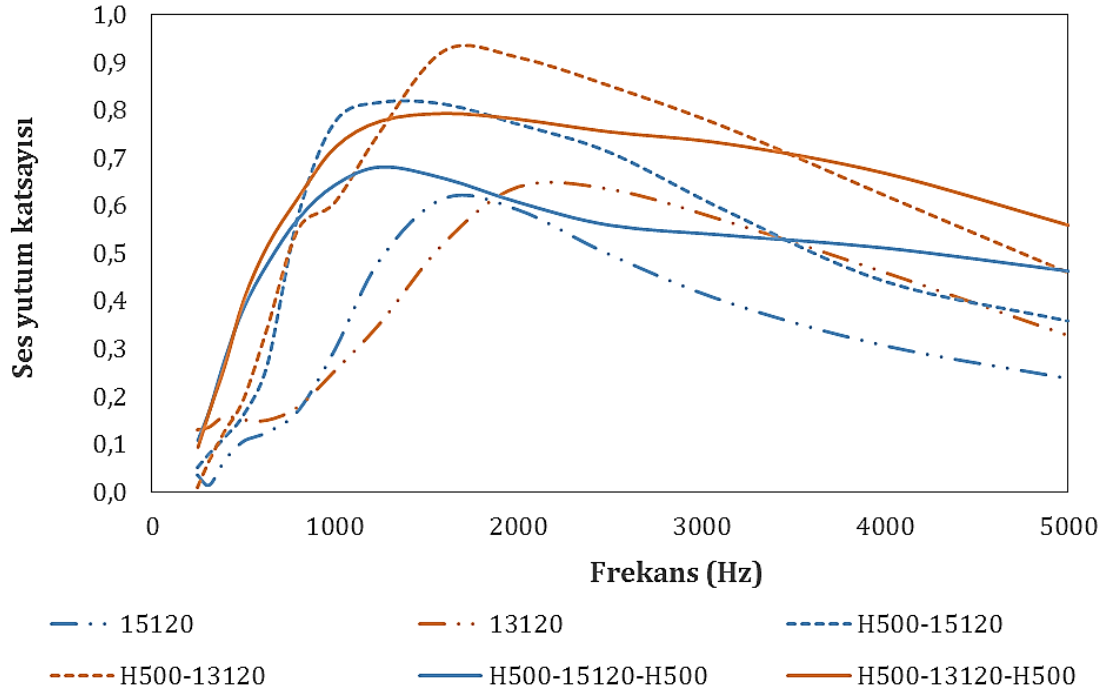
15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 kodlu, 15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve 15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.120, 4.122 ve 4.124'te verilmiştir. Şekillerde ince nanolif takviyeli kompozitlerin GAK değerleri kalın liflilerden biraz daha yüksek bulunmasına rağmen grupların hiçbirisinin arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. 15120 ve 13120 (nanolif membranlar) arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).



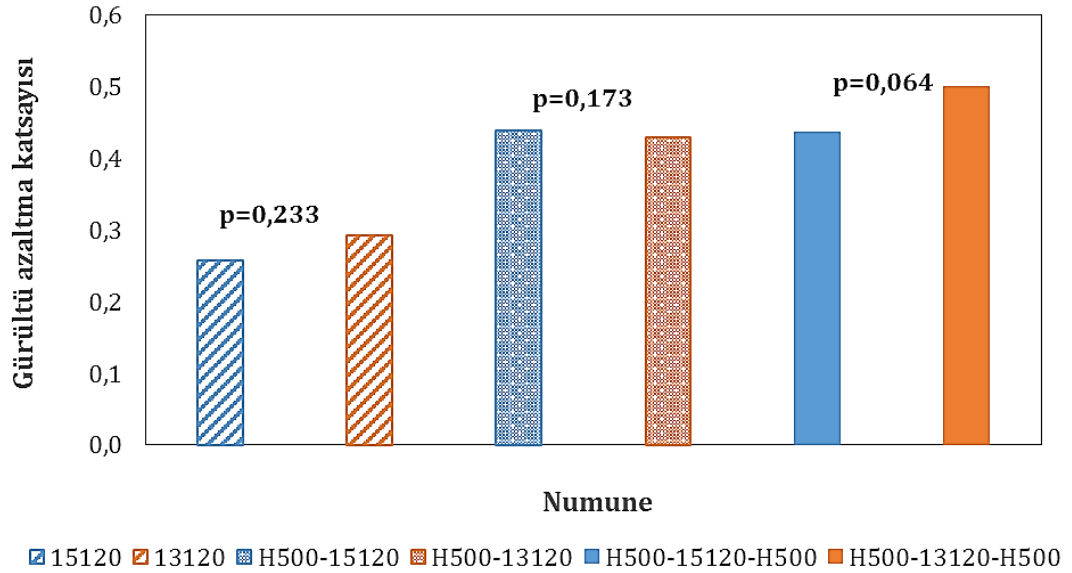
Şekil 4.119. 15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



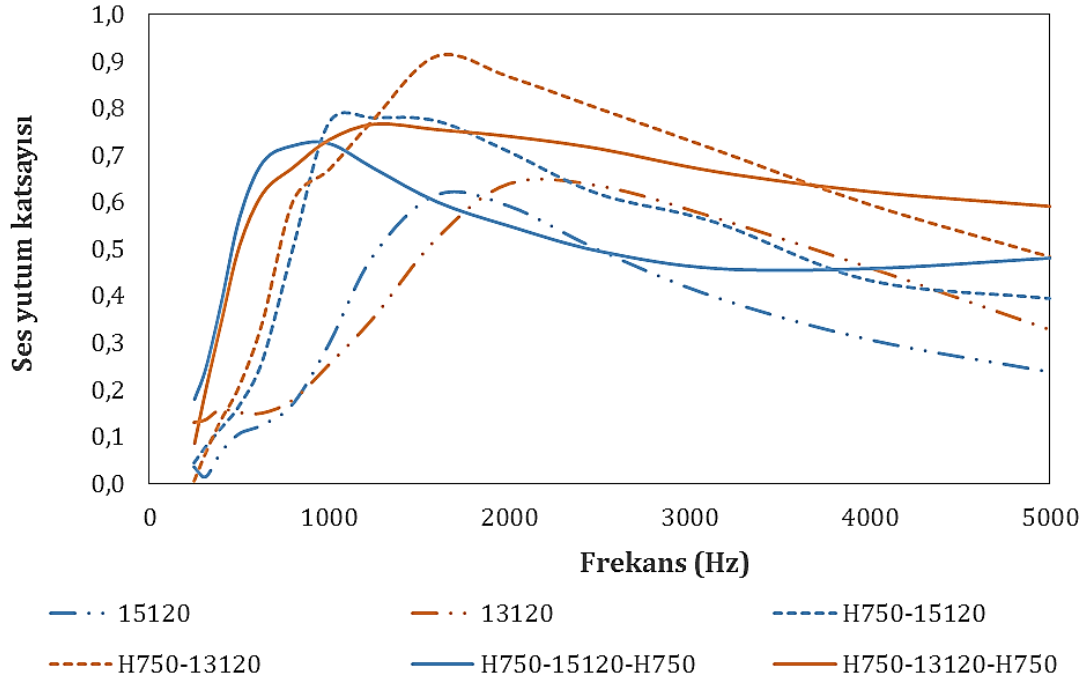
Şekil 4.120. 15120, 13120, H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



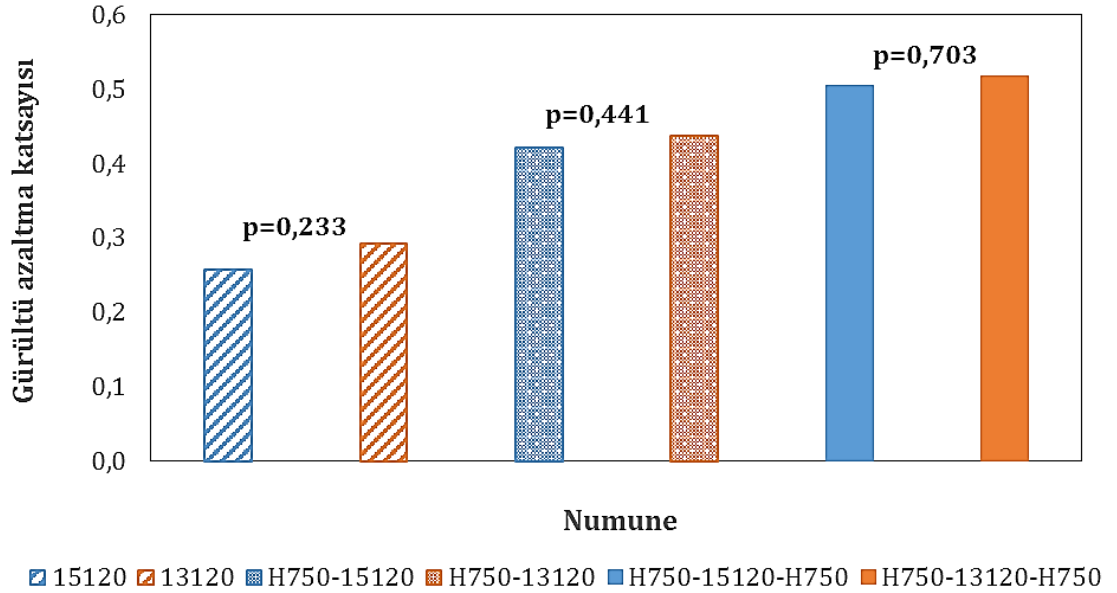
Şekil 4.121. 15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.122. 15120, 13120, H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.123. 15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



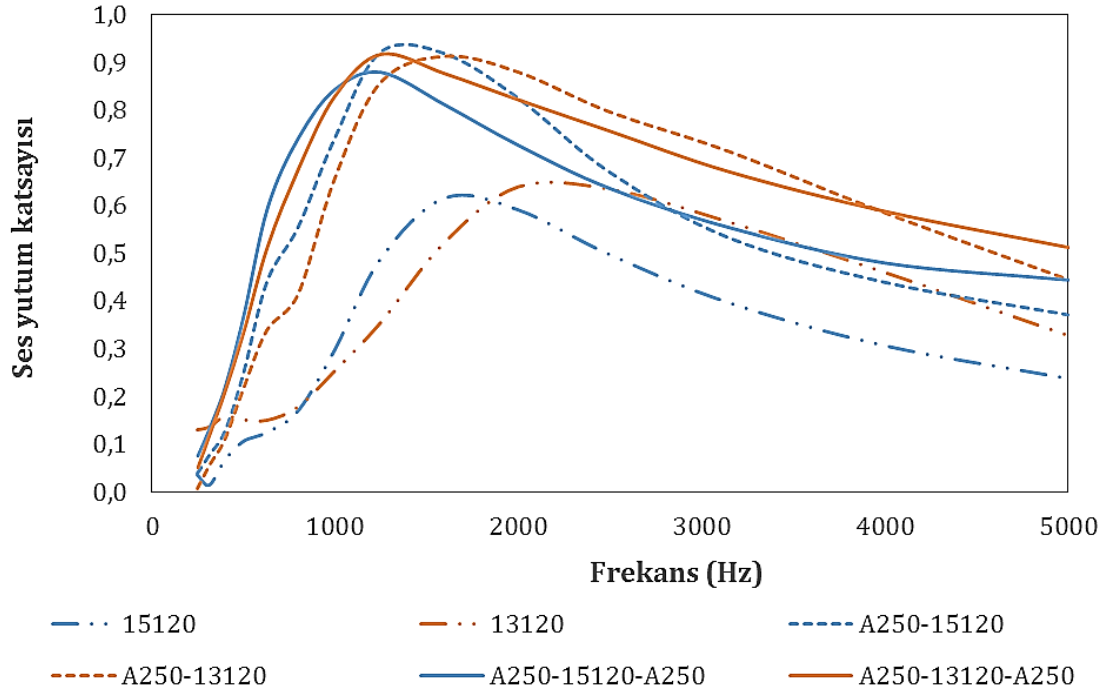
Şekil 4.124. 15120, 13120, H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.125, 4.127 ve 4.129'da sırasıyla 15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 kodlu, 15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve 15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir.

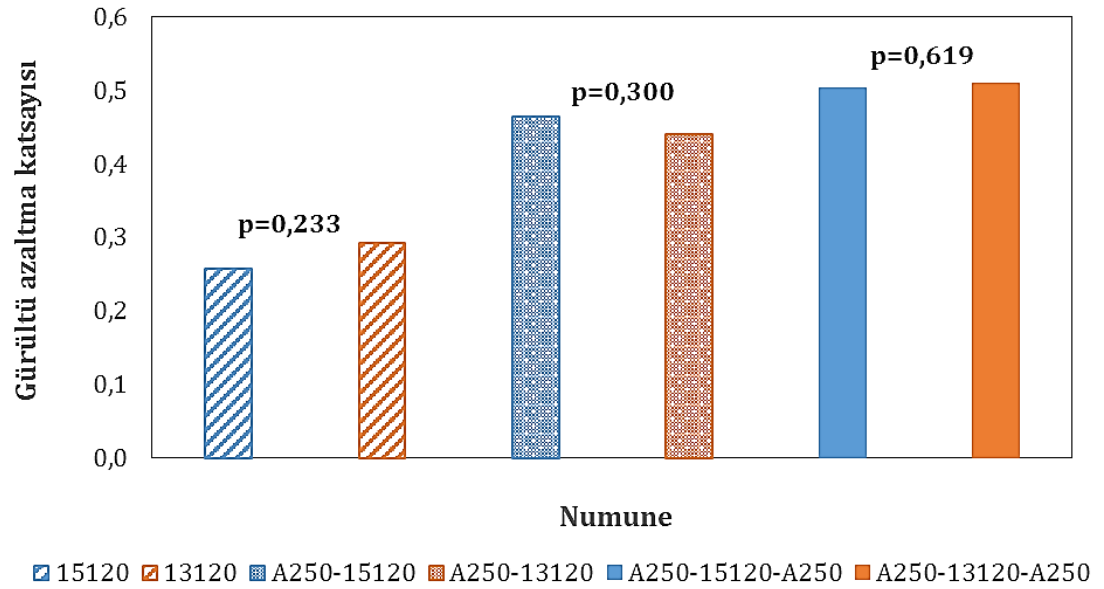
Şekil 4.125'te ince nanolif takviyeli dokusuz yüzey için (A250-13120) 2000 Hz'ten sonraki frekanslarda kalın nanolif takviyeliden (A250-15120) daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. 2000 Hz'e kadar ise kalın nanolifli olanın SYK değerlerinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Sandviç yapılı kompozit numunelerde ise; 1000 Hz'e kadar kalın nanolifli numune (A250-15120-A250) daha yüksek SYK değerlerine sahip iken 1000 Hz'ten sonra ince nanolifli olan (A250-13120-A250) daha iyi ses yutumu sağlamaktadır. Benzer durum Şekil 4.127 için de geçerli olup bu geçiş nanolif takviyeli dokusuz yüzey kompozitler için daha düşük frekansta başlamaktadır. A500-15120 (kalın nanolifli) numunesi için 800 Hz'e kadar daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. Sandviç yapılı olan kompozitler için ise A250 kodlu sandviçlerde olduğu gibi eşik frekans 1000 Hz'tir. Eşik frekanslar daha da düşmekle birlikte benzer tartışma Şekil 4.129 için de yapılabilir. Şekilde sandviç yapılı kompozitlerin SYK eğrileri birbirine çok benzediği görülmektedir.

Şekil 4.126, 4.128 ve 4.130'da sırasıyla 15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 kodlu, 15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve 15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu numunelere ait GAK verilmiştir.

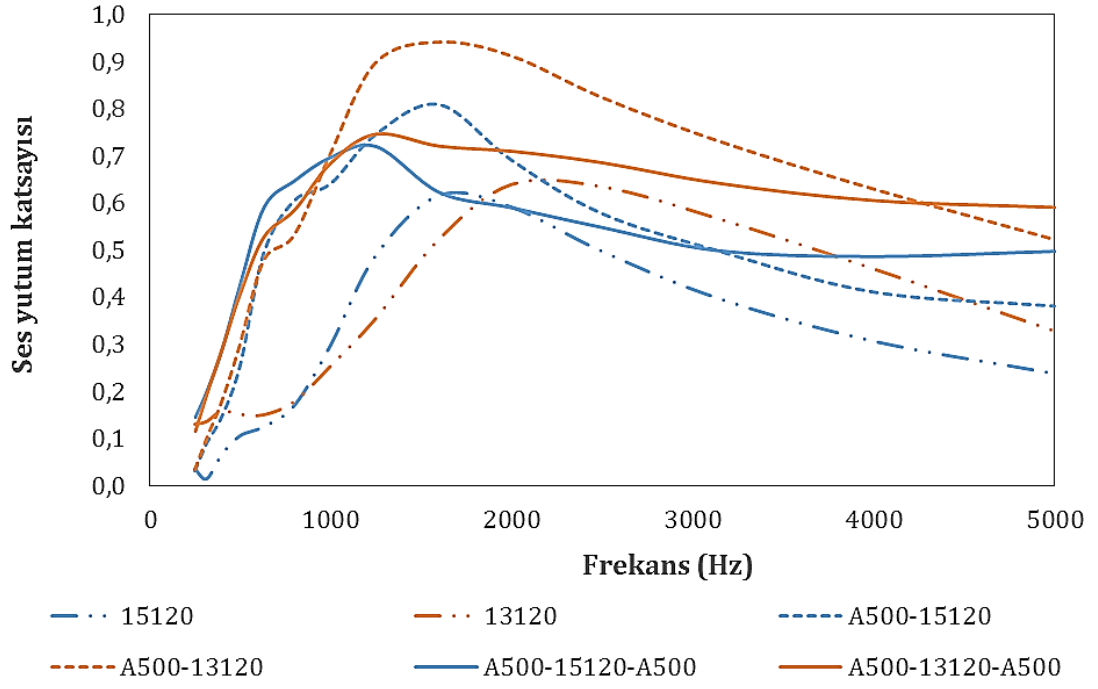
Şekil 4.126'da kompozit numune grupları arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). Şekil 4.128 ve 4.130'da ise sırasıyla sadece A500-15120-A500 ile A500-13120-A500 ve A1000-15120 ile A1000-13120 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (sırasıyla $p=0,002$ ve $p=0,026$).



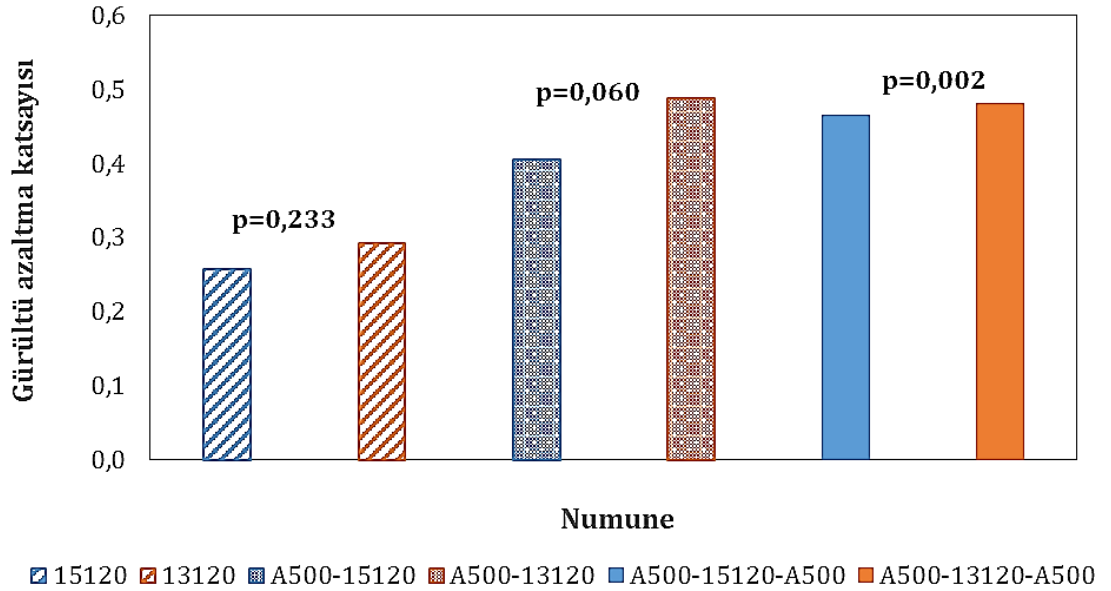
Şekil 4.125. 15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



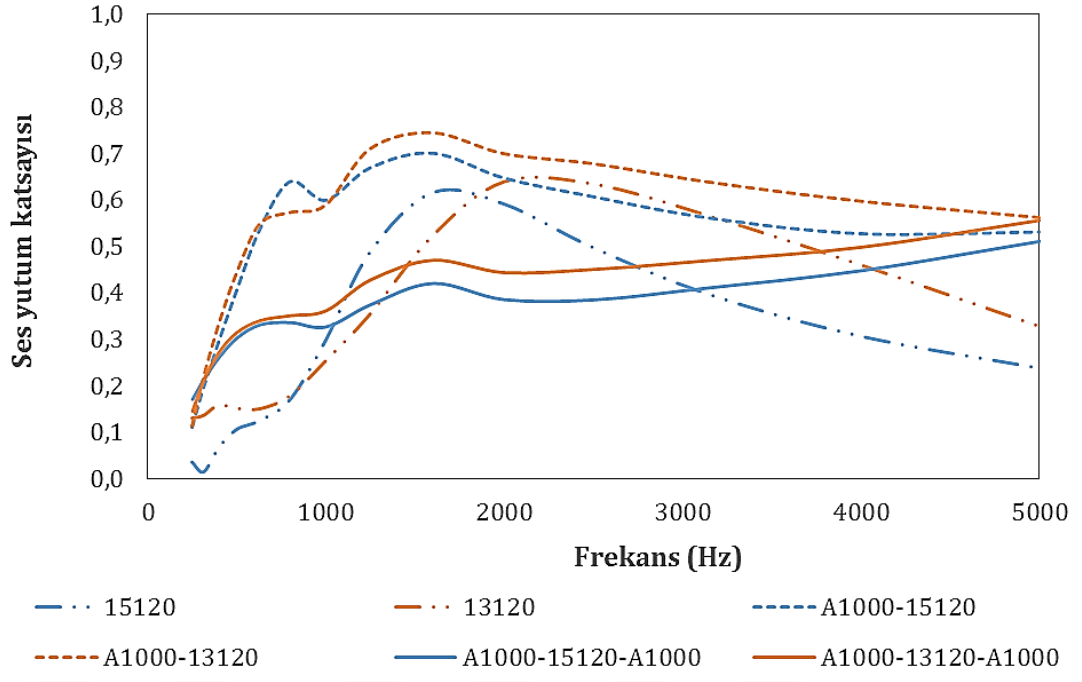
Şekil 4.126. 15120, 13120, A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



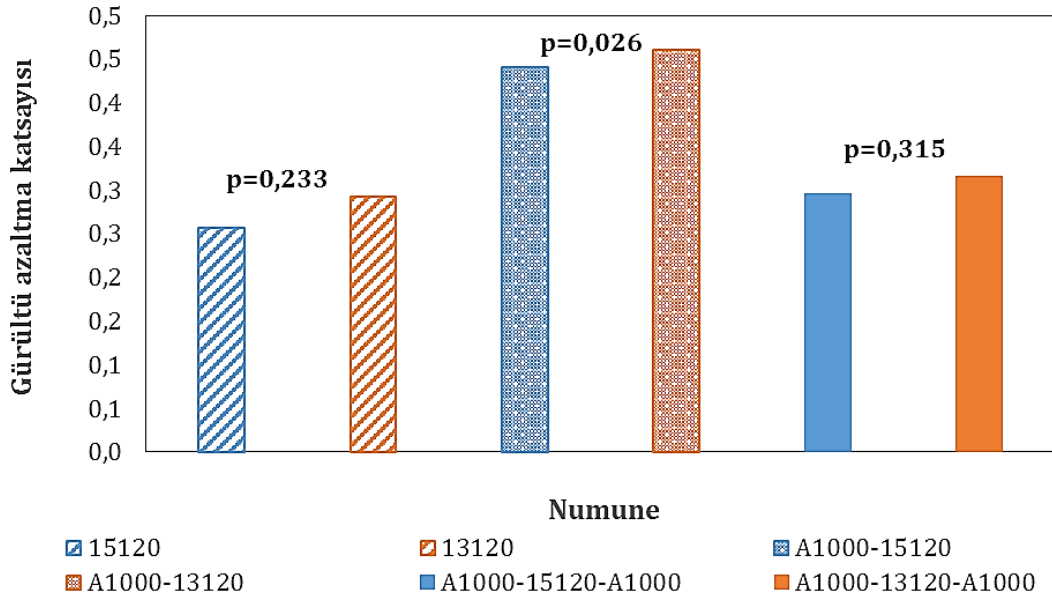
Şekil 4.127. 15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.128. 15120, 13120, A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.129. 15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.130. 15120, 13120, A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5. Malzeme yapısının ses yutumuna etkisi

Tez çalışması kapsamında üretilmiş olan beş farklı malzeme yapısı (nanolif membran, tek katlı dokusuz yüzey, nanolif takviyeli dokusuz yüzey, iki katlı dokusuz yüzey ve nanolif membran takviyeli sandviç yapı) birlikte görülecek şekilde, her nanolif membran toplama süresi ve destek dokusuz yüzey bazında ayrı incelenmiştir. Nano membran takviyesinin katkısının daha net görülebilmesi için grafiklerde nano membran, tek katlı dokusuz yüzey ve iki katlı dokusuz yüzeylere ait SYK ve GAK değerleri nanolif membran takviye edilmiş yapılarla birlikte verilmiştir. Daha önceki bölümlerdeki tartışma sistematığına uygunluk açısından önce % 13 PU çözeltisinden 5 dakika süre ile toplanan nanolif membranlara ait H kodlu dokusuz yüzeyleri içeren numuneler, arkasından A kodlu dokusuz yüzeyleri içeren numuneler tartışılmıştır. Daha sonra aynı numune gruplarının % 15 PU çözeltisinden 5 dakika süre ile toplanan nanolif membranlara ait H ve A kodlu numune grupları tartışılmıştır. Daha sonra sırasıyla 20, 60 ve 120 dakikalık nanolif membran takviyelerinin yapıldığı numunelerin tartışmaları yapılmıştır.

Nanolif membranların takviye edilmesi ile tek katlı dokusuz yüzey ve iki katlı dokusuz yüzeylerin GAK değerlerinde meydana gelen değişimler oransal olarak Çizelge 4.13.'te özet bir tablo ile verilmiştir. Şekilde NTD; nanolif takviye edilen dokusuz yüzey, SY; sandviç yapı (nanolif takviye edilen iki katlı dokusuz yüzey) anlamına gelmektedir. Örneğin;

- H250 ve 1305 hücresindeki NTD'ye karşılık gelen rakam; H250-1305 yapısının GAK değerinin H250'nin GAK değerine oransal farkı (%), bu örnekte 1305 kodlu nanolif takviyesi yapılan H250'nin GAK değerinde % 20,7 artış olduğu anlamına gelmektedir.
- H250 ve 1305 hücresindeki SY'ye karşılık gelen rakam; H250-1305-H250 yapısının GAK değerinin H250H250'nin GAK değerine oransal farkı (%) anlamındadır. Bu örnek için, 1305 kodlu nanolif membran takviye edilen H250H250 numunesinin GAK değerinde % 15,8 artış olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13. Nanolif membran takviyesinin tek katlı dokusuz yüzey ve iki katlı dokusuz yüzeylerin GAK değerlerinde meydana getirdiği değişim (%)

Dokusuz yüzey	Nano membran kodu															
	1305		1505		1320		1520		1360		1560		13120		15120	
	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY	NTD	SY
H250	20,7	15,8	11,7	16,8	58,8	44,5	48,5	26,5	92,0	40,3	111,8	50,3	112,5	42,9	112,9	36,6
H500	17,7	8,8	15,6	9,9	46,9	14,1	26,0	24,3	57,0	13,3	67,9	20,1	61,1	18,1	64,8	3,1
H750	10,7	9,8	9,4	8,0	21,4	11,4	25,3	13,9	27,5	6,2	31,5	9,1	21,4	11,4	17,5	0,0
A250	23,9	11,3	14,1	8,9	57,0	14,2	22,2	12,7	39,7	16,4	61,6	20,2	47,9	15,4	56,0	14,0
A500	4,0	2,2	-0,3	5,1	5,7	1,5	4,1	4,7	7,7	-12,8	4,8	-6,0	11,8	-8,6	-7,2	4,7
A1000	2,9	-2,5	0,7	4,5	2,2	-7,7	-8,9	-2,0	-6,4	-24,6	-6,2	-18,8	-5,0	-24,4	-9,2	-29,2

Genel bir tartışma özeti yapılacak olursa;

- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi için (sırasıyla 1305 ve 1505); 1305 ve 1505 takviyesi ile H250 ve H500 kodlu kompozit yapıların GAK değerlerinde Çizelge 4.13'ten görüldüğü gibi % 8,8-20,7 arasında iyileşmeler olmuştur. Bu artışlar İstatistiksel analizler sonucunda da anlamlı bulunmuştur. H750 kodlu kompozit yapılarda meydana gelen iyileşmeler % 8-10,7 arasında olmasına rağmen anlamlı bulunmamıştır. 1305 ve 1505 takviye edilen A250 kodlu kompozitlerde iyileşme sağlanmış, A1000 sandviç yapılarda (A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000) anlamlı olarak daha düşük GAK değerleri elde edilmiştir. 1305 ve 1505 takviyesinin H kodlu kompozitlerde daha etkili olduğunu söylemek mümkündür. A kodlulardan da sadece A250 üzerinde etkili iyileşme sağlamışlardır.
- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi için (sırasıyla 1320 ve 1520); 1320 kodlu nanolif membran takviyesi ile H250'nin GAK değerinde % 58,8, H250H250'nin GAK değerinde ise % 44,5 artış meydana geldiği görülmektedir. 1520 takviyesiyle bu oranlar biraz daha azalarak sırayla % 48,5 ve 26,5 olmuştur. Daha sonra en fazla artış 1320 takviyesi ile % 27 ve 14,2 ile A250-1320 ve A250-1320-A250'de üçüncü sırada ise % 46,9, 26, 24,3 ve 14,1 ile sırasıyla H500-1320, H500-1520, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500'de meydana gelmiştir. H750'de meydana gelen artışlar % 11,4-25,3 arasında değişirken yine A500'lü kompozit yapılarda en yükseği % 5,7'yi geçmeyen iyileşmeler, A1000'li kompozitlerde ise (A1000-1320 hariç) kötüleşme olmuştur.
- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi için (sırasıyla 1360 ve 1560); En fazla iyileşmeler sırasıyla H250, H500, A250 ve H750 'li kompozit yapılarda görülmüş, A500'ün sandviç yapılarında ve A1000'in tüm yapılarında kötüleşme görülmüştür.
- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi için (sırasıyla 13120 ve 15120); En fazla iyileşme H250'li kompozit yapılarda görülmüştür. Daha sonra H500, A250 ve H750'li kompozit

yapılarda iyileşmeler olmuş, A1000'li yapılarda kötüleşme meydana gelmiştir. Bunun nedeni daha önce sıkışma olarak açıklanmıştır.

Tüm nanolif takviyeleri ile (tüm süreler ve iki konsantrasyon) H250'nin sandviç yapılarında A250'nin sandviç yapılarına göre çok daha belirgin bir iyileşme elde edilmiştir. 5 ve 20 dakikalık üretilen nanolif takviyeleri ile H250 ve A250'de (nanolif takviye edilmiş tek katlı dokusuz yüzey yapı) hemen hemen benzer iyileşme elde edilirken 60 ve 120 dakikalık süre ile toplanan nanolif takviyeleri ile H250 üzerinde meydana gelen iyileşme A250'nin en az iki katı olmuştur. Bunun sebebi H250 kodlu dokusuz yüzeyin A250 kodlu numuneye göre daha düşük akustik rezistansa sahip olmasıdır. Nanolif membranların takviyesi ile yüksek akustik dirence sahip kumaşların tüm frekans aralıklarındaki (düşük, orta ve yüksek) SYK değerlerinde iyileşme meydana gelmektedir fakat düşük akustik rezistansa sahip kumaşlarda düşük ve orta frekans aralıklarında SYK değerlerinde artış görülürken yüksek frekans aralıklarında düşüş meydana gelmektedir (Gao vd., 2016).

Nanoliflerin dokusuz yüzeyler ile kıyaslandığında daha düşük frekanslarda daha etkili ses yutumu sağladıkları belirlenmiştir. İlerleyen bölümlerde tartışılacağı gibi daha uzun süreli yapılan nanolif üretimlerinde bu fark daha net olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde de nanoliflerin daha düşük frekanslarda diğer malzemelerden daha etkili oldukları bildirilmiştir (Xiang vd., 2011).

4.3.5.1. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltilisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 kodlu, 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 kodlu ve 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri Şekil 4.131, 4.133 ve 4.135'te verilmiştir.

Şekil 4.131'de 500 Hz'e kadar 1305'in SYK değerleri H250 kodlu numuneden daha yüksek olarak ölçülmüştür. 1305 kodlu membran için 250, 315 ve 400 Hz

frekanslarında H500'den daha yüksek SYK değerleri ölçülmüş iken (Şekil 4.133) H750 ile kıyaslandığında 250 ve 315 Hz'te H750'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.135). Bu durum nanoliflerin dokusuz yüzeyler ile kıyaslandığında daha düşük frekanslarda daha etkili ses yutumu sağladıklarını göstermektedir. İlerleyen bölümlerde tartışılacağı gibi daha uzun süreli yapılan nanolif üretimlerinde bu fark daha net olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde de nanoliflerin daha düşük frekanslarda diğer malzemelerden daha etkili oldukları bildirilmiştir (Xiang vd., 2011).

Şekil 4.131'de malzeme kalınlaştıkça veya üzerine takviye yapıldıkça SYK değerlerinin iyileştiği görülmektedir. En iyi SYK değerlerine sahip olan numune sandviç yapıda olan H250-1305-H250'dir. 4000 Hz'ten sonra H250H250'nin SYK değerleri hafif daha fazla ölçülmüştür. 4000 Hz'ten düşük frekanslarda ise nanolif membran takviyesi sayesinde H250-1305-H250 daha iyi SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir. H250 ve H250-1305 kıyaslanacak olursa yine benzer durum söz konusu olup 4200 Hz'e kadar H250-1305 daha iyi SYK değerlerine sahiptir. 5 dakikalık bir nanolif membran takviyesinin düşük frekanslardaki ses yutumunu belirgin olarak iyileştirdiği görülmektedir.

H500 ve H750 için de benzer tartışmaları yapmak mümkündür. Fakat H250'li (Şekil 4.131) yapılar ile kıyaslandığında H500 ve H750'li yapılarda bu geçiş daha düşük frekanslarda meydana gelmiştir. Örneğin Şekil 4.133'te H500-1305 numunesinin SYK değerleri 3800 Hz frekansına kadar H500'den yüksek iken H500-1305-H500 kodlu sandviç yapı 3200 Hz'e kadar H500H500'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur.

Şekil 4.135'te H750-1305 ve H750-1305-H750 için bu frekanslar sırasıyla 2500 ve 2000 Hz'e kadar düşmüştür. 1305 takviyesi H250'li yapılarda H500 ve H750'den daha etkili olduğu görülmektedir.

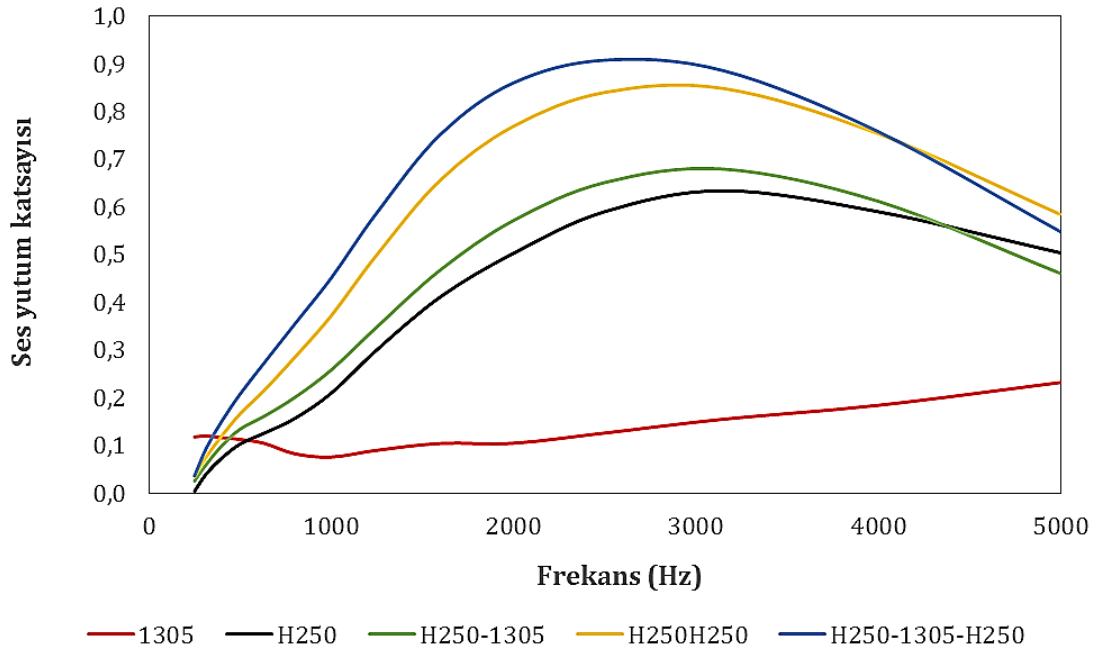
Şekil 4.132, 4.134 ve 4.136'da sırasıyla 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 kodlu, 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 kodlu ve 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 kodlu

numunelere ait GAK değerleri verilmiştir. Grafiklerde farklı harf ile gösterilen yapıların ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

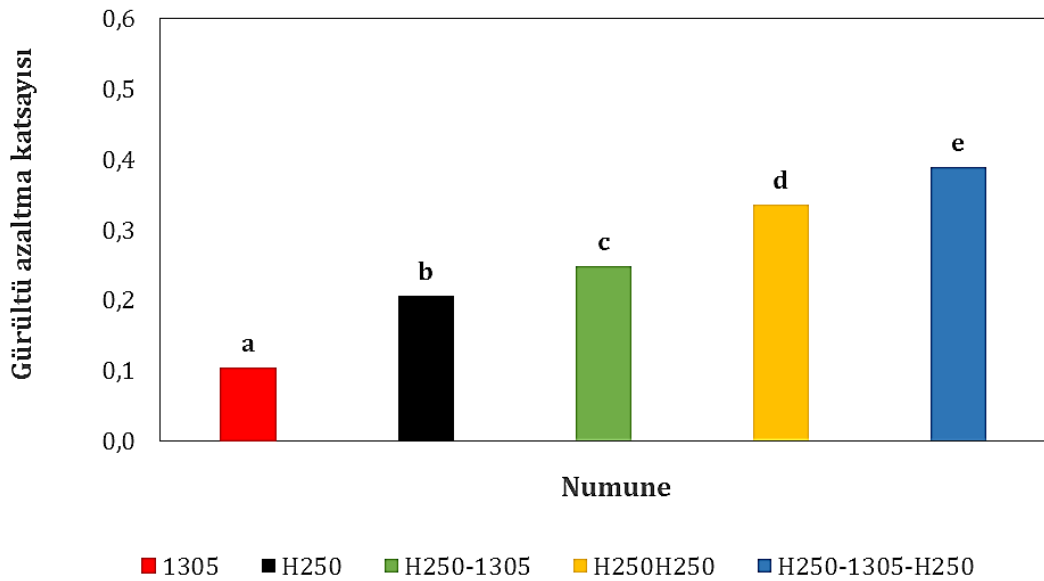
şekil 4.132’de 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250’in ortalama GAK değerleri sırasıyla 0,103, 0,205, 0,248, 0,336 ve 0,389 olup ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur.

şekil 4.134’te ise 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500’in GAK değerleri sırasıyla 0,103, 0,266, 0,308, 0,423 ve 0,460 olarak hesaplanmıştır. H500-1305-H500 en yüksek GAK değerine sahip olmasına rağmen H500H500’den anlamlı olarak yüksek değildir. Diğer yapıların aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

şekil 4.136’da 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 kodlu numuneler için GAK değerleri sırasıyla 0,103, 0,358, 0,397, 0,504 ve 0,554 olarak hesaplanmıştır. Nanolif takviyesi ile GAK değerlerinde belirgin artışlar meydana gelmiş olmasına rağmen tüm yapılar birlikte değerlendirildiğinde H750H750 ile H750-1305-H750 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

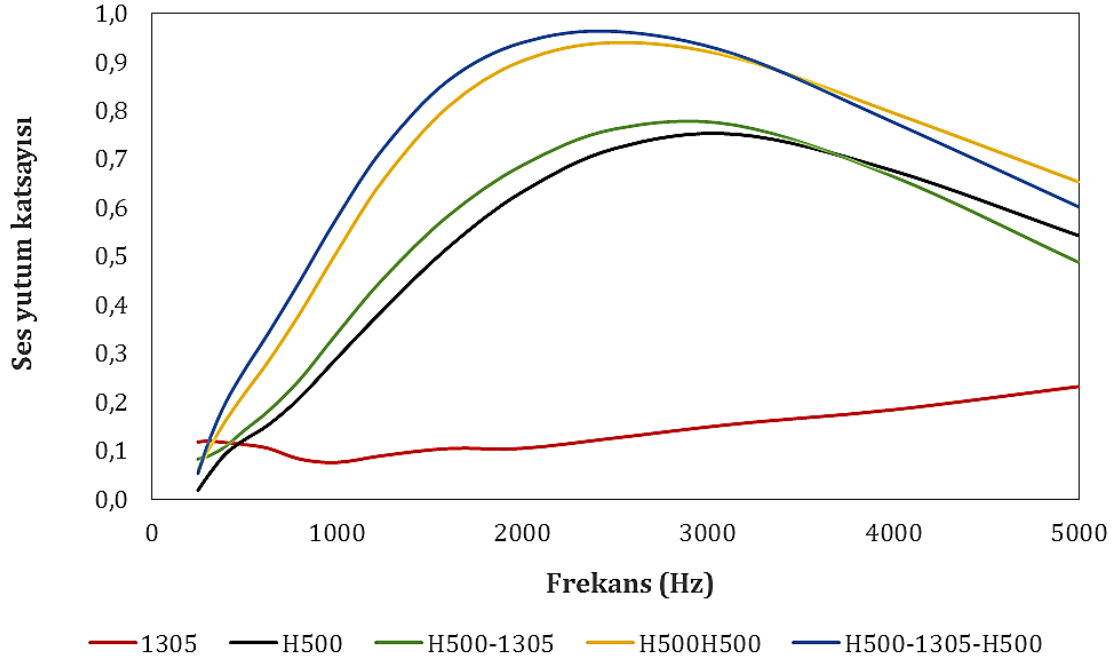


Şekil 4.131. 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

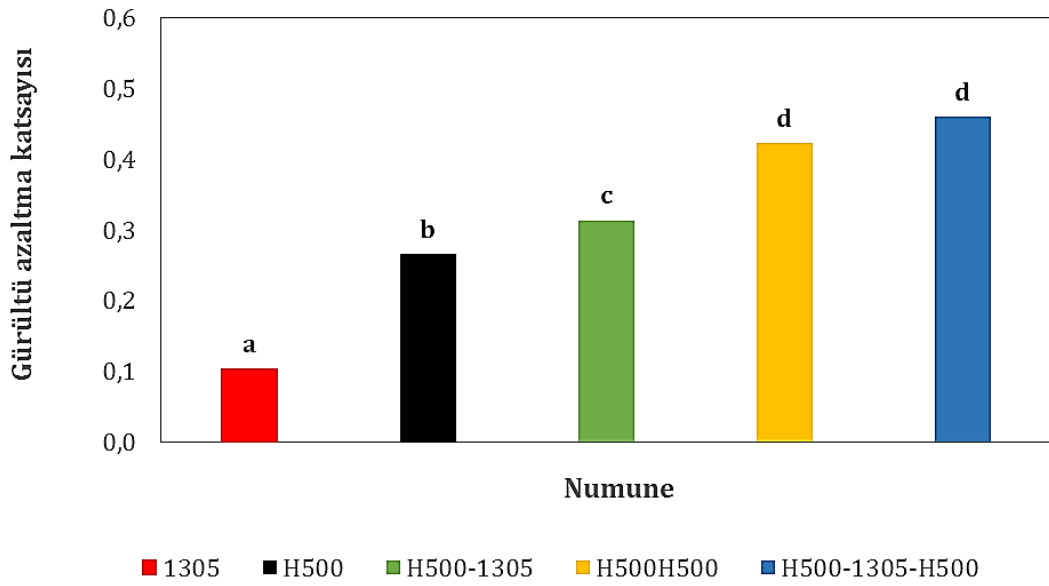


Şekil 4.132. 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

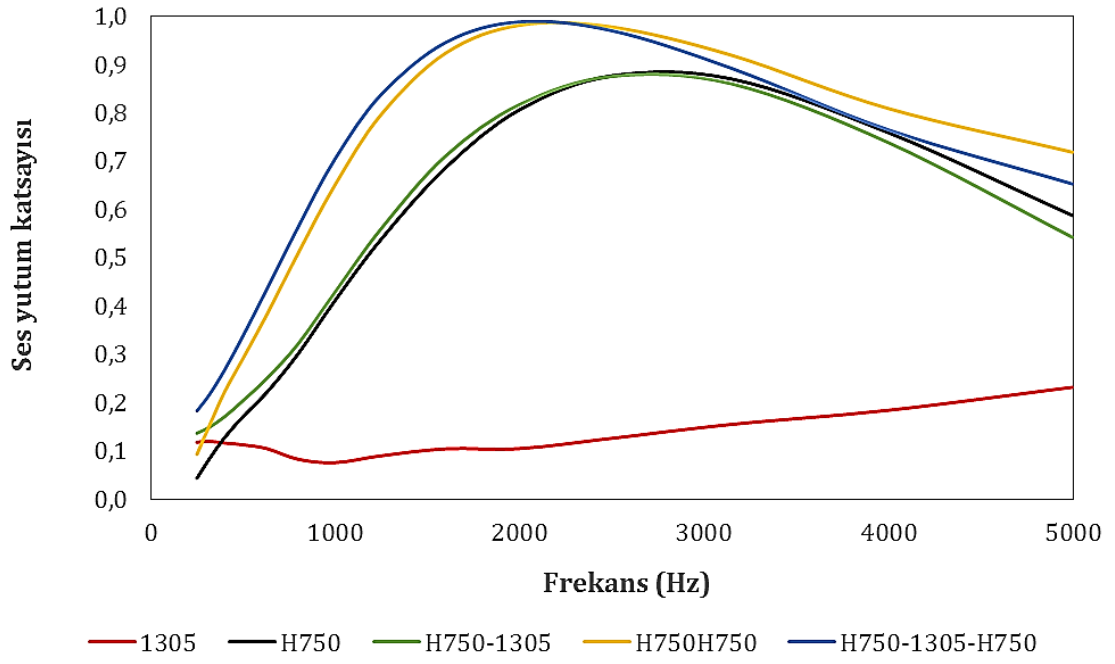
Farklı harf ile gösterilen numunelerin ortalamaları anlamlı olarak farklıdır ($p < 0,05$).



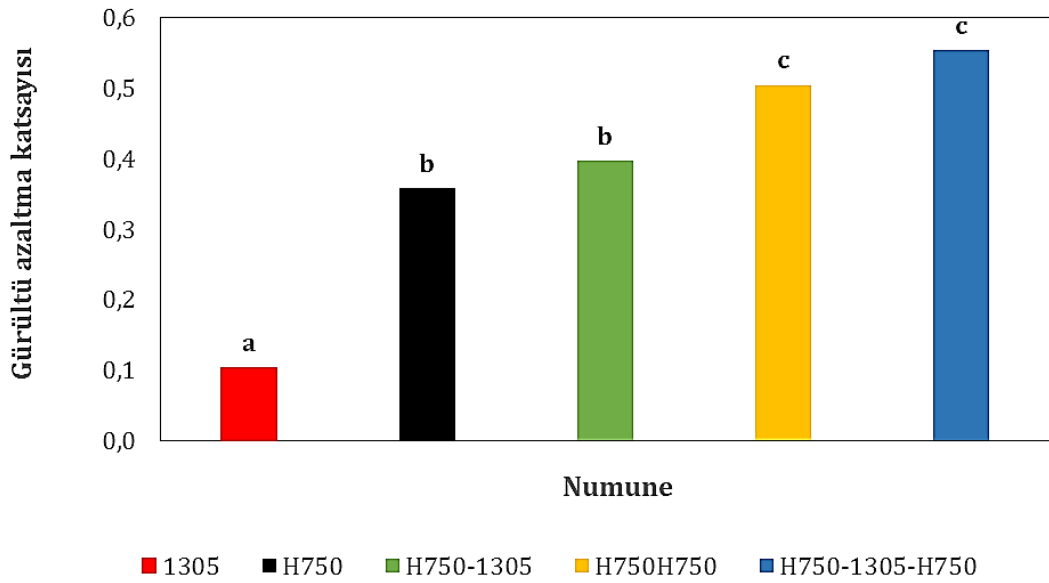
Şekil 4.133. 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.134. 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.135. 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.136. 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 kodlu, 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 kodlu ve 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri Şekil 4.137, 4.139 ve 4.141’de verilmiştir.

Şekil 4.137’de A250 ve A250-1305 karşılaştırıldığında 3500 Hz frekansına kadar A250-1305’in daha yüksek, 3500 Hz’den yüksek frekanslarda ise daha düşük SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A250-1305-A250 kodlu sandviç yapı için ise 2500 Hz’e kadar A250A250 kodlu iki katlı dokusuz yüzeyden daha yüksek, sonrasında daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür. Nanolif membran takviyesinin SYK değerlerinde bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

Şekil 4.139’da ise A500A500 ile A500-1305-A500 kodlu numunelerin SYK eğrilerinin birbirine çok benzediği görülmektedir. A500 ile A500-1305’in de SYK eğrilerinin çok benzer olduğu görülmektedir. Bu yapılarda nano membran takviyesinin fazla etkisi olmadığını söylemek mümkündür. Sandviç yapı daha düşük frekans aralığında daha etkin olmasına rağmen 2000 Hz’ten sonra A500 ve A500-1305’ten daha düşük SYK değerlerine sahip olmuştur.

Şekil 4.141’de A1000 kodlu yapılarda 1305 takviyesi ile A1000-1305-A1000’de 1000-2000 Hz aralığında bir iyileşme elde edilmiştir. Sandviç yapı ve iki katlı dokusuz yüzey numunelerde 500 Hz’ten sonra en düşük (1305 hariç) SYK değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4.137, 4.139 ve 4.141 birlikte değerlendirildiğinde genel olarak nanolif membran takviyesi ile ve numune kalınlaştıkça ses yutumunun bazı frekanslarda iyileştiği görülmektedir. Fakat 1305’in H kodlu yapılarda ve özellikle H250’li yapılarda daha etkili olduğunu söylemek mümkündür.

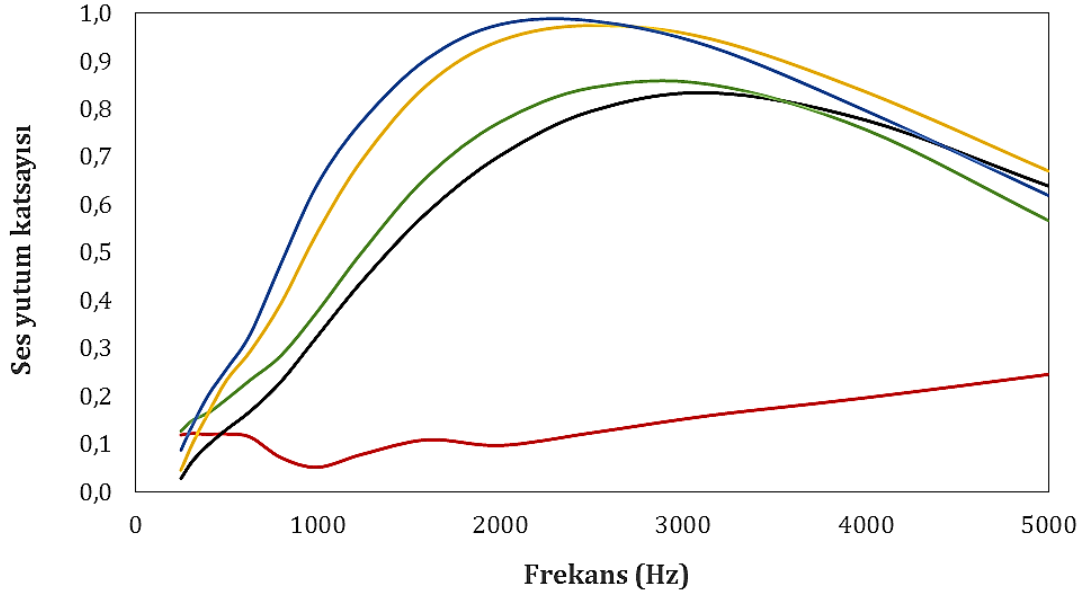
Şekil 4.138, 4.140 ve 4.142’de sırasıyla 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 kodlu, 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-

A500 kodlu ve 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir.

şekil 4.138'de 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,103, 0,297, 0,339, 0,441 ve 0,491 olup hepsi birbirinden anlamlı olarak farklı bulunmuştur.

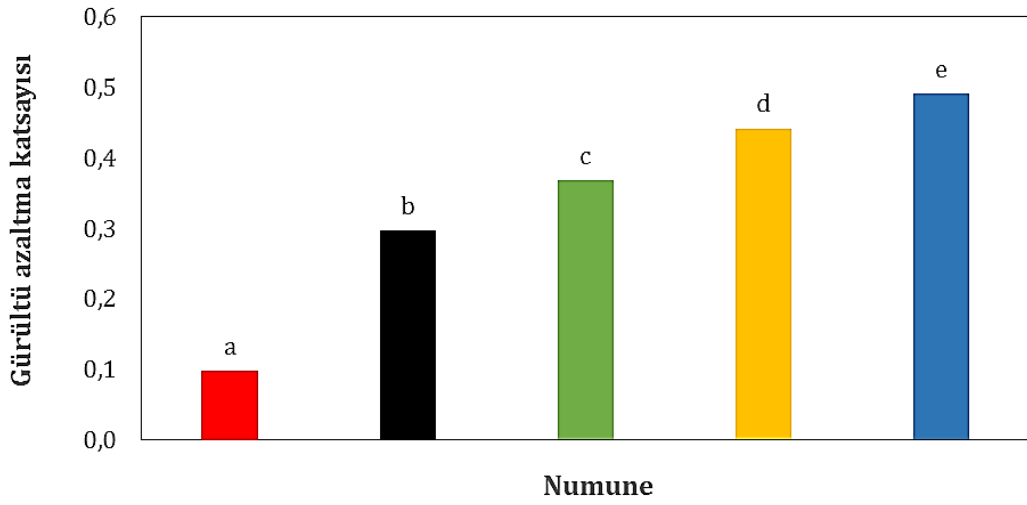
şekil 4.140'ta 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500'ün GAK değerleri 0,103, 0,436, 0,435, 0,525 ve 0,536 olmuştur. A500 ile A500-1305 arasında anlamlı fark yoktur. A500A500 ve A500-1305-A500 arasındaki fark da anlamlı değildir.

şekil 4.142'de 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerinin GAK değerleri sırasıyla 0,103, 0,485, 0,499, 0,418 ve 0,408 olarak hesaplanmıştır. A1000 ve A1000-1305 arasında anlamlı fark olmayıp A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 bunlardan anlamlı olarak daha dūřük GAK değerlerine sahiptir.



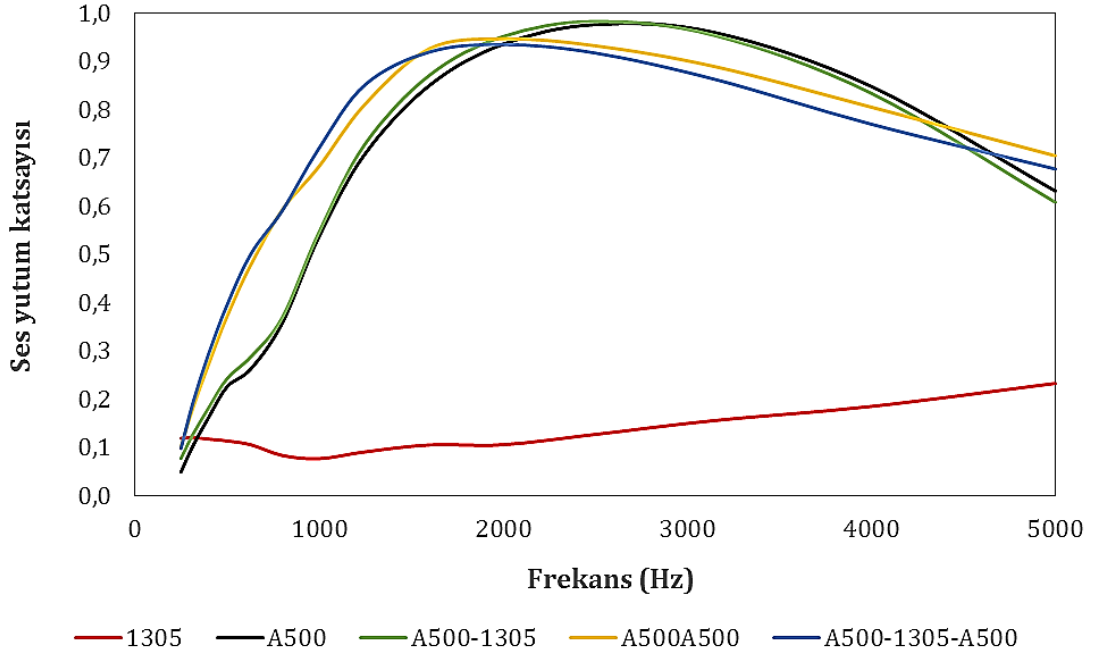
— 1305 — A250 — A250-1305 — A250A250 — A250-1305-A250

Şekil 4.137. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

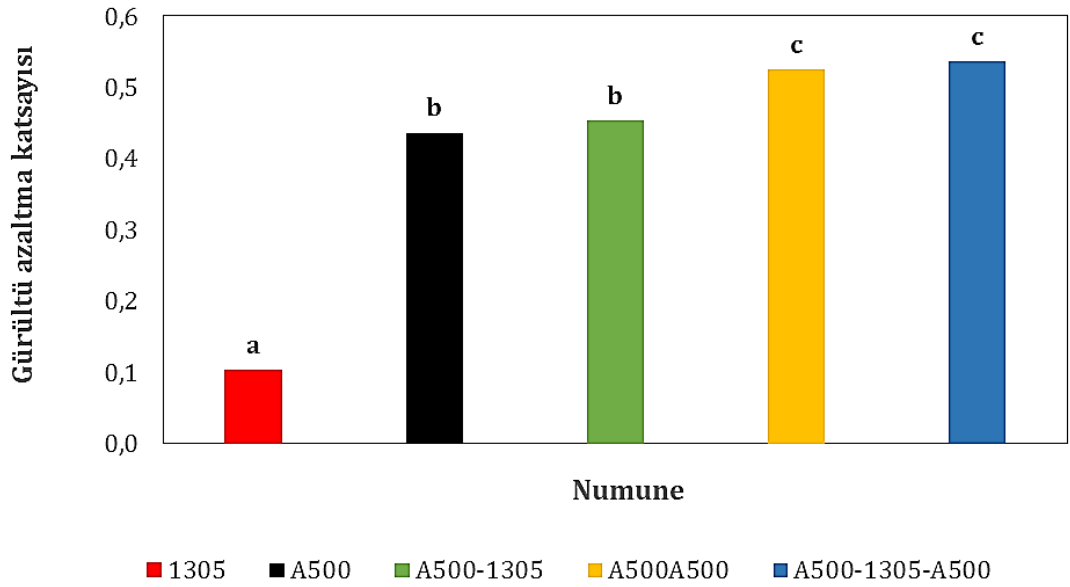


■ 1305 ■ A250 ■ A250-1305 ■ A250A250 ■ A250-1305-A250

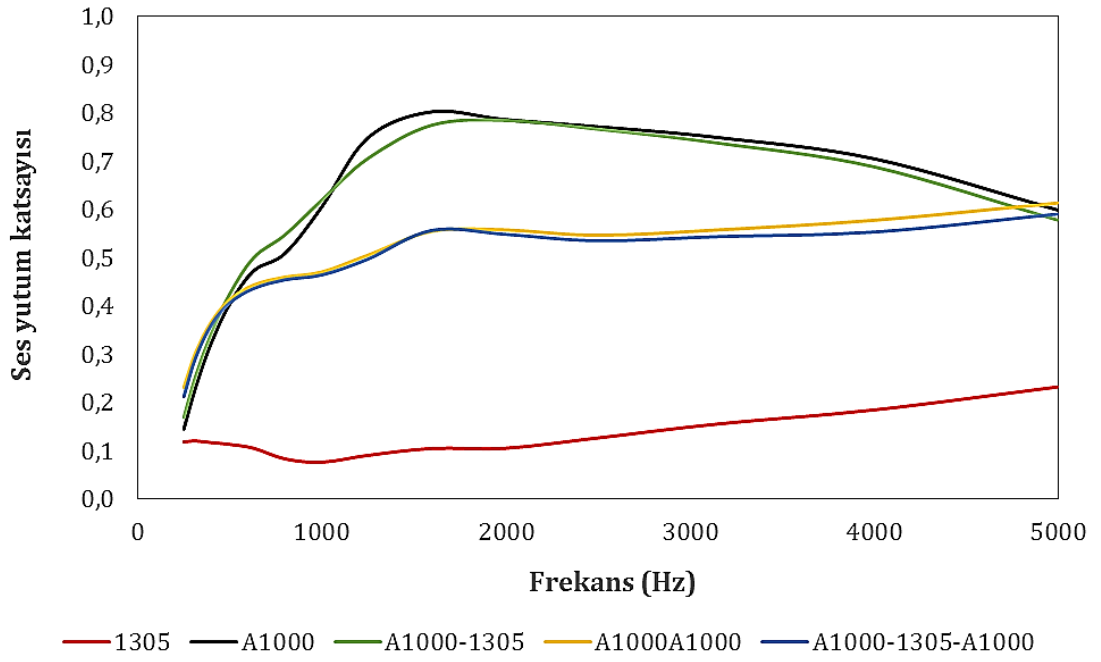
Şekil 4.138. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



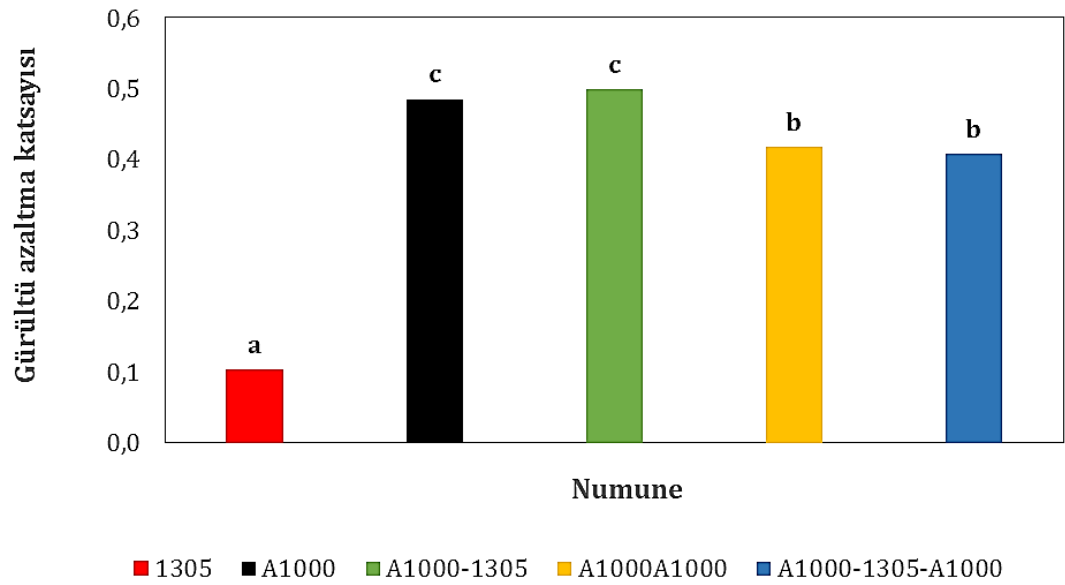
Şekil 4.19. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.140. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.141. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.142. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

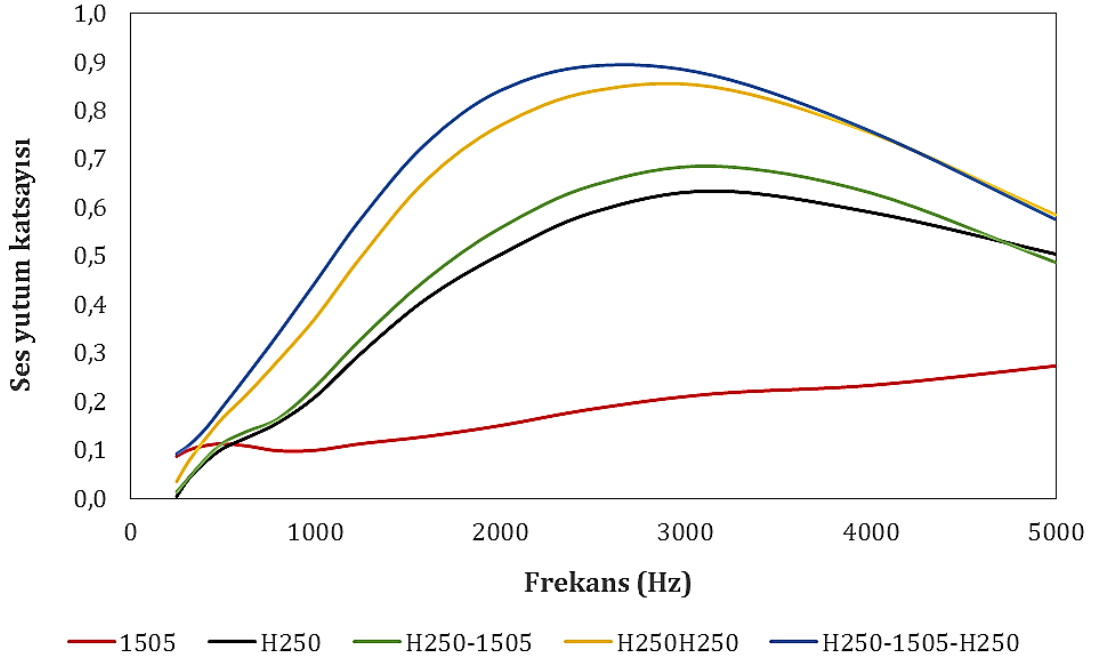
4.3.5.2. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltilisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 kodlu, 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 kodlu ve 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK değerleri Şekil 4.143, 4.145 ve 4.147'de verilmiştir.

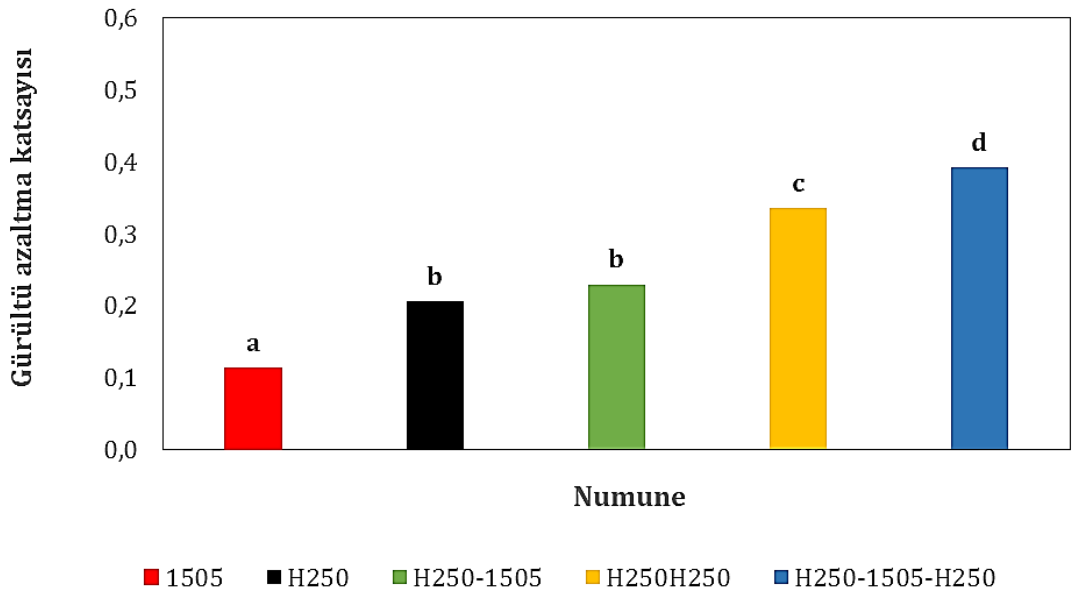
Şekil 4.143'te 1505 takviyesi ile 2000-3000 Hz frekans aralığında H250'nin (H250-1505) 0,503-0,634 arasında değişen SYK değerlerinin 0,558-0,685 değerlerine yükseldiği görülmektedir. 0,8 civarında SYK değerlerine sahip olan H250H250'nin 1505 takviyesi ile (H250-1505-H250) 0,9 civarında SYK değeri ölçülmüştür. Şekil 4.145'te 1505 takviyesi ile H500'ün (H500-1505) SYK değerleri 4000 Hz'e kadar olan tüm frekanslarda artarak 0,7'ye yaklaşmıştır. 1505 takviyesi ile H500H500'ün (H500-1505-H500) SYK değerlerinin 3000 Hz'e kadar artarak 0,9'u geçtiği gözlenmektedir. Bahsedilen frekanslardan sonra ise ilgili numunelerin SYK değerleri takviyesiz hallerinden daha düşük ölçülmüştür. Şekil 4.147'de ise 1505 takviyesi ile H750 ve H750H750'nin SYK değerlerinde sırasıyla 3000 ve 2000 Hz frekanslarına kadar hafif bir iyileşme görülmüştür.

1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 kodlu, 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 kodlu ve 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri Şekil 4.144, 4.146 ve 4.148'de verilmiştir.

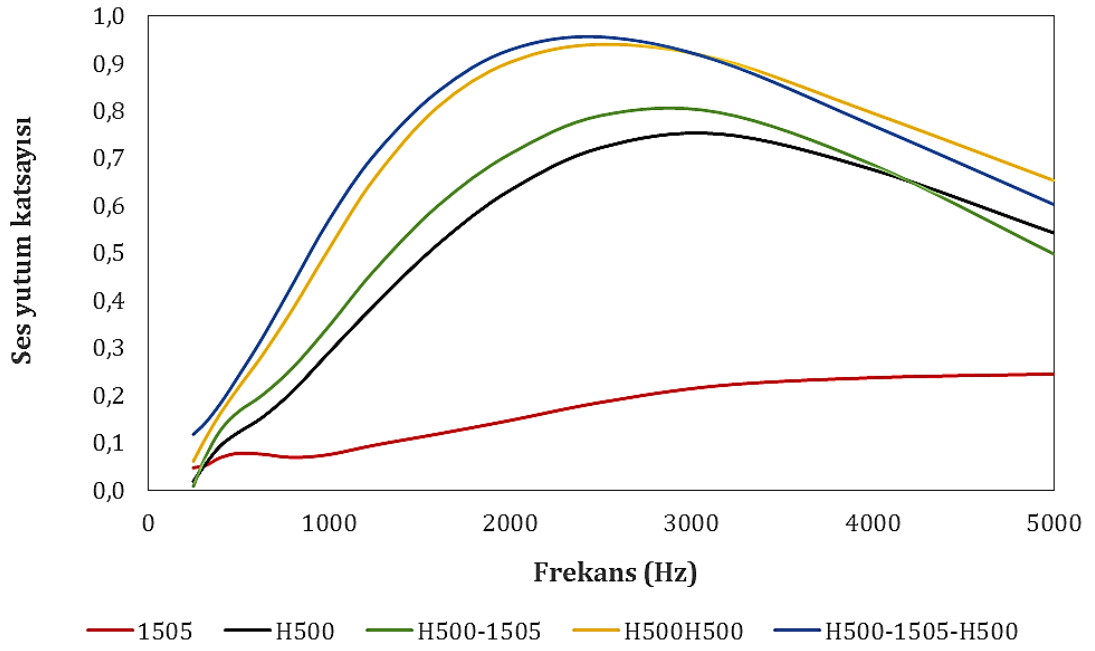
Şekil 4.144'te 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 için GAK değerleri sırasıyla 0,113, 0,205, 0,229, 0,336 ve 0,392 olarak hesaplanmış olup H250 ile H250-1505 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Şekil 4.146'da 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 GAK değerleri sırasıyla 0,087, 0,266, 0,308, 0,423 ve 0,465'tir. Nanolif membran takviyesinin anlamlı fark oluşturduğu görülmektedir. Şekil 4.148'de ise nano membran takviyesinin anlamlı bir iyileşme sağlamadığı tespit edilmiştir.



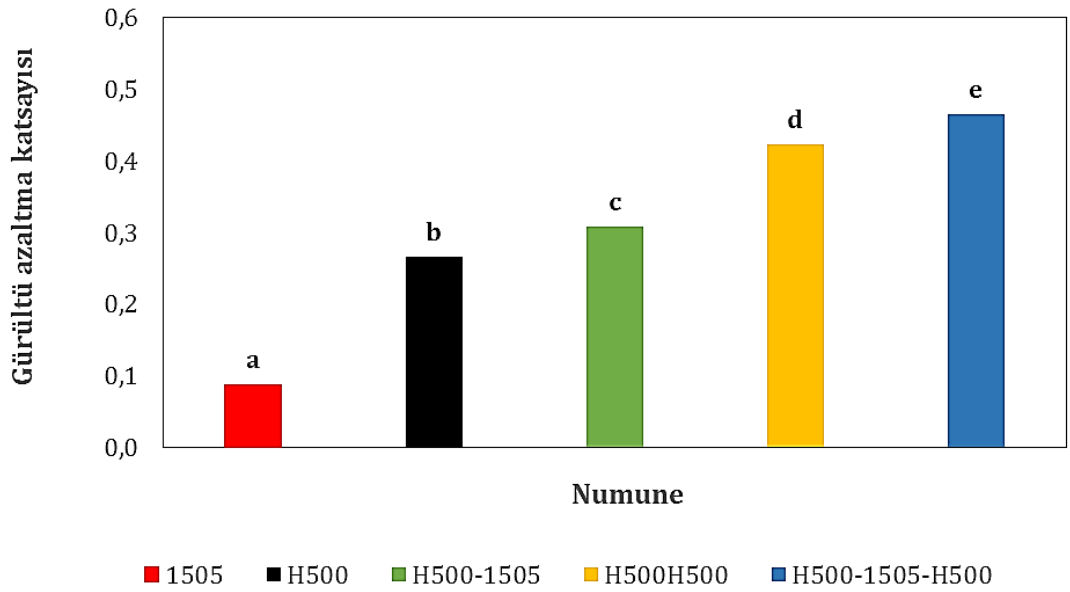
Şekil 4.143. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



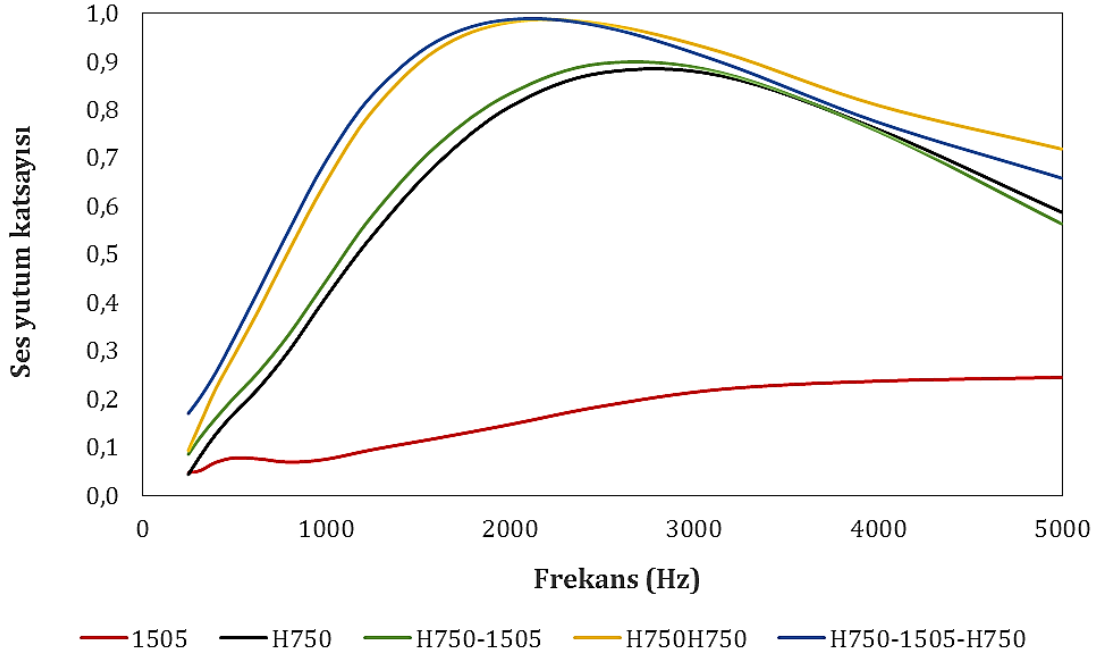
Şekil 4.144. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine gürültü ait azaltma katsayısı değerleri



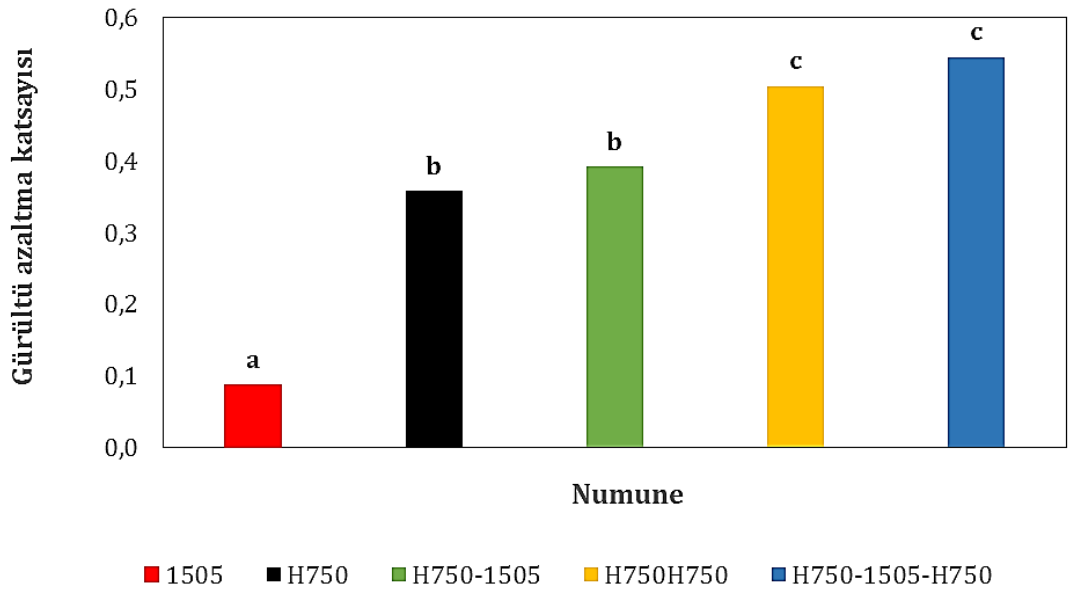
Şekil 4.145. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.146. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.147. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



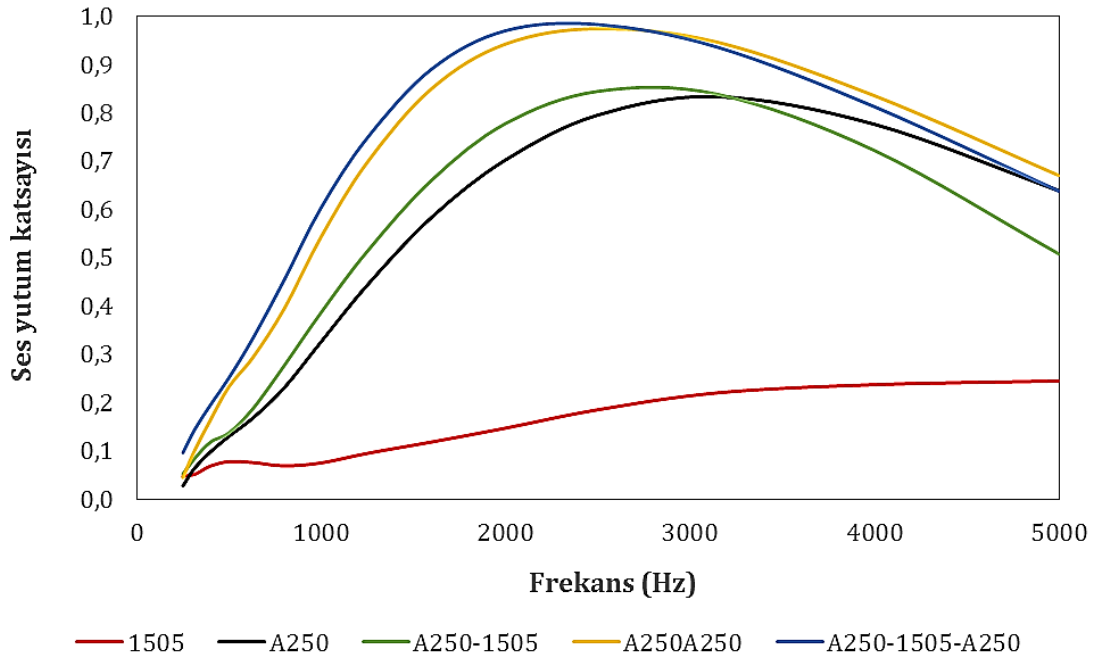
Şekil 1.148. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

Şekil 4.149, 4.151 ve 4.153'te 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 kodlu, 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 kodlu ve 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri verilmiştir.

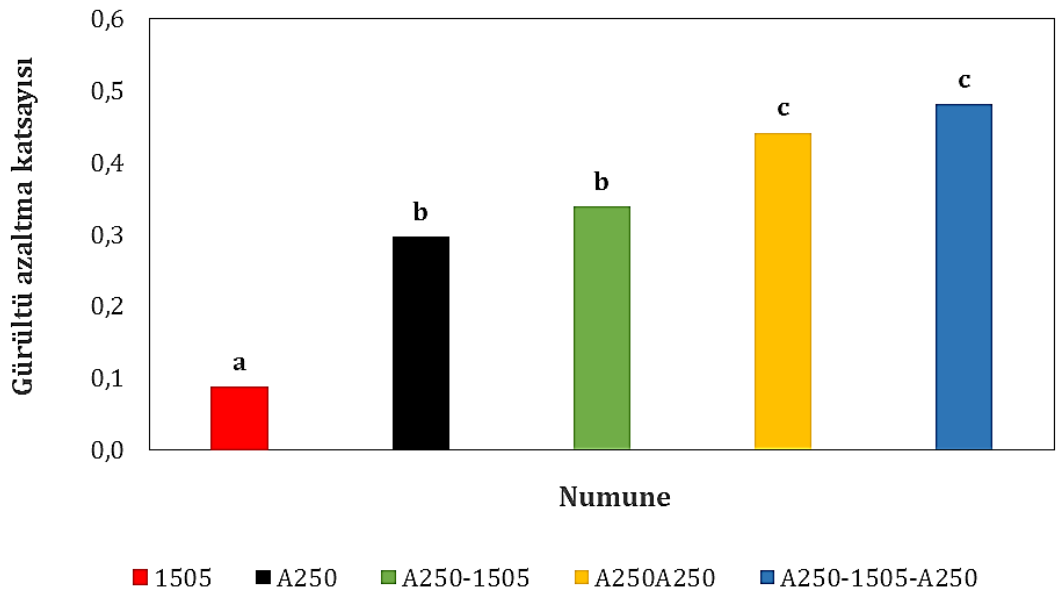
Şekil 4.149'da 1505 takviyesi ile 2500 Hz frekansa kadar A250-1505-A250'nin SYK değerleri artarak A250A250'den daha iyi olmuştur. A250-1505-A250 sandviç yapı için 1600-2500 Hz aralığında 1'e yakın SYK değerleri ölçülmüştür. 1505 takviyesi ile A250-1505'nin SYK değerleri 3000 Hz'e kadar A250'den daha yüksek olarak 0,844 değerine ulaşmıştır. Şekil 4.151'de ise 1505 takviyesi kompozit yapılarda belirgin bir iyileşme meydana getirmemiş olup sadece 1500 Hz'e kadar biraz daha yüksek SYK değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.153'te A1000 kodlu kompozitlerde de 1505 ilavesi iyileşmeye sebep olmamış tam tersi sandviç SYK değerlerinde belirgin düşüşler görülmüştür. Sadece A250'li kompozit yapılarda 1505 takviyesinin SYK değerlerinde iyileşmeye sebep olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.150, 4.152 ve 4.154'te 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 kodlu, 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 kodlu ve 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri verilmiştir.

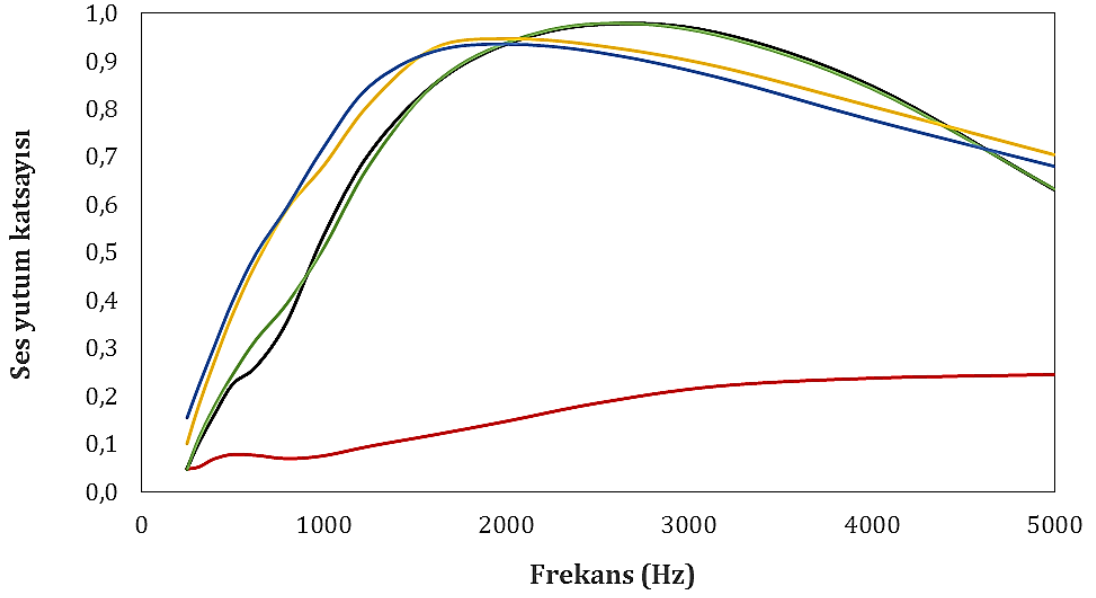
Şekil 4.150'de 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 kodlu numuneler için GAK değerleri sırasıyla 0,087, 0,297, 0,339, 0,441 ve 0,481 olarak hesaplanmıştır. 1505 takviye edilen kompozit yapıların GAK değerleri belirgin olarak takviyesiz hallerine göre daha fazla olmasına rağmen tüm numuneler birlikte değerlendirildiğinde aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Şekil 4.152'de 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 için GAK değerleri sırasıyla 0,087, 0,436, 0,435, 0,525 ve 0,552 olarak hesaplanmıştır. 1505 ilavesi ile GAK değerlerinde iyileşme olduğu görülmektedir. Şekil 4.154'te 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 için sırasıyla 0,087, 0,485, 0,488, 0,418 ve 0,436 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.149. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

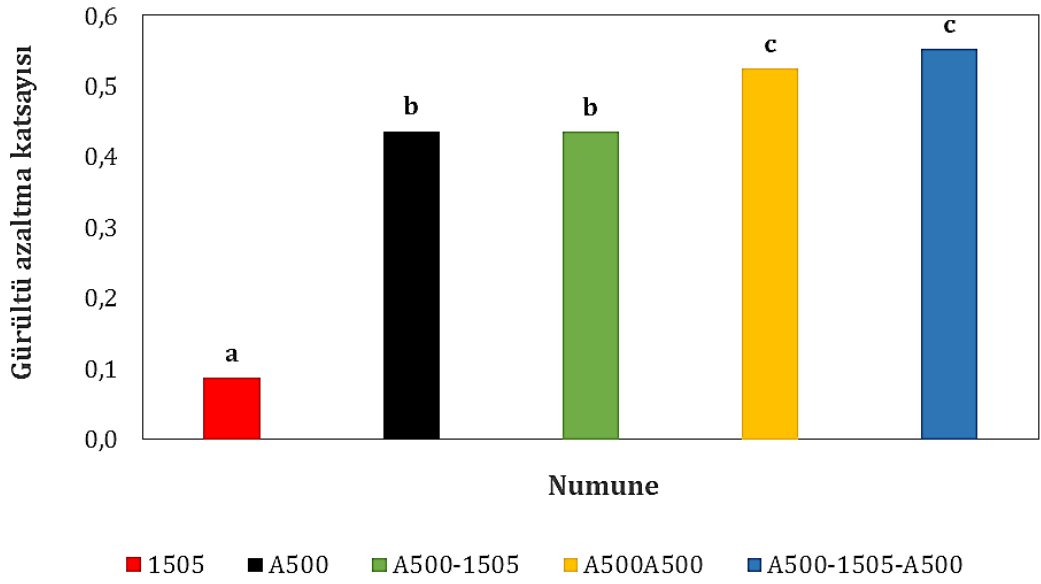


Şekil 4.150. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

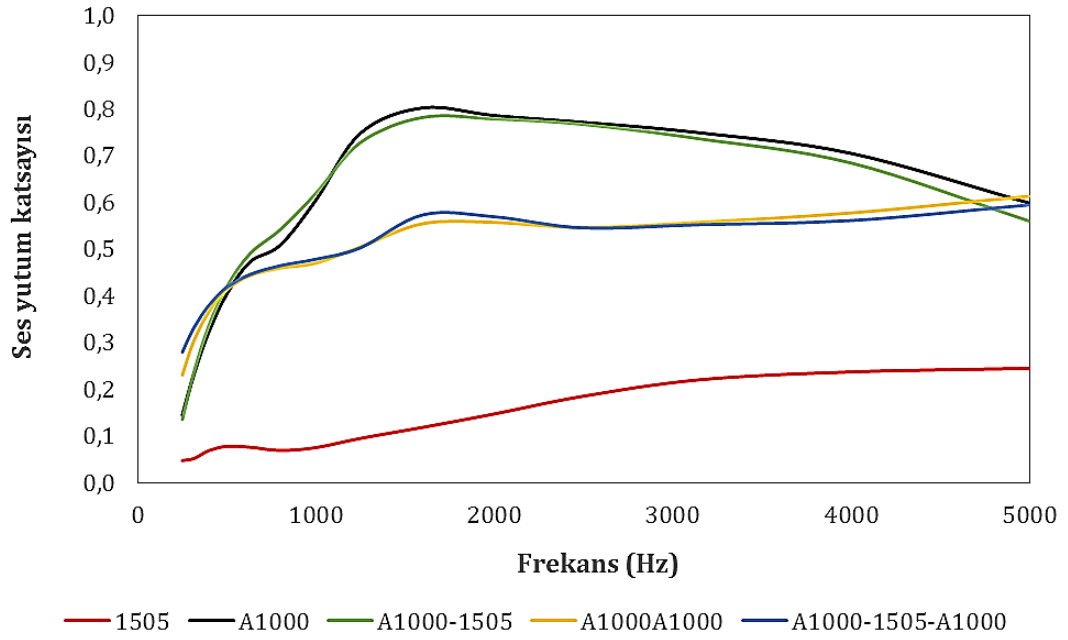


— 1505 — A500 — A500-1505 — A500A500 — A500-1505-A500

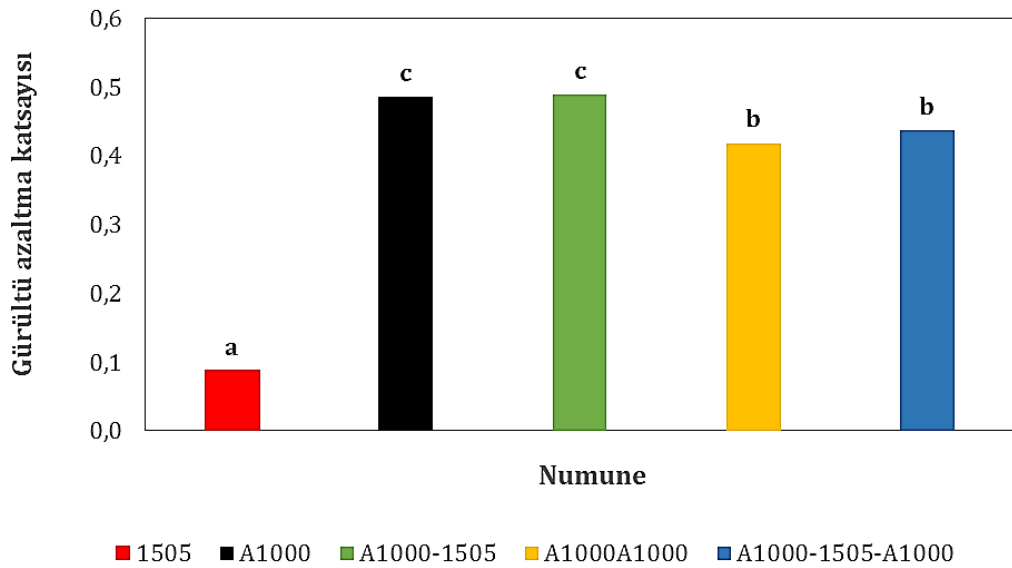
Şekil 4.151. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.152. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.153. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.154. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.3. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 kodlu, 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320 kodlu ve 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.155, 4.157 ve 4.159'da verilmiştir.

Şekil 4.155'te 1320 takviyesi ile tüm frekans aralıklarında ses yutumunda belirgin bir iyileşme sağlandığı görülmektedir. Yine de genel olarak H250H250 için tüm frekans aralıklarında H250-1320'den biraz daha iyi SYK değerleri ölçülmüştür. Sandviç yapı ise (H250-1320-H250) tüm frekanslarda en iyi SYK değerlerine sahip olan malzeme olmuştur. H250-1320-H250 kodlu sandviç yapı için 2000-3000 Hz aralığında 1'e yaklaşan SYK değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4.157'de 1320 kodlu nanolif membranın H500 kodlu dokusuz yüzeye takviyesi ile elde edilen H500-1320 numunesi için 4000 Hz frekansına kadar H500'den daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. 4000 Hz sonrasında SYK değerlerinde biraz düşüş görülmüştür. H500'ün 3150 Hz'te 0,751 olan maksimum SYK değeri, H500-1320 için 2500 Hz'te 0,89 olarak ölçülmüştür. H500H500 kodlu numunenin en yüksek SYK değeri ise yine 2500 Hz'te 0,940 olmuştur. H500-1320-H500 için en yüksek SYK değeri 2500 Hz'te 0,972 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.159'da 1320 takviyesi ile H750-1320 kodlu numunede 3700 Hz'e kadar H750'den, H750-1320-H750 kodlu numunede 1800 Hz'e kadar H750H750'den daha yüksek, sonraki frekanslarda daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür. H750 ve H750-1320'nin maksimum SYK değerleri 2500 Hz'te sırasıyla 0,876 ve 0,930 olarak, H750H750 ve H750-1320-H750'nin en yüksek SYK değerleri ise 2000 Hz'te sırasıyla 0,981 ve 0,976 olarak ölçülmüştür.

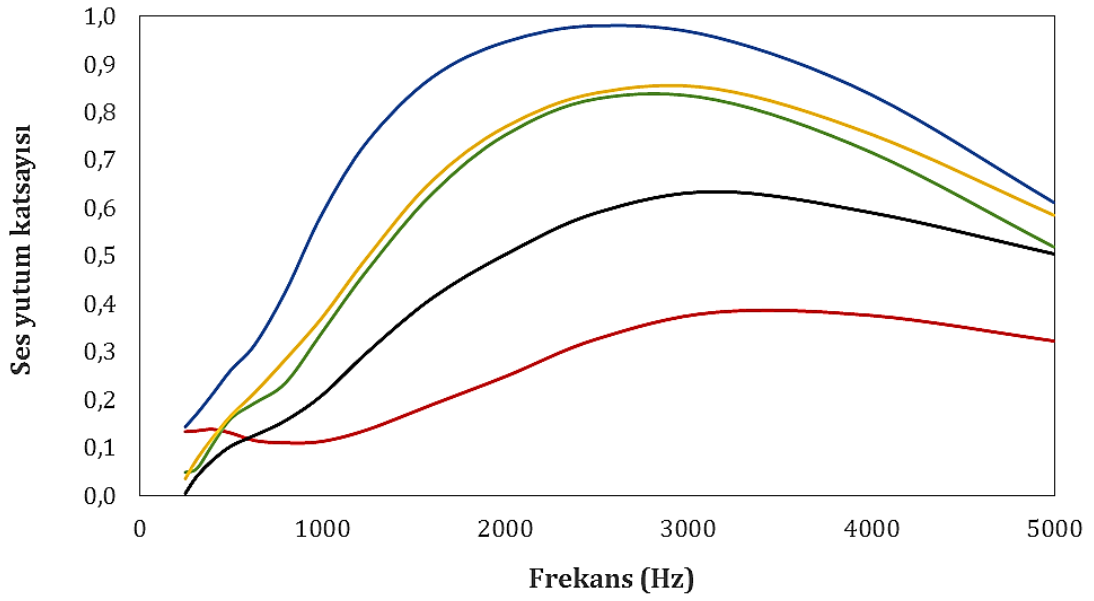
1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 kodlu, 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320 kodlu ve 1320, H750, H750-1320,

H750H750 ve H750-1320-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.156, 4.158 ve 4.160'da verilmiştir.

Şekil 4.156'da 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 için GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,205, 0,326, 0,336 ve 0,485 olarak hesaplanmış ve hepsi birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

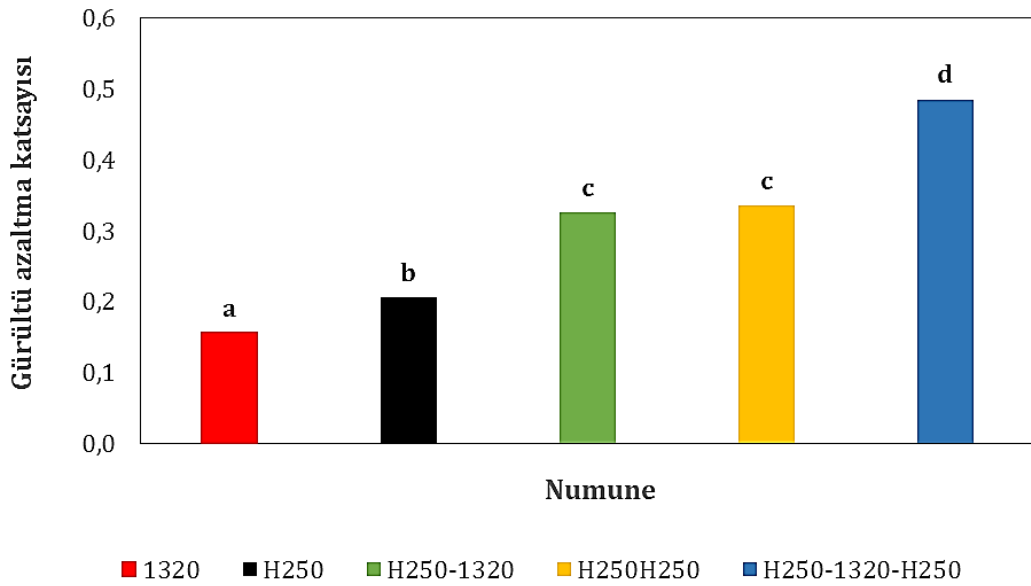
Şekil 4.158'de 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320 için GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,266, 0,391, 0,423 ve 0,482 olarak tespit edilmiştir. H250 ve H250-1320 istatistiksel olarak birbirinden farklı, H250H250 ve H250-1320-H250 kodlu numuneler de birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). H250-1320 ile H250H250 arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Şekil 4.160'ta 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,358, 0,435, 0,504 ve 0,562 olarak hesaplanmıştır. Numunelerin hepsi birbirinden istatistiksel olarak farklıdır.



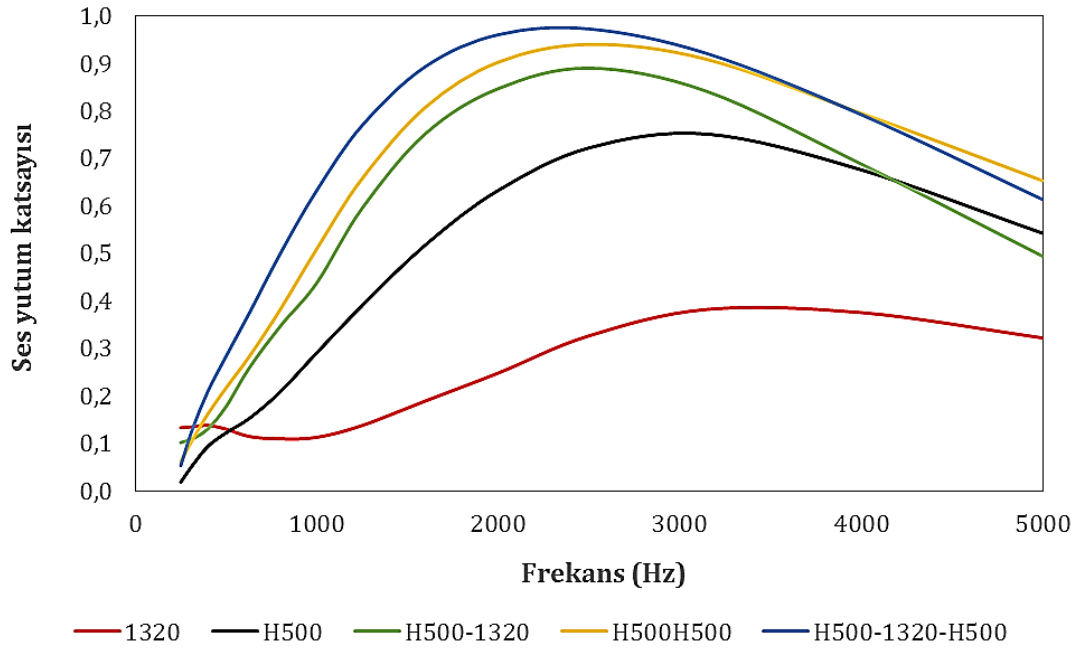
— 1320 — H250 — H250-1320 — H250H250 — H250-1320-H250

Şekil 4.155. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

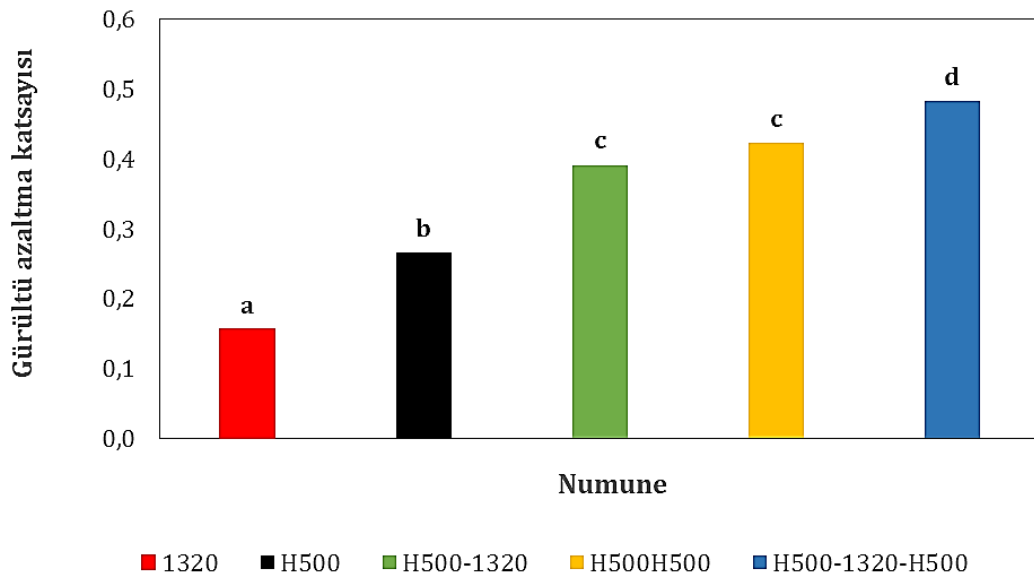


■ 1320 ■ H250 ■ H250-1320 ■ H250H250 ■ H250-1320-H250

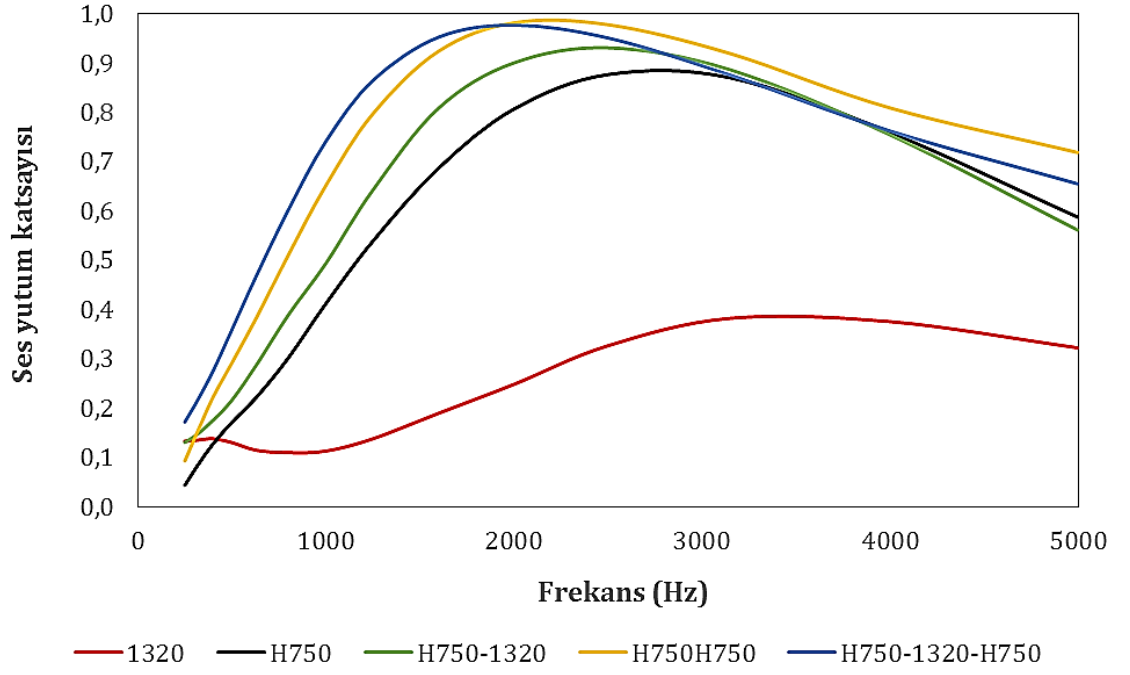
Şekil 4.156. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



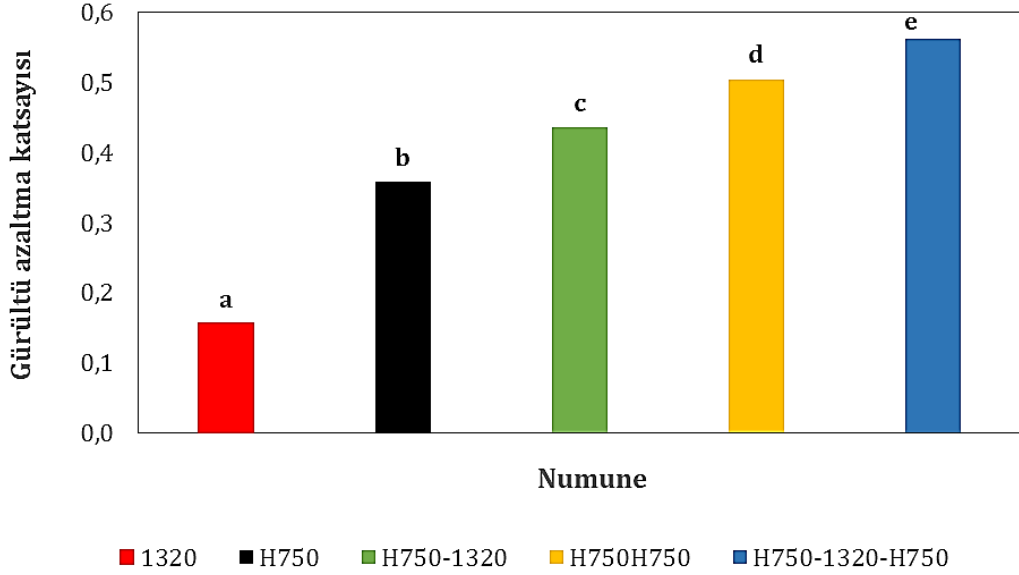
Şekil 4.157. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.158. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.159. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.160. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 kodlu, 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 kodlu ve 1320, A1000, A1000-1320 ve A1000-1320-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.161, 4.163 ve 4.165'te verilmiştir

Şekil 4.161'de 1320 takviyesi ile A250-1320-A250 2000 Hz'e kadar A250A250'den, A250-1320 de 4000 Hz'e kadar A250'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. A250'ye 1320 takviyesi ile elde edilen kompozit yapılarda H250'li yapılara kıyasla biraz daha düşük frekanslardaki SYK değerlerinde iyileşme görülmüş daha sonra düşük başlamıştır. H250 kodlu kompozit yapılarda ise tüm frekanslarda benzer karakterde SYK eğrilerinin elde edildiği ve SYK değerlerinin frekansların hepsinde daha yüksek olduğu görülmektedir. A250 ve A250-1320 için elde edilen en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,933, 2500 Hz'te 0,939, A250A250 ve A250-1320-A250 için ise sırasıyla 2500 Hz'te 0,974 ve 2000 Hz'te 0,979 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.163'te 1320'nin A500'e takviyesi ile A500-1320 kodlu kompozit numune için 2500 Hz'e kadar A500'den biraz daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. 2500 Hz'ten yüksek frekanslarda düşüş meydana geldiği görülmektedir. A500A500 ve A500-1320-A500 arasında da belirgin fark olmayıp 1500 Hz'e kadar biraz daha yüksek SYK değerlerine sahip olan sandviç yapı (A500-1320-A500) daha yüksek frekanslarda düşüşe geçmiş olup 1320 takviyesinin özellikle sandviç yapıda SYK değerlerine pek katkısının olmadığı görülmektedir. Ölçülen en yüksek SYK değerleri A500 ve A500-1320 için sırasıyla 2500 Hz'te 0,976 ve 2000 Hz'te 0,980, A500A500 ve A500-1320-A500 için ise 2000 Hz'te 0,946 ve 0,906 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.165'te 1320 kodlu nanolif membran takviyesi ile elde edilen A1000-1320-A1000 kodlu sandviç yapıdaki numune için tüm frekanslarda A1000A1000'e göre daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür. A1000 ve A1000-1320 arasında da belirgin fark olmayıp 1000 Hz'e kadar A1000-1320 biraz daha yüksek SYK değerlerine sahiptir. 1000 Hz'ten sonra SYK değerlerinin düştüğü görülmektedir. Ölçülen en yüksek SYK değerleri A1000 ve A1000-1320 için

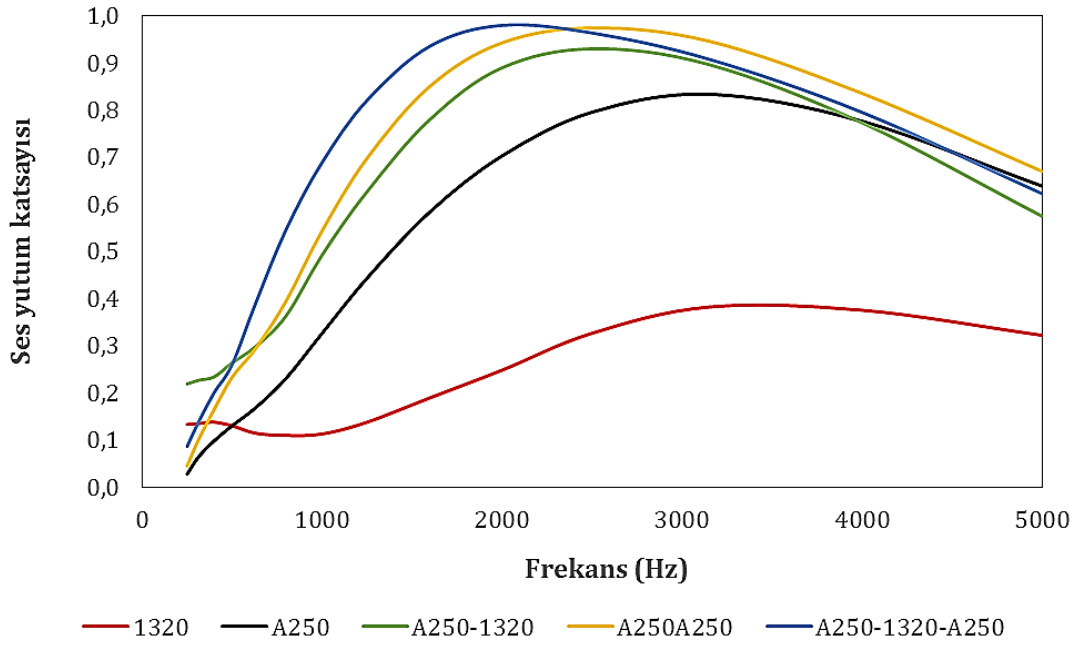
1600 Hz'te sırasıyla 0,802 ve 0,781 olmuştur. En yüksek SYK değerleri A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 için ise sırasıyla 2000 Hz'te 0,557 ve 1600 Hz'te 0,542 olarak ölçülmüştür.

1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 kodlu, 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 kodlu ve 1320, A1000, A1000-1320 ve A1000-1320-A1000 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.162, 4.164 ve 4.166'da verilmiştir

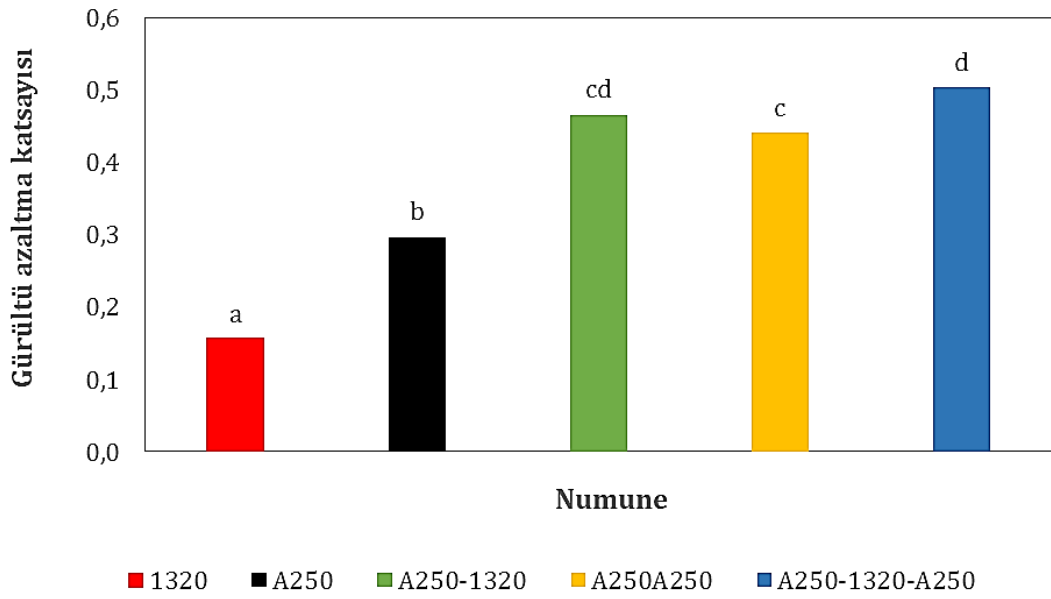
Şekil 4.162'de 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 için GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,297, 0,466, 0,441 ve 0,504 olarak hesaplanmıştır. En yüksek GAK değerinin sandviç yapıya (A250-1320-A250) ait olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.164'te 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 kodlu numuneler için GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,436, 0,461, 0,525 ve 0,533 olarak hesaplanmıştır. A500A500 ve A500-1320-A500 birbirinden farklı değil iken diğer tüm gruplarla aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

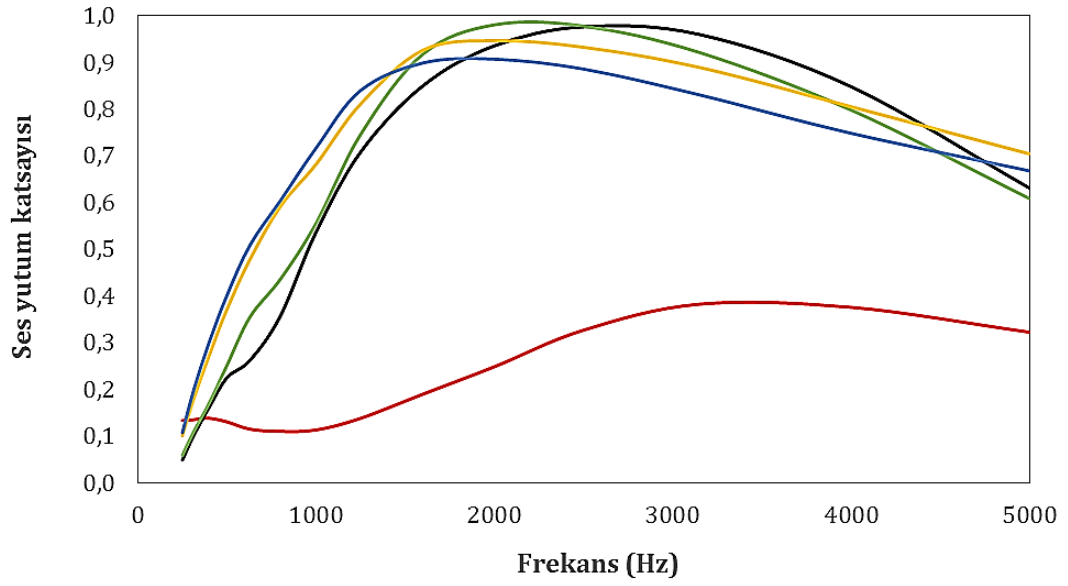
Şekil 4.166'da 1320, A1000, A1000-1320 ve A1000-1320-A1000 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,156, 0,485, 0,496, 0,418 ve 0,386 olarak hesaplanmıştır. A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 arasındaki fark anlamlı olmayıp bu ikisi anlamlı olarak A1000 ve A1000-1320'den daha düşük GAK değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A1000 ve A1000-1320 arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup 1320 kodlu nanolif membran hepsinden farklıdır.



Şekil 4.161. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

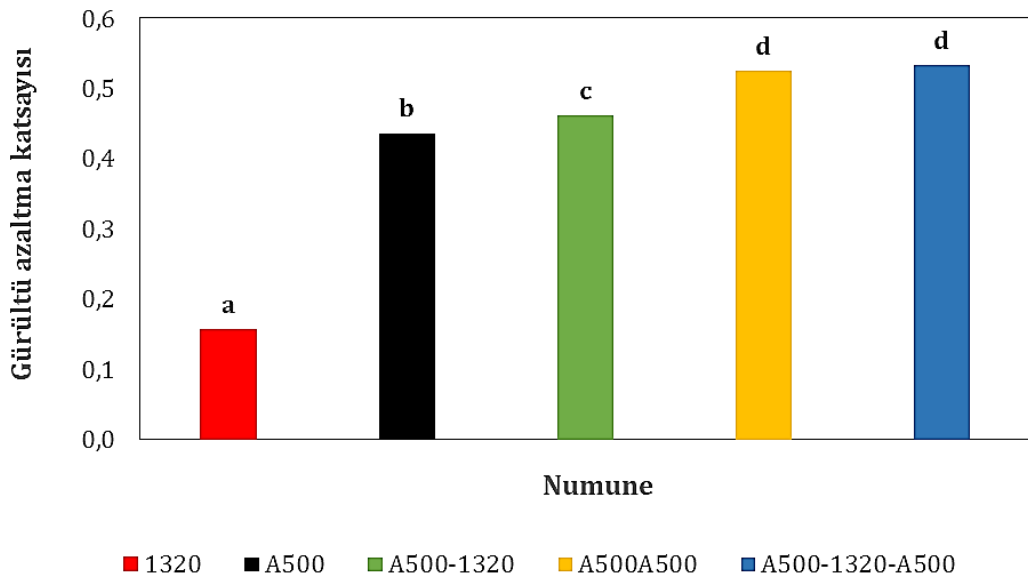


Şekil 4.162. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



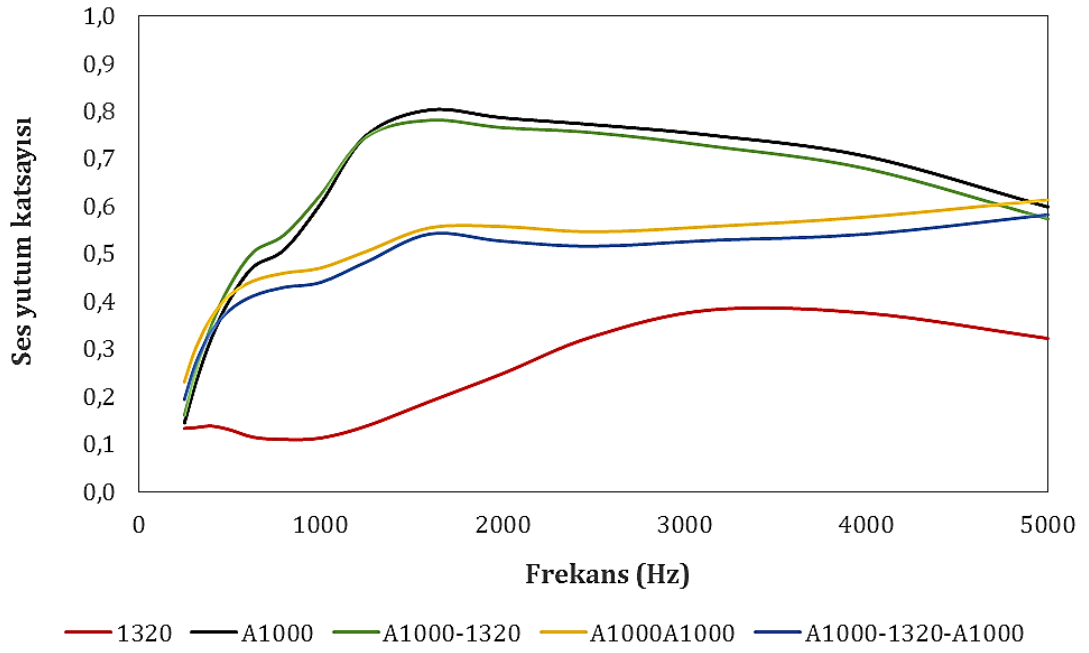
— 1320 — A500 — A500-1320 — A500A500 — A500-1320-A500

Şekil 4.163. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

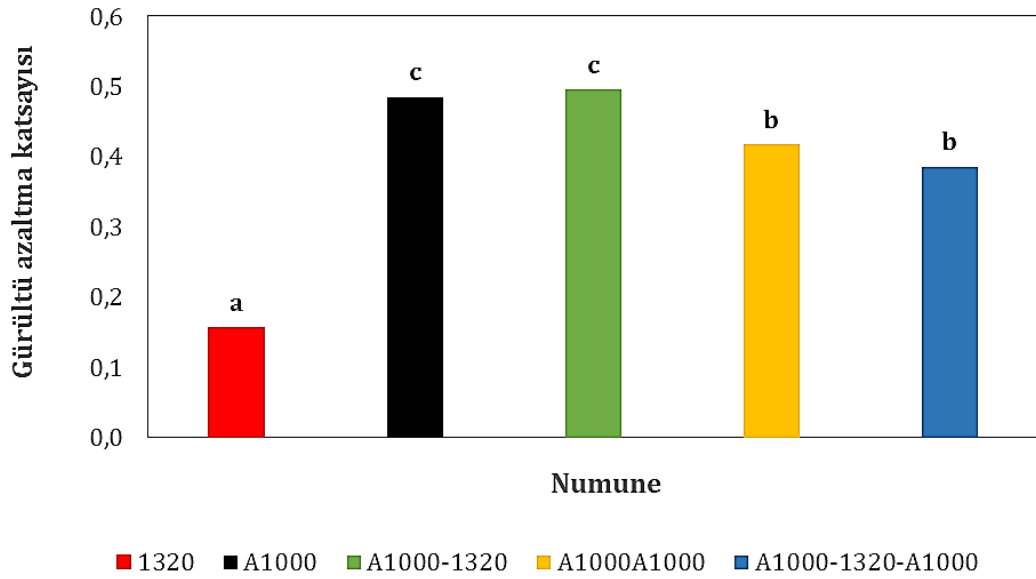


■ 1320 ■ A500 ■ A500-1320 ■ A500A500 ■ A500-1320-A500

Şekil 4.164. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.165. 1320, A1000, A1000-1320, A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.166. 1320, A1000, A1000-1320, A1000A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.4. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltilisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 kodlu, 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 kodlu ve 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.167, 4.169 ve 4.171'de verilmiştir.

Şekil 4.167'de 1520 kodlu nanolif membran takviyesi ile elde edilen H250-1520 ve H250-1520-H250 kodlu kompozit yapıların SYK değerlerinde 4500 Hz'e kadar belirgin iyileşme olduğu görülmektedir. Ölçülen en yüksek SYK değerleri H250 ve H250-1520 için sırasıyla 3150 Hz'te 0,634 ve 2500 Hz'te 0,759 olmuştur. H250H250 ve H250-1520-H250 yapıları için ise en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,848 ve 2500 Hz'te 0,953 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.169'da SYK eğrileri H250 kodlu yapılarla (Şekil 4.167) çok benzemekle birlikte elde edilen yapılar daha kalın olduğu için eğrilerin sola doğru kayarak daha düşük frekanslarda biraz daha fazla SYK değerleri elde edildiği görülmektedir. Ölçülen SYK değerleri de daha yüksek ölçülmüştür. 2000-3000 Hz aralığında sandviç yapı (H500-1520-H500) için 1'e yaklaşan SYK değerleri ölçülmüştür. Ölçülen en yüksek SYK değerleri H500 ve H500-1520 için sırasıyla 3150 Hz'te 0,751 ve 2500 Hz'te 0,849 olmuştur. H500H500 ve H500-1520-H500 için ise sırasıyla 2500 Hz'te 0,940 ve 2000 Hz'te 0,973 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.171'de 1520 takviyesi ile H750-1520 3500 Hz'e kadar H750'den, H750-1520-H750'de 1800 Hz'e kadar H750H750'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuş sonrasında değerler daha düşük olarak ölçülmüştür. H750 ve H750-1520 için maksimum SYK değerleri 2500 Hz'te sırasıyla 0,876 ve 0,946 olarak ölçülmüştür. H750H750 ve H750-1520-H750'nin en yüksek SYK değerleri ise yine sırayla 2000 Hz'te 0,981 ve 0,957 olarak ölçülmüştür.

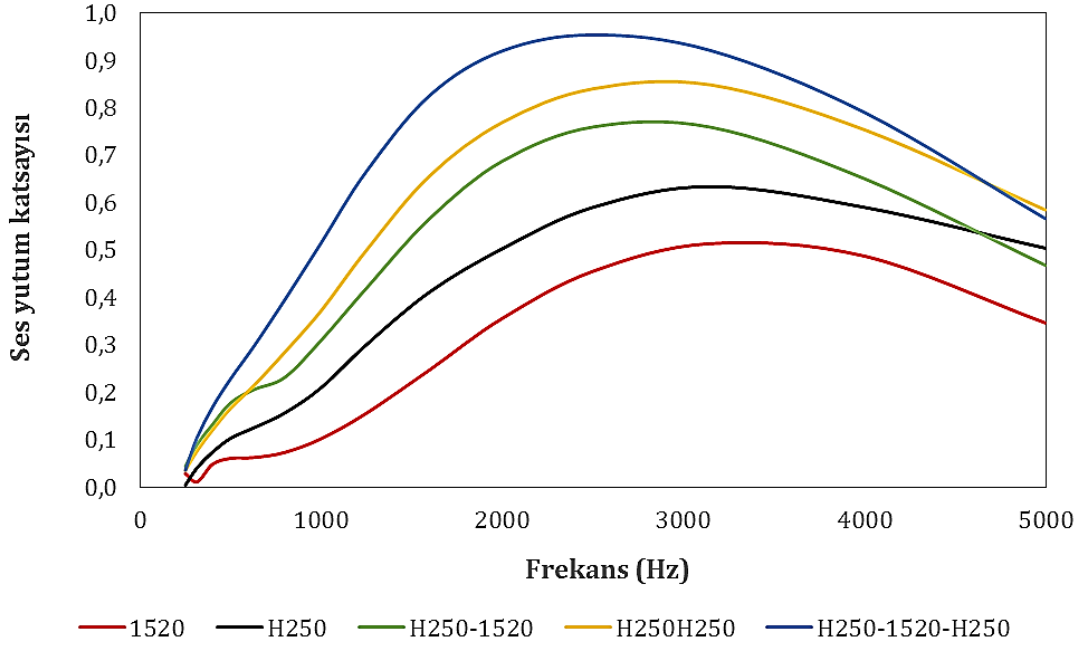
1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 kodlu, 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 kodlu ve 1520, H750, H750-1520,

H750H750 ve H750-1520-H750 kodlu numunelere ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.168, 4.170 ve 4.172’de verilmiştir.

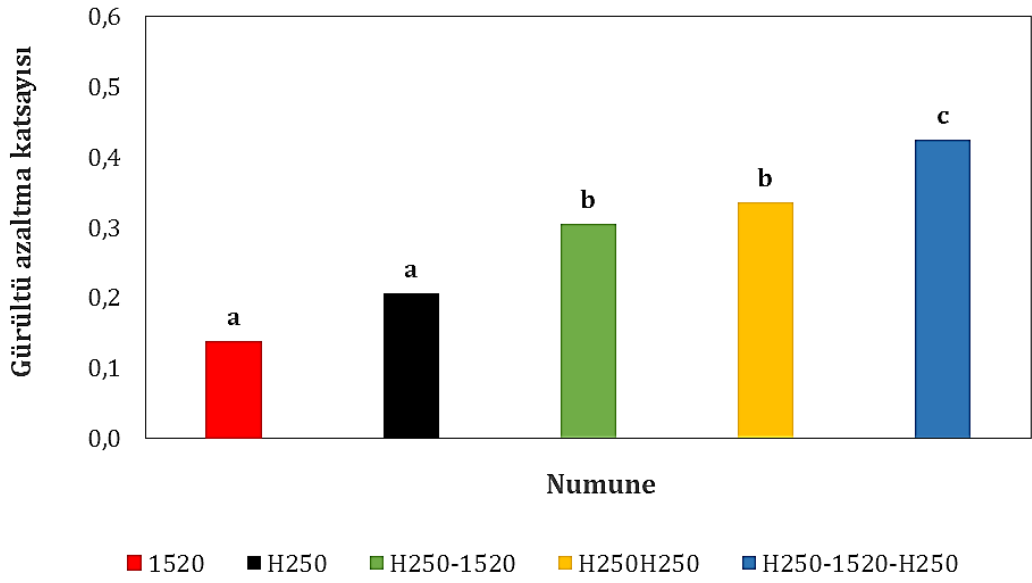
Şekil 4.168’de 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,205, 0,305, 0,336 ve 0,425 olarak hesaplanmıştır. 1520 takviyesi ile elde edilen kompozit yapıların GAK değerlerindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. H250 ve H250-1520 ile H250H250 ve H250-1520-H250 birbirlerinden farklı bulunmuştur.

Şekil 4.170’te 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,266, 0,335, 0,423 ve 0,525 olarak hesaplanmıştır. Burada da tüm numunelerin ortalama GAK değerleri anlamlı olarak birbirinden farklıdır. 1520 takviyesi ile GAK değerlerinde belirgin ve anlamlı artış sağlandığı görülmektedir.

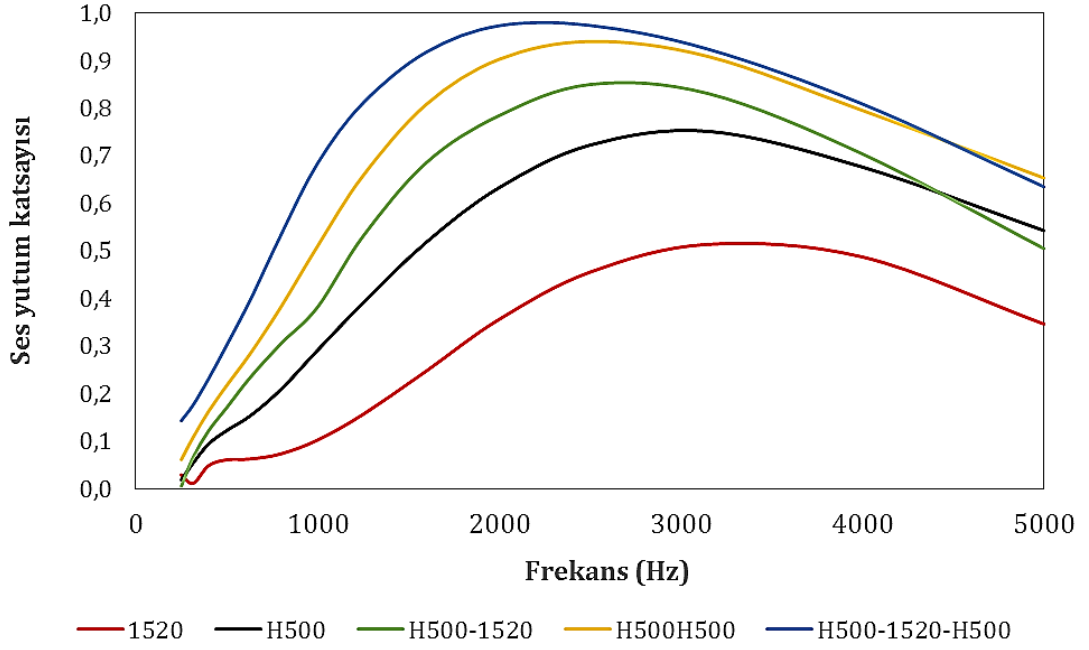
Şekil 4.172’de 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,358, 0,449, 0,504 ve 0,574 olarak hesaplanmış olup elde edilen yapıların hepsi istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur.



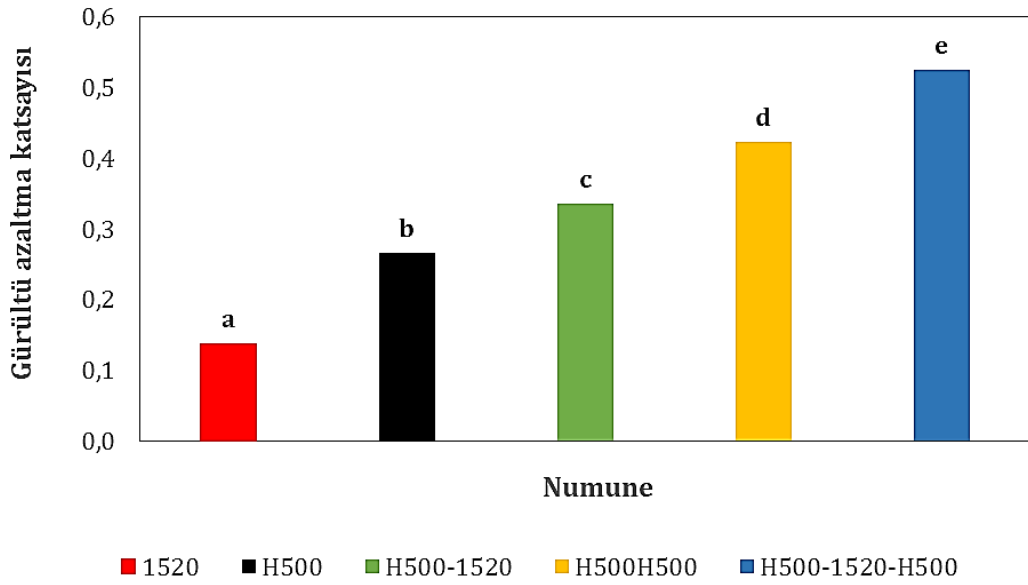
Şekil 4.167. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



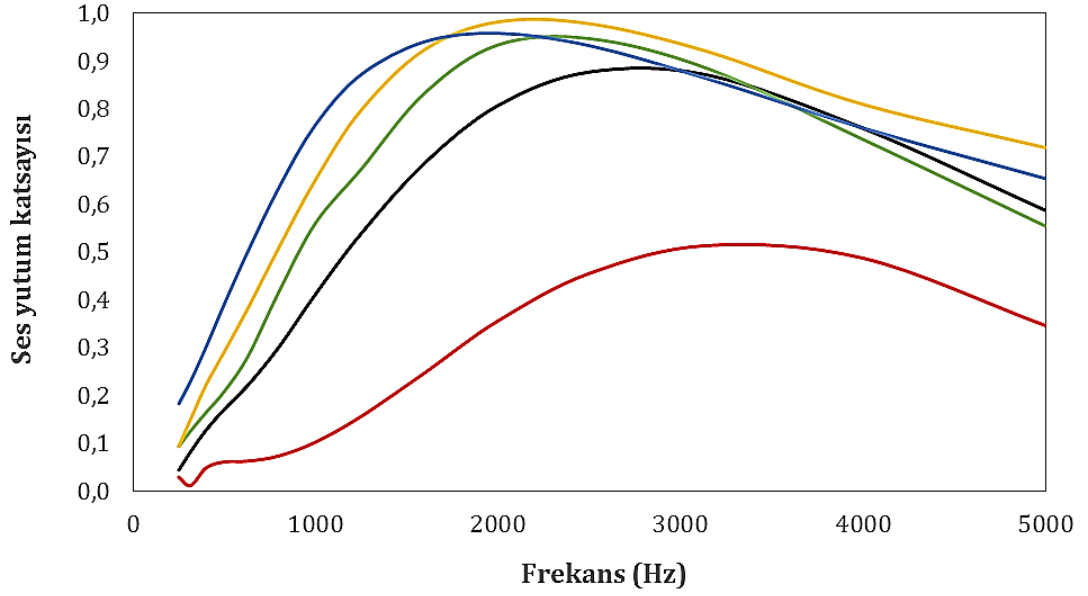
Şekil 4.168. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.169. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

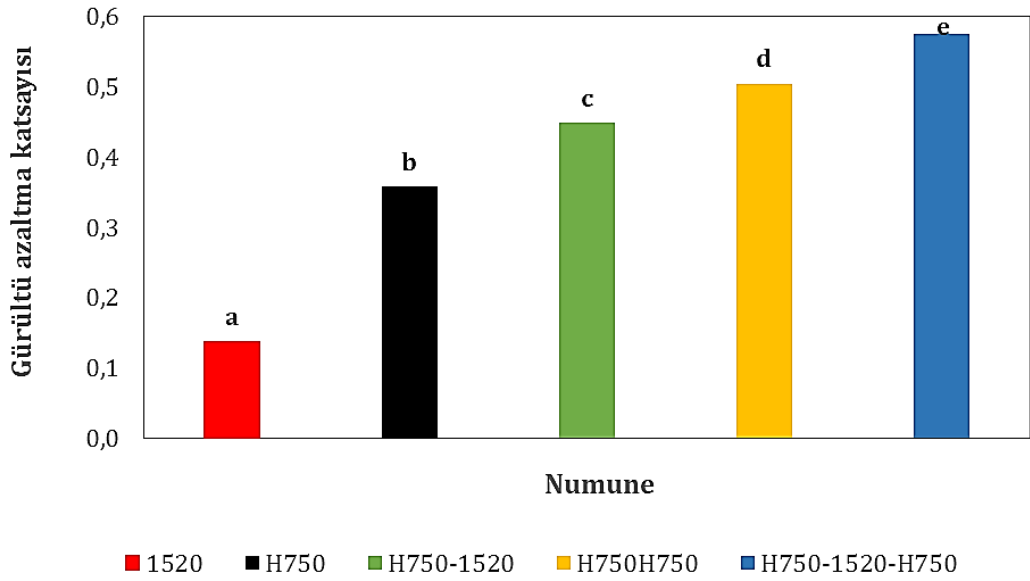


Şekil 4.170. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



— 1520 — H750 — H750-1520 — H750H750 — H750-1520-H750

Şekil 4.171. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



■ 1520 ■ H750 ■ H750-1520 ■ H750H750 ■ H750-1520-H750

Şekil 4.172. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 kodlu, 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 kodlu ve 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.173, 4.175 ve 4.177'de verilmiştir.

Şekil 4.173'te 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 kodlu yapılar için en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,514, 3150 Hz'te 0,833, 2500 Hz'te 0,898, 2500 Hz'te 0,974 ve 2000 Hz'te 0,983 olarak ölçülmüştür. 1520 takviyesi ile A250-1520 kodlu kompozit yapı 3500 Hz frekansına kadar A250'den daha yüksek değerlere sahip olmuştur. 3500 Hz'ten yüksek frekanslarda A250'nin SYK değerleri daha yüksek ölçülmüştür. A250-1520-A250 ise takviye edilen 1520 sayesinde 2500 Hz frekansına kadar A250A250'den daha yüksek SYK değerleri ölçülürken 2500'den yüksek frekanslarda A250A250 daha iyi ses yutumu sağlamıştır.

Şekil 4.175'te 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 kodlu yapılar için en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,514, 2500 Hz'te 0,976, 2500 Hz'te 0,981, 2000 Hz'te 0,946 ve yine 2000 Hz'te 0,885 olarak ölçülmüştür. Sandviç yapı (A500-1520-A500) için nanolif takviyesi sayesinde 1200 Hz frekansına kadar A500A500 iki katlı dokusuz yüzey yapısından daha yüksek SYK değerleri tespit edilmiştir. A500-1520 kompozit yapısı ise 1000 Hz frekansına kadar A500'den daha iyi SYK değerlerine sahip olurken 1000-1200 Hz arası hemen hemen aynı SYK değerleri ölçülmüş 1200-2500 arasında yine A500-1520 daha iyi değerler vermiş ve 2500 Hz'ten yüksek frekanslarda ise ölçülen SYK değerleri daha düşük olmuştur.

Şekil 4.177'de 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 kodlu yapılar için en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,514, 1600 Hz'te 0,802, 1600 Hz'te 0,746, 5000 Hz'te 0,613 ve yine 5000 Hz'te 0,584 olarak ölçülmüştür. Sandviç yapının (A1000-1520-A1000) SYK değerlerinin 250 ve 315 Hz frekansı hariç hep A1000A1000 yapısından daha düşük olduğu görülmektedir. Nanolif takviyesinin A1000'li yapılarda etkisinin çok fazla

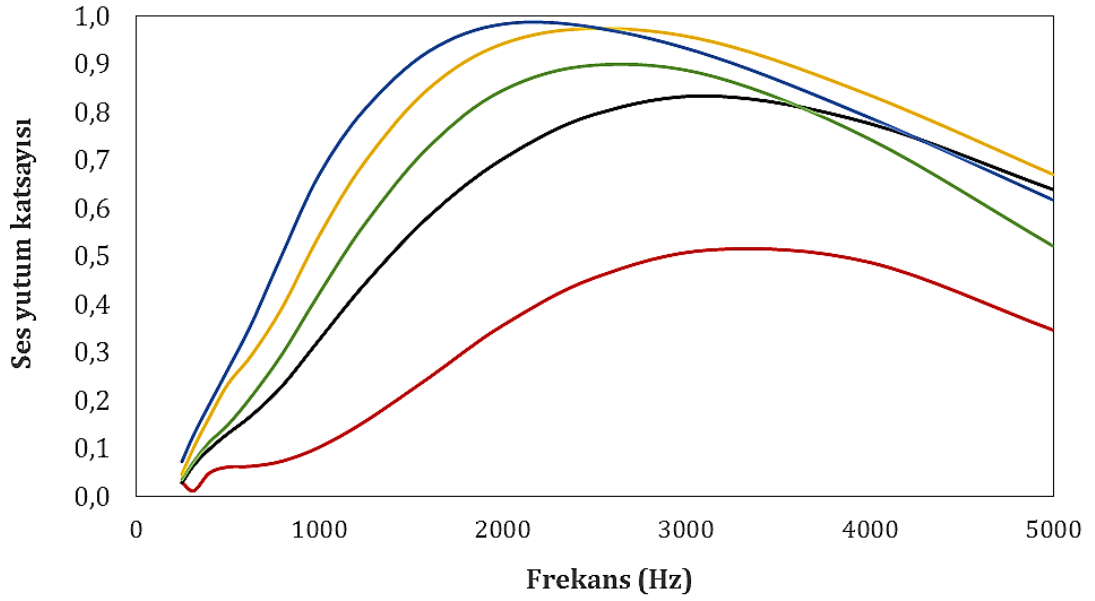
olmadığı şekilden görülmektedir. Hatta olumsuz etkilediğini söylemek mümkündür.

1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 kodlu, 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 kodlu ve 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 kodlu GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.174, 4.176 ve 4.178'de verilmiştir.

Şekil 4.178'de 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 kodlu yapılar için GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,297, 0,363, 0,441 ve 0,497 olarak ölçülmüştür. 1520 kodlu nanoliflerin takviyesi ile GAK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar elde edildiği görülmektedir.

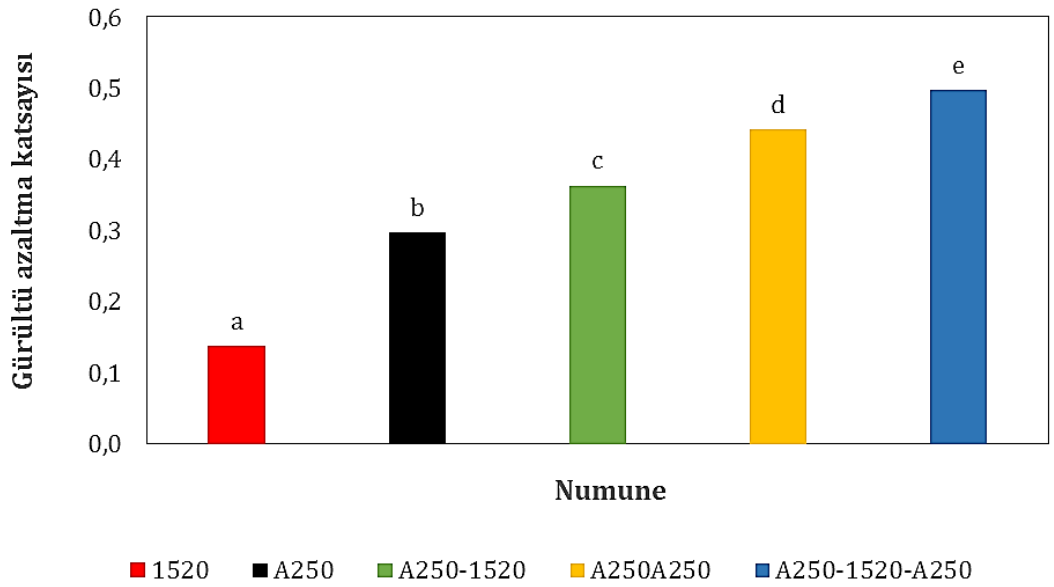
Şekil 4.176'da 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,436, 0,454, 0,525 ve 0,549 olarak hesaplanmıştır. 1520 kodlu nanolif takviye edilen kompozit yapıların GAK değerlerinin daha yüksek olmasına rağmen A500 ile A500-1520 arasında ve A500A500 ile A500-1520-A500 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. A500-1520 ile A500-1520-A500 birbirlerinden farklıdır.

Şekil 4.178'de 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 0,137, 0,485, 0,442, 0,418 ve 0,410 olarak bulunmuştur. 1520 kodlu nanolif takviyesinin GAK değerlerini olumsuz etkilediği görülmektedir. A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.



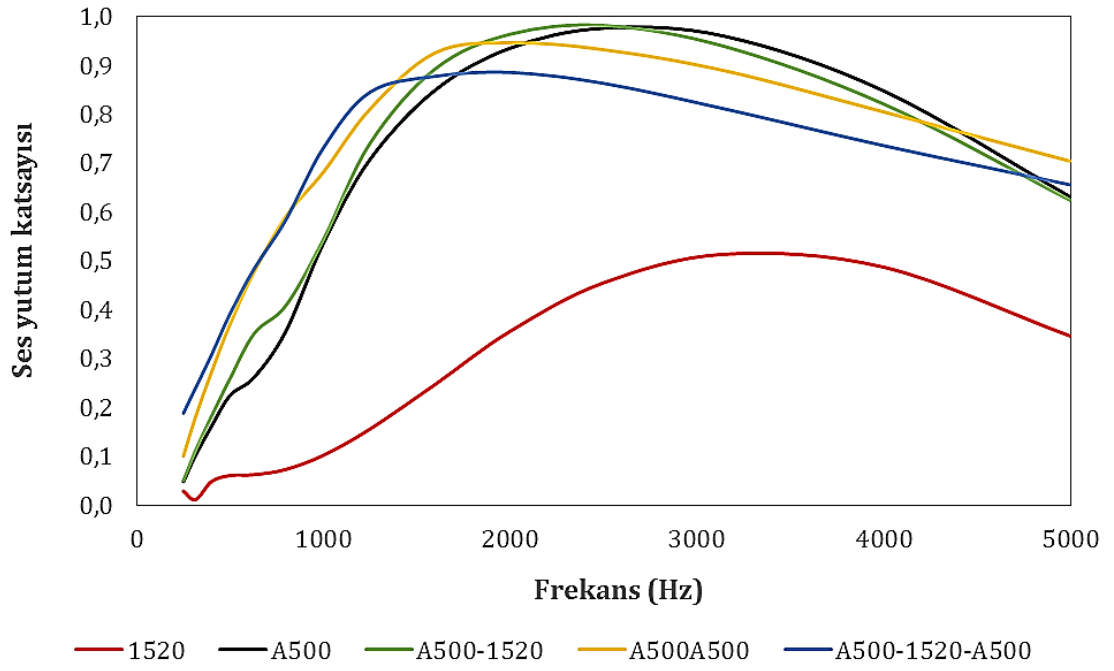
— 1520 — A250 — A250-1520 — A250A250 — A250-1520-A250

Şekil 4.173. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

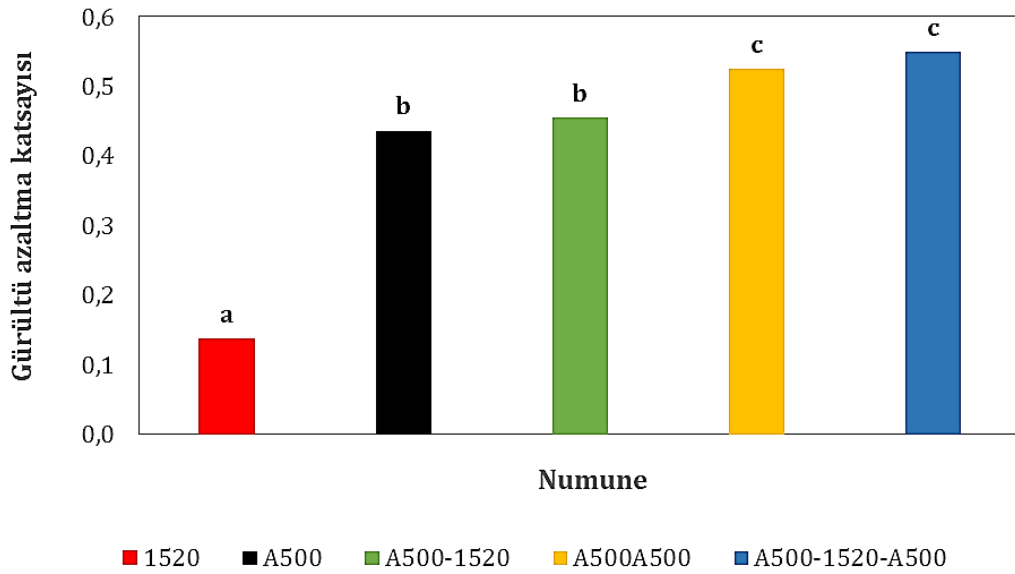


■ 1520 ■ A250 ■ A250-1520 ■ A250A250 ■ A250-1520-A250

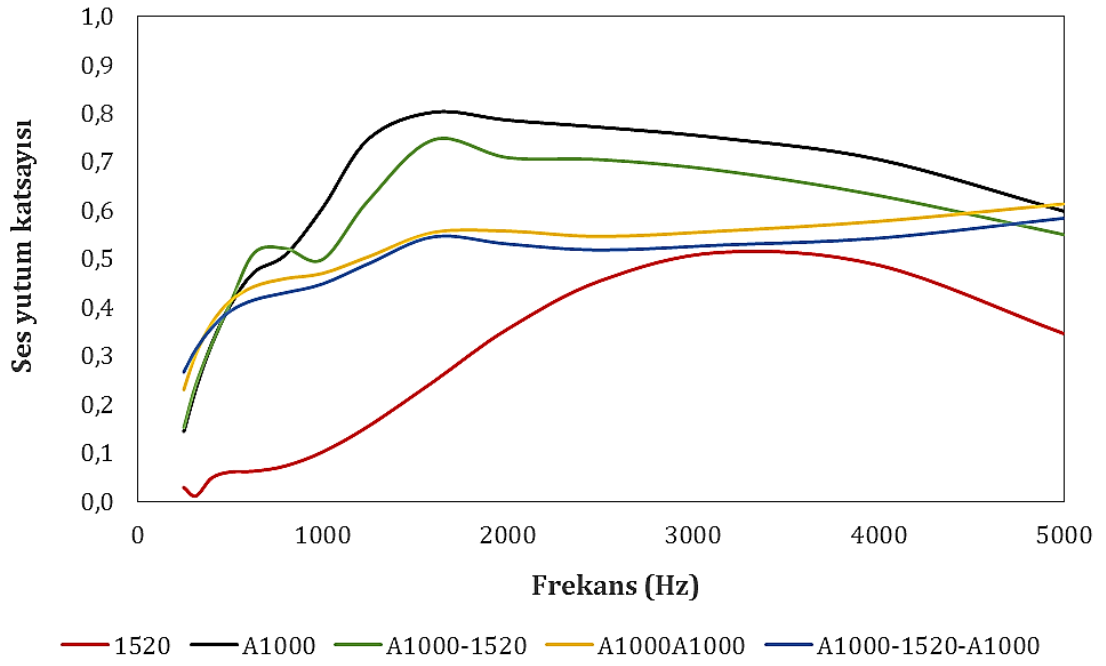
Şekil 4.174. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



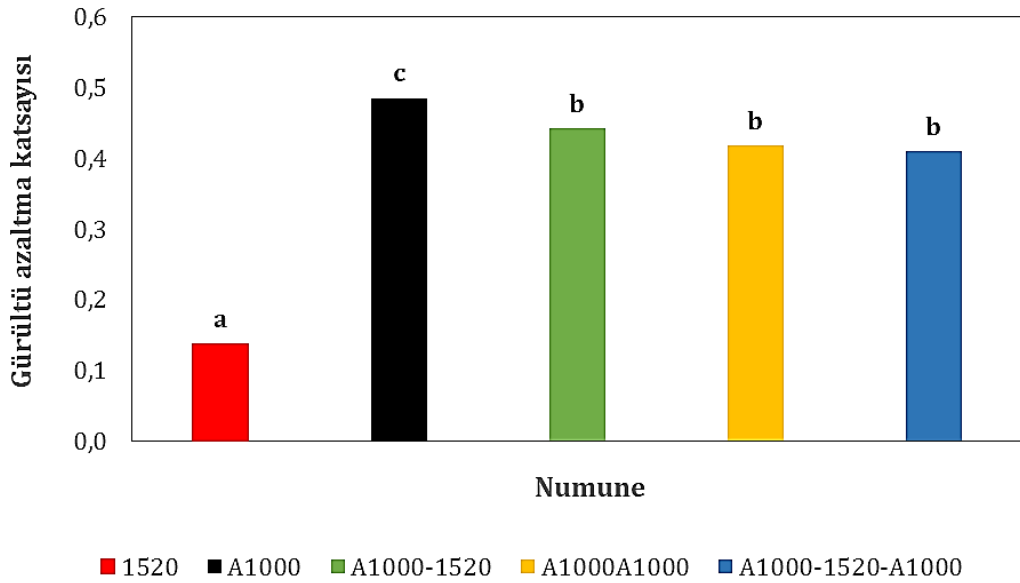
Şekil 4.175. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.176. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.177. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.178. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.5. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1360, H250, H250-1360, H250H250 ve H250-1360-H250 kodlu, 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 kodlu ve 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.179, 4.181 ve 4.183'te verilmiştir

Şekil 4.179'da 1360 kodlu nanolifli yapıda 2100 Hz frekansına kadar H250'den daha yüksek SYK değerleri ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca 500 Hz frekansına kadar daha belirgin olarak SYK değerleri yüksektir. 1360, H250, H250-1360, H250H250 ve H250-1360-H250 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2000 Hz'te 0,536, 3150 Hz'te 0,634, 2000 Hz'te 0,871, 3150 Hz'te 0,848 ve 1600 Hz'te 0,893 olarak ölçülmüştür. En yüksek SYK değerlerine sahip olan yapı 2100 Hz frekansına kadar sandviç yapı olmuştur. 1360 kodlu nanolifli yapının H250'ye takviyesi 3900 Hz frekansına kadar H250-1320 kodlu yapının SYK değerlerini çok artırmıştır.

Şekil 4.181'de 1360 kodlu nanoliflerin takviyesi ile H500-1360'ın, 3000 Hz frekansına kadar H500 yapısından çok daha yüksek SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir. H500-1360-H500 ise 1800 Hz'e kadar daha yüksek SYK değerlerine sahip olması sebebiyle H500H500'den daha iyi bir ses yutucudur.

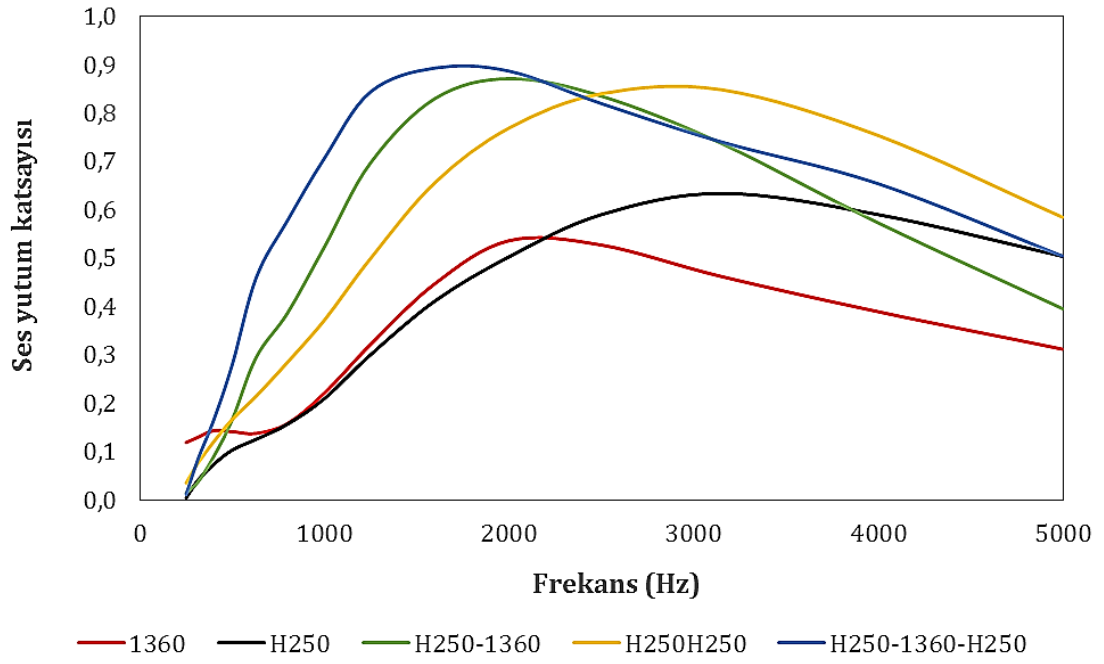
Şekil 4.183. 1360 kodlu nanoliflerin takviyesi ile H750-1360 kompozit yapısının 2500 Hz'e kadar H750'den daha yüksek, H750-1360-H750 kodlu sandviç yapının da 1100 Hz'e kadar H750H750'den daha iyi bir ses yutucu olduğu görülmektedir.

1360, H250, H250-1360, H250H250 ve H250-1360-H250 kodlu, 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 kodlu ve 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla 4.180, 4.182 ve 4.184'de verilmiştir

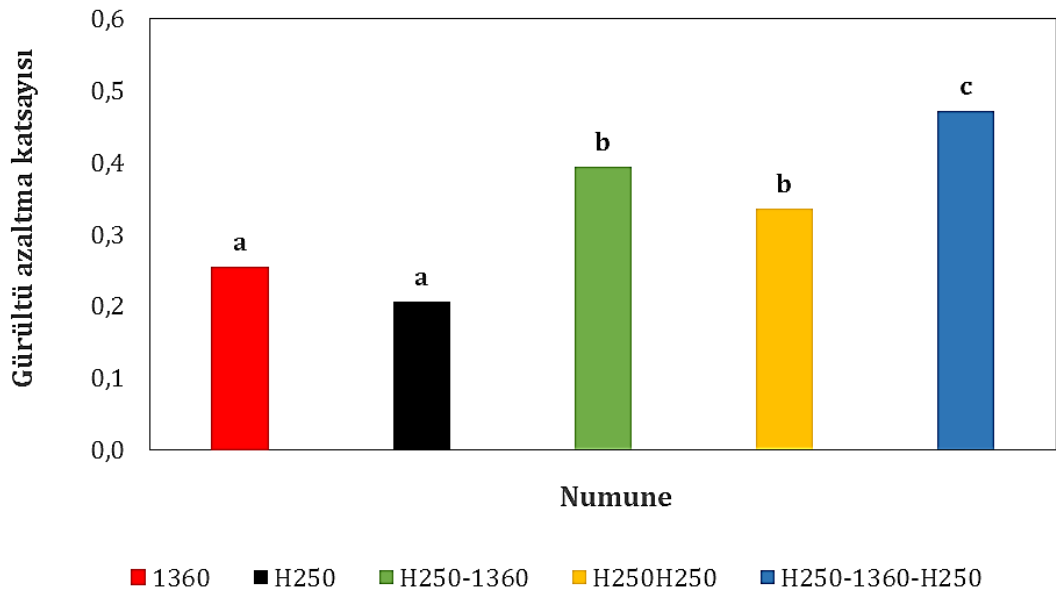
Şekil 4.180'de 1360, H250, H250-1360, H250H250 ve H250-1360-H250 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,205, 0,394, 0,336 ve 0,471 olarak hesaplanmıştır. 1360 kodlu nanolif membran H250'den daha yüksek GAK değerine sahiptir. 1360 takviyesi ile GAK değerlerinde belirgin artış meydana geldiği görülmektedir. H250 ile H2501360 ve H250H250 ile H250-1360-H250 anlamlı olarak birbirlerinden farklıdır. H250-1360'ın kendisinden daha kalın olan H250H250'den daha yüksek GAK değerine sahip olduğu da şekilden görülmektedir.

Şekil 4.182'de 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,266, 0,418, 0,423 ve 0,479 olarak hesaplanmıştır. 1360 nanoliflerinin takviyesi ile elde edilen H500-1360 kodlu kompozit yapıda H500'den çok daha yüksek GAK değeri tespit edildiği görülmektedir. H500 ile H500-1360 ortalama değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

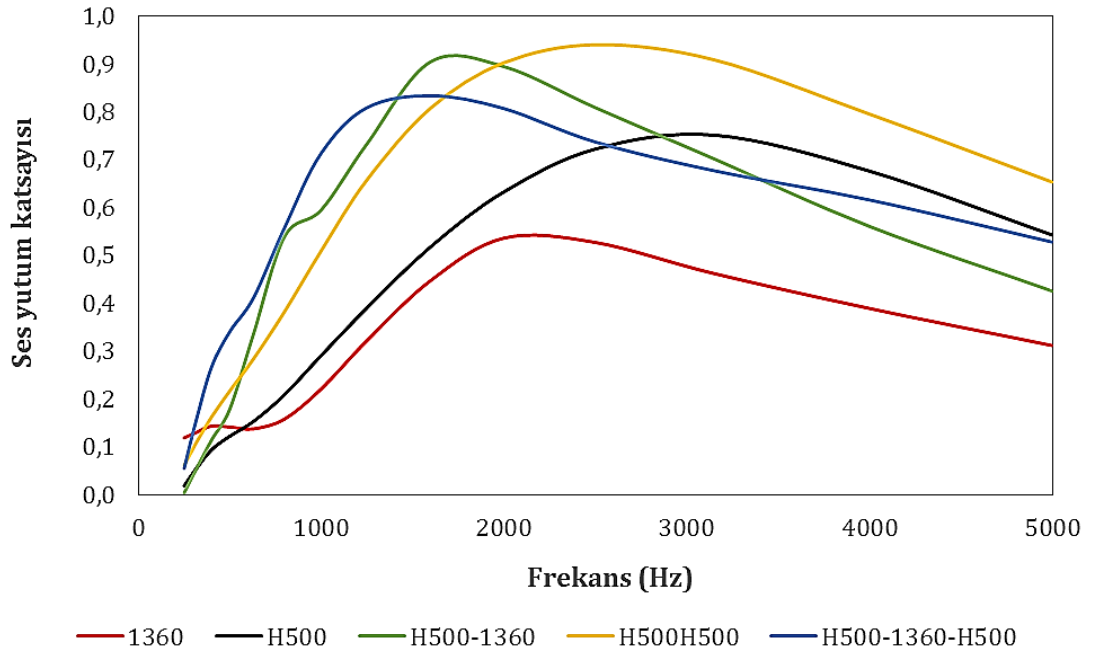
Şekil 4.184'te 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,358, 0,457, 0,504 ve 0,536 olarak hesaplanmıştır. 1360 kodlu nanoliflerin takviyesi ile H750-1360 ve H750-1360-H750 kompozit yapılarının GAK değerlerinde iyileşme olduğu görülmektedir. H750 ile H750-1360 ve H750H750 arasındaki fark anlamlı iken H750H750 ile H750-1360-H750 arasında anlamlı fark bulunmamıştır.



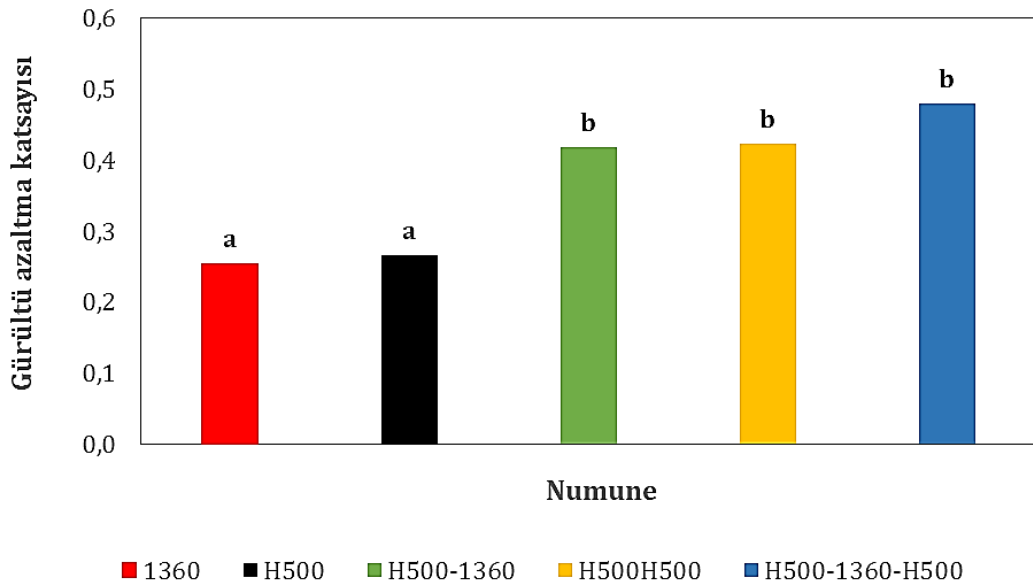
Şekil 4.179. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



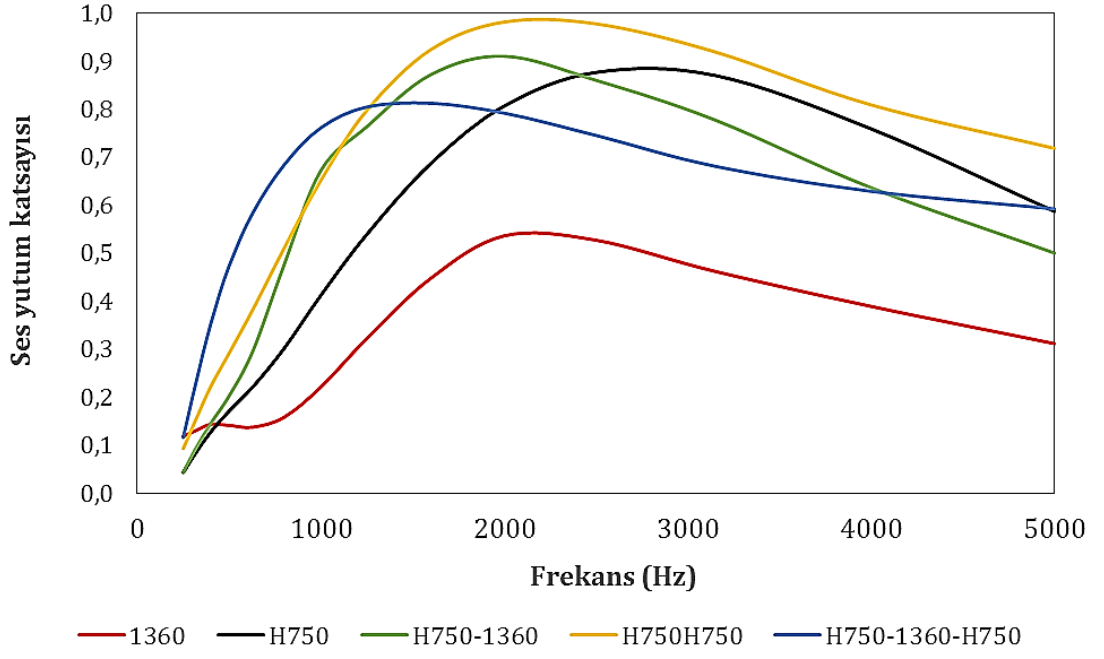
Şekil 4.180. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



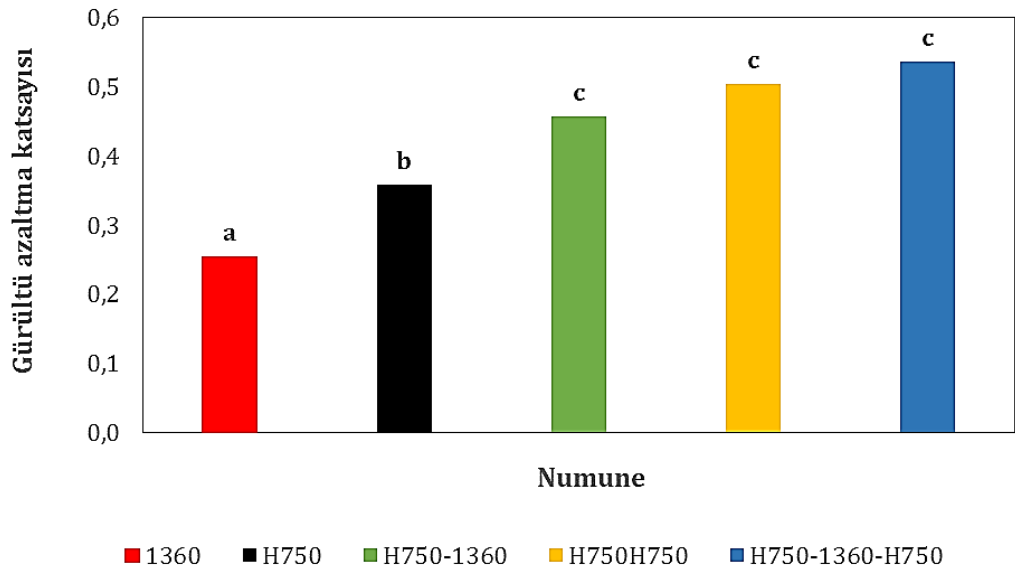
Şekil 4.181. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.182. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.183. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



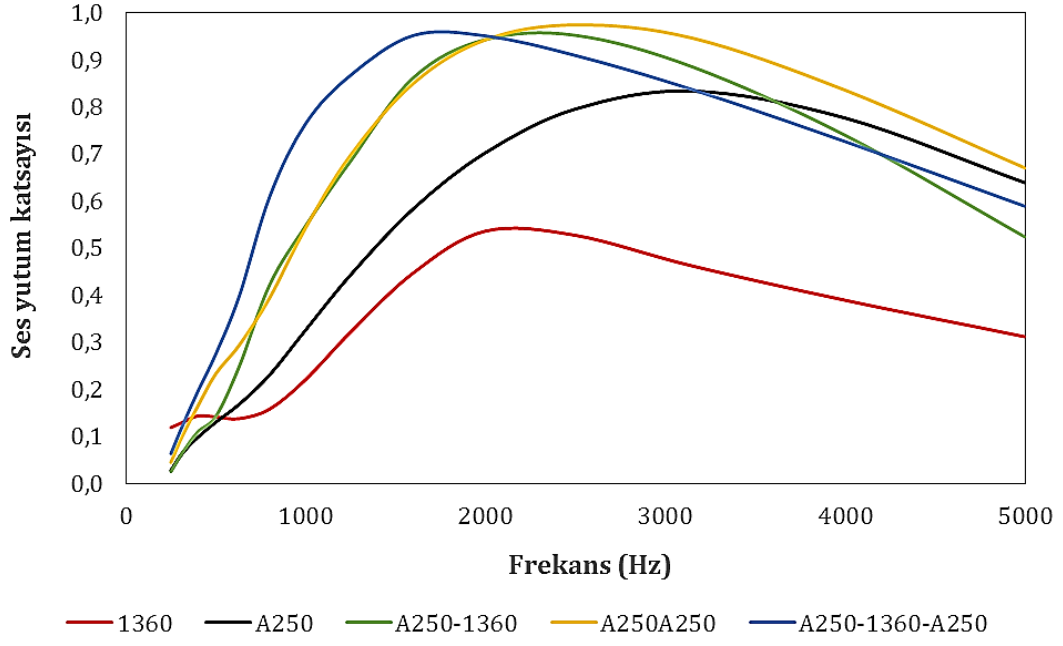
Şekil 4.184. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 kodlu, 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 kodlu ve 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.185, 4.187 ve 4.189'da verilmiştir

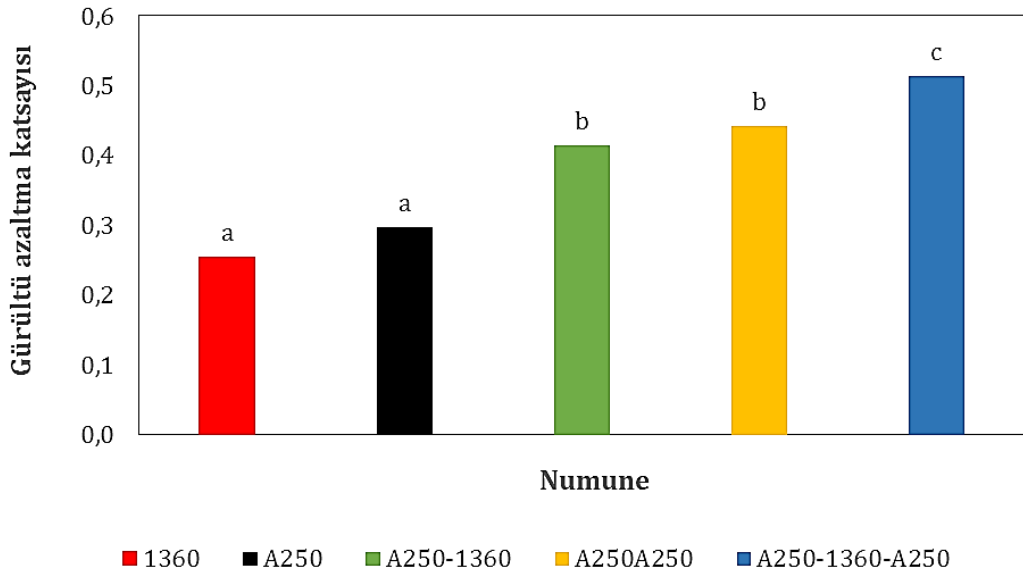
Şekil 4.185'te 1360 kodlu nanoliflerin takviyesi ile elde edilen A250-1360-A250 sandviç yapısının SYK değerlerinin 2000 Hz frekansına kadar diğer numunelerden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. A250-1360'nin ise 3500 Hz'e kadar A250'den belirgin olarak daha iyi SYK değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.187'de 1360 kodlu nanoliflerin takviyesi ile A500-1360-A500 sandviç yapısının SYK değerlerinin 1000 Hz frekansına A500A500'den biraz yüksek olmasına rağmen 1000 Hz'ten sonraki frekanslarda SYK değerlerinde çok düşüş olduğu görülmektedir. A500-1360 kodlu kompozit yapı ise A500'den 2000 Hz frekansına kadar daha iyi bir ses yutucudur. Şekil 1360 nanoliflerin takviyesi ile A1000-1360 kompozit yapısı 500-1000 Hz frekans aralığında A1000 yapısından daha yüksek SYK değerlerine sahip olmasına rağmen sonraki frekanslarda değerlerin düştüğü görülmektedir. Sandviç yapı için ise tüm frekanslarda A1000A1000'den daha düşük SYK değerleri tespit edilmiştir.

1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 kodlu, 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 kodlu ve 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.186, 4.188 ve 4.190'da verilmiştir

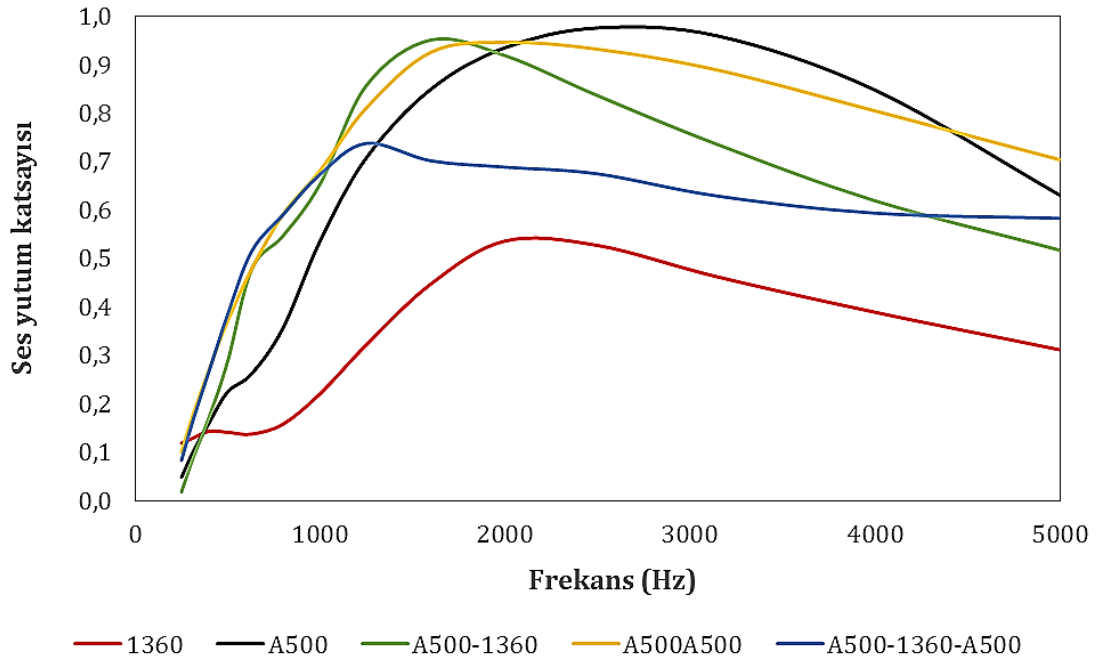
Şekil 4.186'da 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,297, 0,415, 0,441 ve 0,514 olarak hesaplanmıştır. 1360 nanolif takviyesinin GAK değerlerini artırdığı ve A250 ile A250-1360 arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmektedir. Şekil 4.188'de 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,436, 0,470, 0,525 ve 0,458 olarak hesaplanmış olup sandviç yapının GAK değerinde kötüleşme olduğu görülmektedir. Şekil 4.190'da 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 kodlu yapıların GAK değerleri sırasıyla 0,254, 0,485, 0,454, 0,418 ve 0,315 olmuştur.



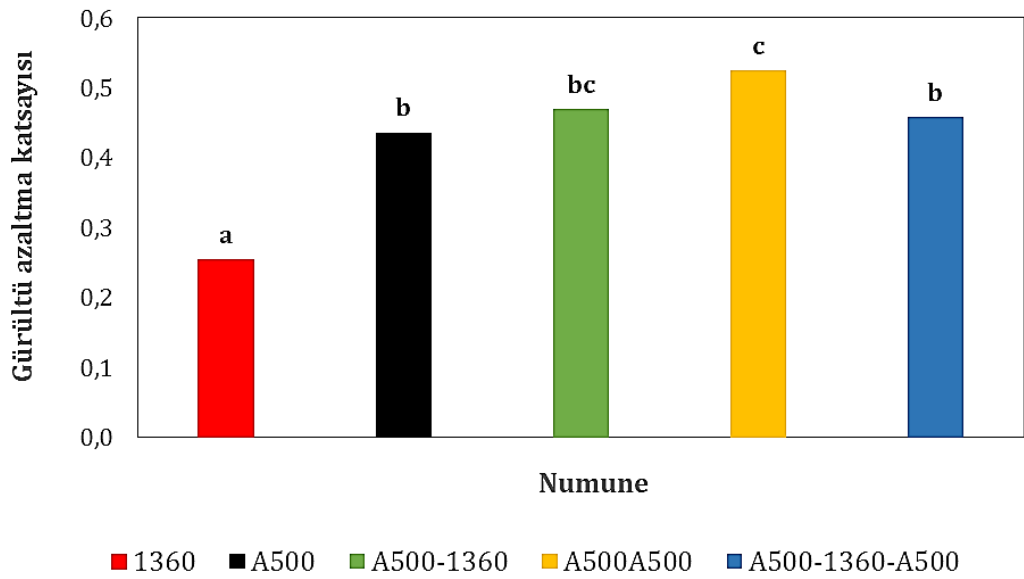
Şekil 4.185. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



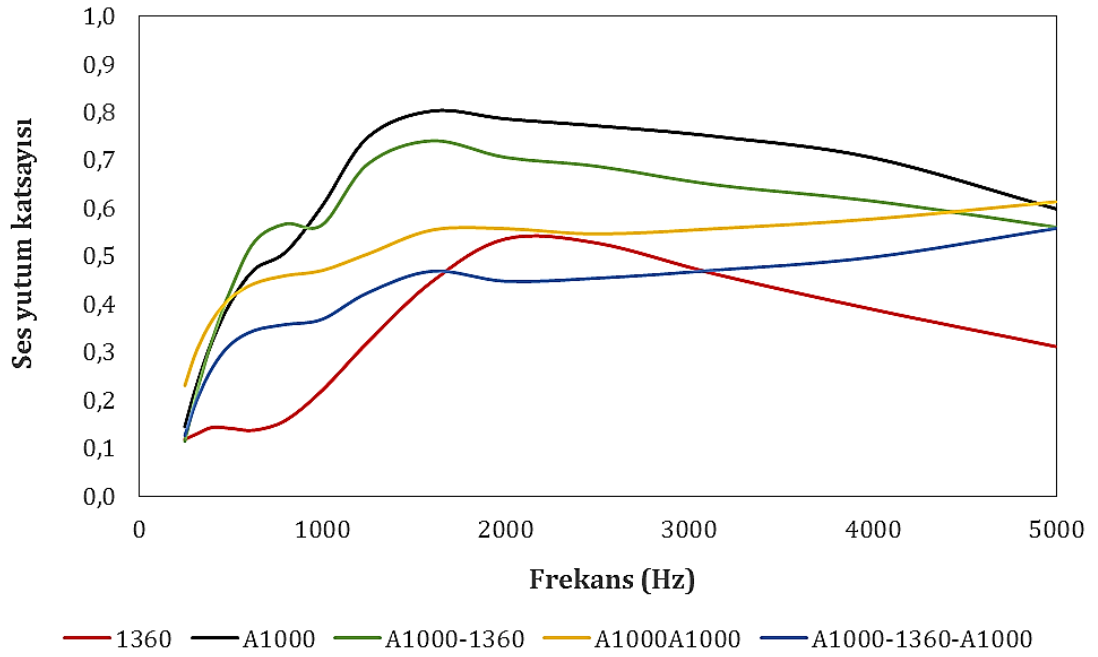
Şekil 4.186. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



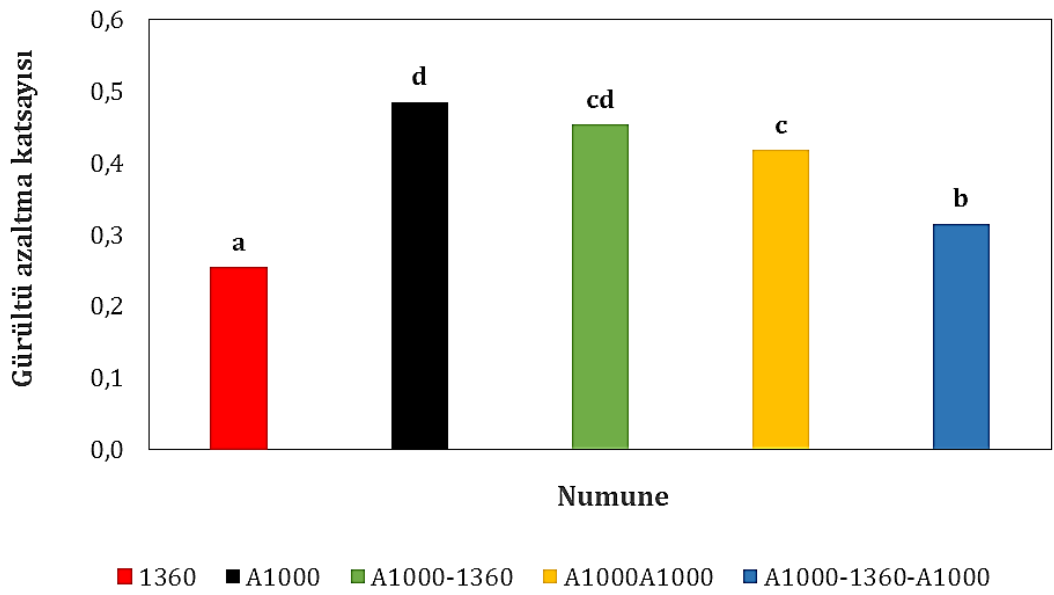
Şekil 4.187. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.188. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.189. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.190. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.6. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltilisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 kodlu, 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 kodlu ve 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 kodlu numunelere ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.191, 4.193 ve 4.195'te görülmektedir.

Şekil 4.191'de 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,642, 3150 Hz'te 0,634, 2000 Hz'te 0,946, 3150 Hz'te 0,848 ve 2000 Hz'te 0,911 olarak ölçülmüştür. 1560 kodlu nanoliflerin takviyesi ile meydana gelen kompozit yapılarda özellikle düşük frekans aralıklarında çok belirgin artışlar meydana geldiği görülmektedir. 1560 takviyesi ile H250-1560 için 2500 Hz'e kadar yapıların hemen hepsinden (1200 Hz'e kadar H250-1560-H250 daha iyi) daha iyi SYK değerleri ölçülmüştür. H250-1560-H250'a ait SYK eğrisinin sola kayarak 1200 Hz'e kadar tüm yapılardan daha iyi ses yutumu sağladığı görülmektedir.

Şekil 4.193'te 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 kodlu yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,642, 3150 Hz'te 0,751, 1600 Hz'te 0,891, 2500 Hz'te 0,940 ve 1600 Hz'te 0,790 olarak ölçülmüştür. 1500 Hz frekansına kadar H500-1560-H500'ün SYK değerlerinin H500H500'den çok yüksek, daha yüksek frekanslarda ise H500H500 yapısından çok daha düşük ölçüldüğü görülmektedir. Sandviç yapı 1100 Hz frekansına kadar diğer yapılar ile elde edilemeyen SYK değerleri elde edilmesini sağlamıştır fakat daha yüksek frekanslarda sıkıştırılmış yapının etkisiyle ses yutumunda kötüleşme olmuştur. H500-1560 için ise 1100-3200 Hz aralığında H500-1560-H500 sandviç yapısından daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4.195'te 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 kodlu yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,642, 2500 Hz'te 0,876, 2000 Hz'te 0,852, 2000 Hz'te 0,981 ve 1000 Hz'te 0,797 olarak ölçülmüştür. 1560 kodlu nanolif takviyesi ile H750-1560-H750, 1000 Hz'e kadar

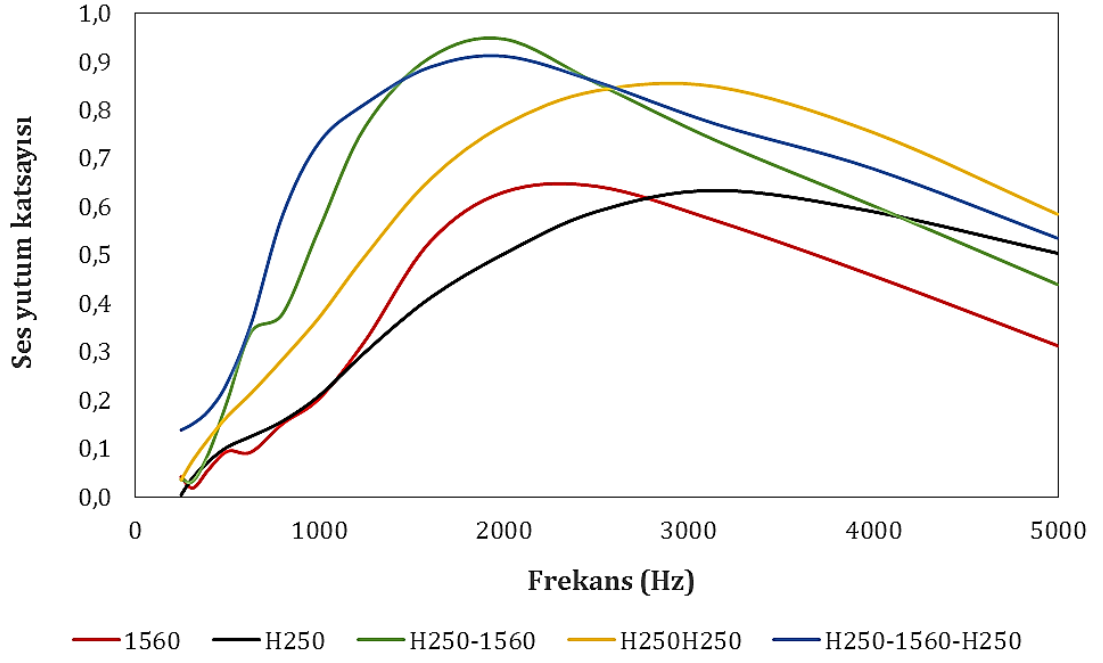
diğer yapılarından daha iyi bir ses yutucu iken 1000 Hz'ten yüksek frekanslarda ölçülen SYK değerlerinin çok düştüğü görülmektedir. H750-1560 yapısı için ise 2000 Hz'e kadar H750'den daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 kodlu, 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 kodlu ve 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.192, 4.194 ve 4.196'da görülmektedir.

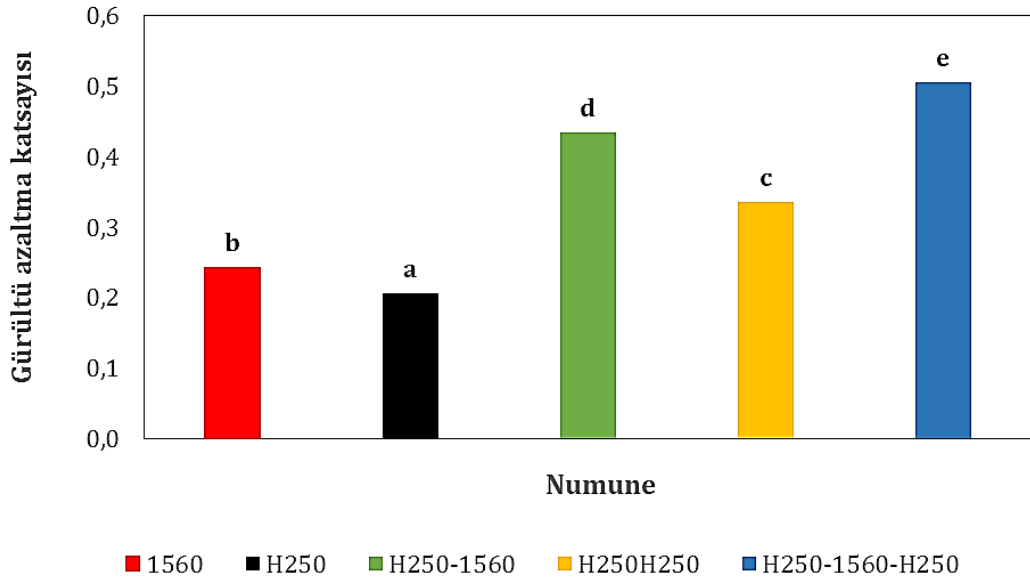
Şekil 4.192'de 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,205, 0,435, 0,336 ve 0,505 olarak hesaplanmıştır. 1560 kodlu nano membran yapısının GAK değerinin H250'den daha yüksek olduğu görülmektedir. 1560 takviyesi ile kompozit yapıların GAK değerlerinde belirgin iyileşmeler görülmüş ve aralarındaki farklar istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Çizelge 4.13'ten 1560 takviyesi ile H250-1560'ın GAK değerinin H250'ye göre % 111,8, H250-1560-H250 kompozit yapısının da H250H250 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 50,3 arttığı görülmektedir.

Şekil 4.194'te 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,266, 0,447, 0,423 ve 0,508 olarak hesaplanmıştır. Daha ince olan H500-1560 yapısının H500H500 yapısından daha yüksek GAK değerine sahip olduğu görülmektedir. Çizelge 4.13'te 1560 takviyesi ile H500-1560'ın GAK değerinin H500'e göre % 67,9, H500-1560-H500 sandviç yapısının da H500H500 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 20,1 artmıştır. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

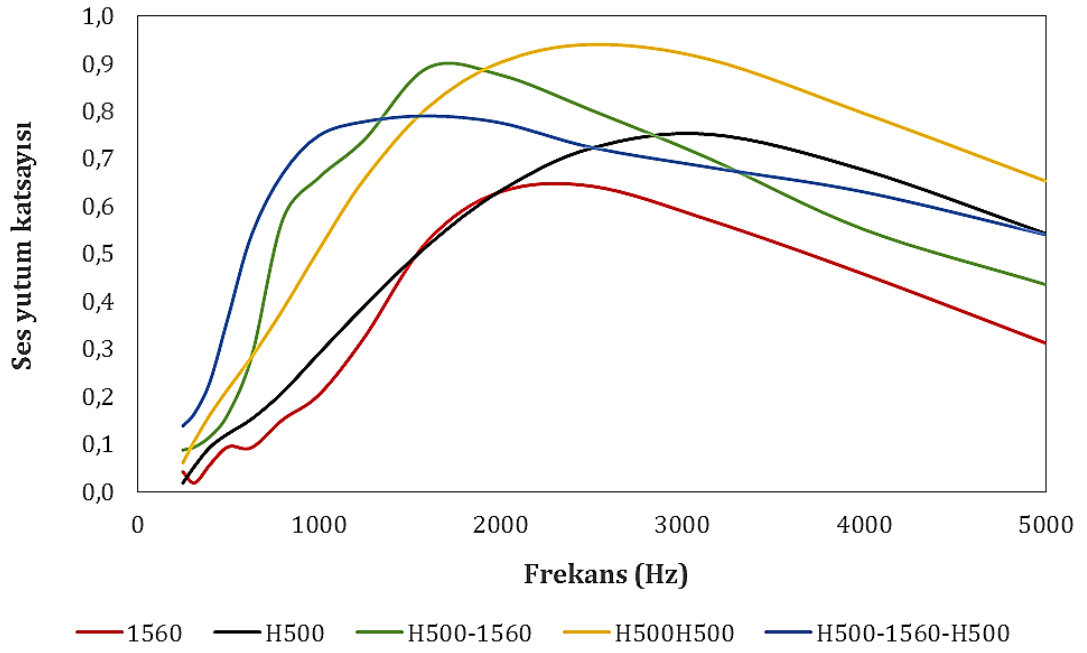
Şekil 4.196'da 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,358, 0,471, 0,504 ve 0,550 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 1560 takviyesi ile H750-1560'ın GAK değerinin H750'ye göre % 31,5, H750-1560-H750 sandviç yapısının da H750H750 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 9,10 arttığı görülmektedir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.



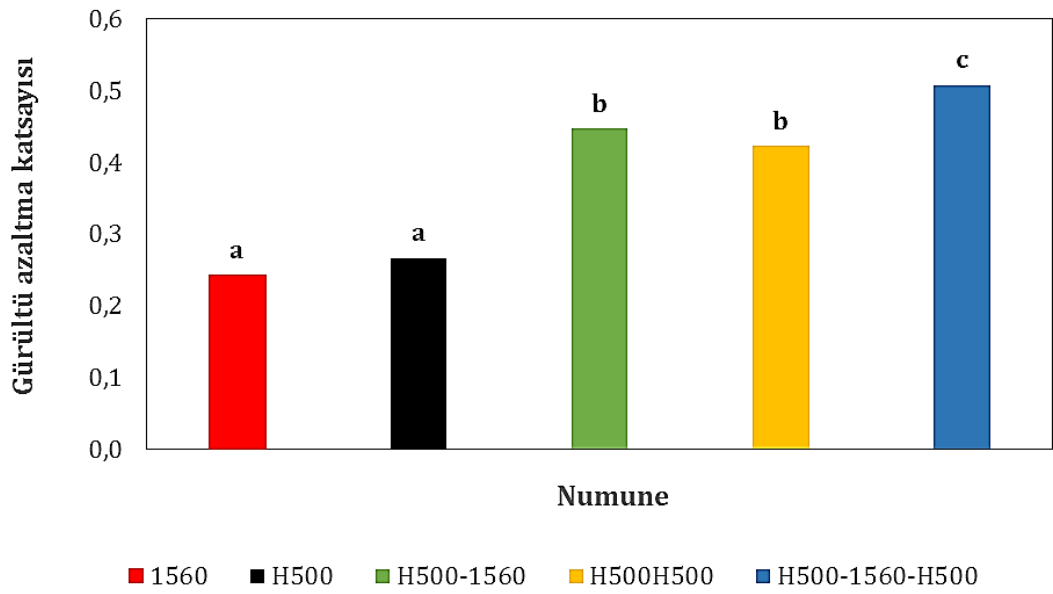
Şekil 4.191. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



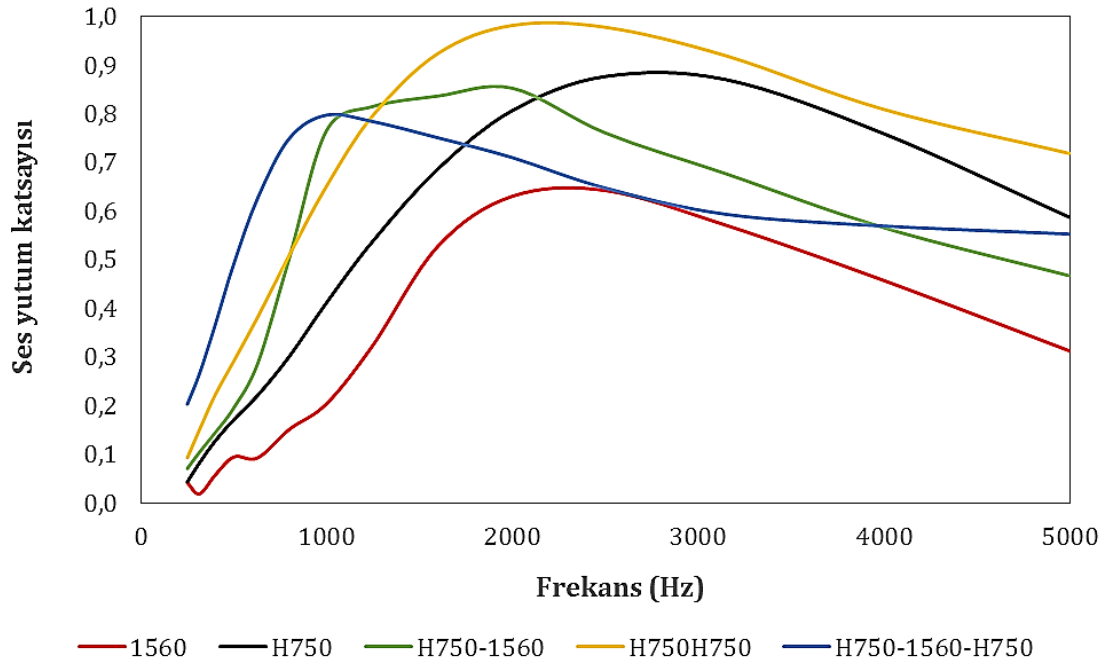
Şekil 4.192. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



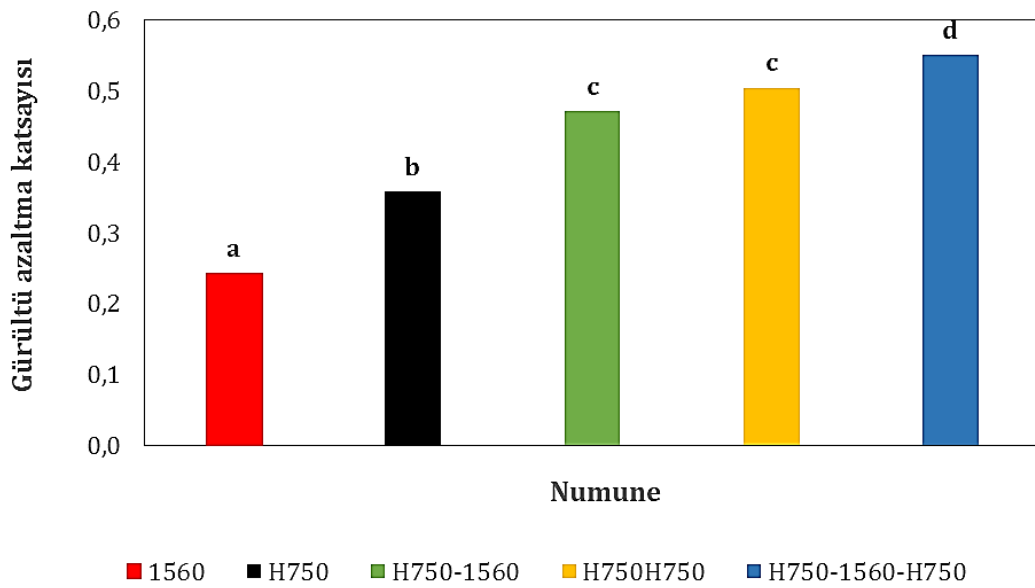
Şekil 4.193. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.194. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.195. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.196. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 kodlu, 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 kodlu ve 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 kodlu yapılara ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.197, 4.199 ve 4.201'de görülmektedir

Şekil 4.197'de 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 kodlu yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,642, 3150 Hz'te 0,833, 1600 Hz'te 0,962, 2500 Hz'te 0,974 ve 1600 Hz'te 0,896 olarak ölçülmüştür. 1560 takviyesi ile elde edilen A250-1560 için 2000 Hz'e kadar yapıların hemen hepsinden (1200 Hz'e kadar A250-1560-A250 daha iyi) daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. A250-1560-A250'ye ait SYK eğrisinin sola kayarak 1200 Hz'e kadar tüm yapılardan daha iyi ses yutumu sağladığı görülmektedir

Şekil 4.199'da A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 kodlu yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,976, 1600 Hz'te 0,913, 2000 Hz'te 0,946 ve 1250 Hz'te 0,779 olarak ölçülmüştür. 1560 yapısının takviyesi ile 1800 Hz frekansına kadar A500-1560 yapısı A500'den daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. Sandviç yapıdaki A500-1560-A500 numunesinde ise 1000 Hz'e kadar pek bir iyileşme görülmemiş, daha sonraki frekanslarda ise belirgin düşüşler ölçülmüştür.

Şekil 4.201'de A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 kodlu yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,802, 1600 Hz'te 0,730, 5000 Hz'te 0,613 ve yine 5000 Hz'te 0,540 olarak ölçülmüş olup en düşük SYK değerlerinin sandviç yapıda tespit edildiği görülmektedir. A1000-1560 yapısında ise 1000 Hz'e kadar iyileşme görülmüş, 1000 Hz'ten yüksek frekanslarda A1000'den daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür.

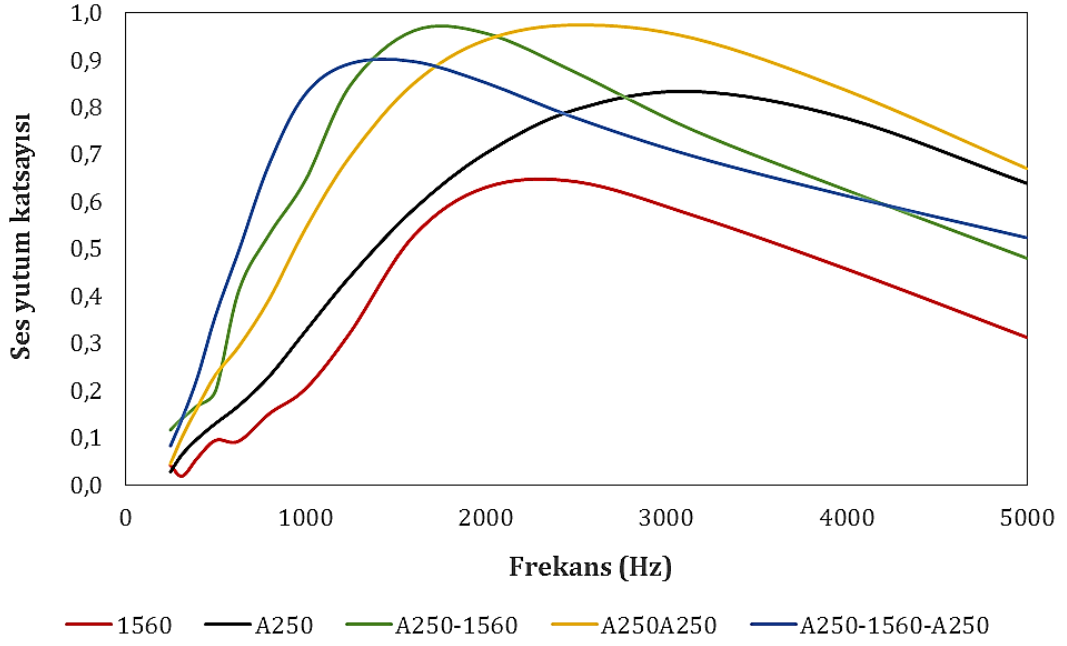
1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 kodlu, 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 kodlu ve 1560, A1000, A1000-

1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 kodlu numunelerin GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.198, 4.200 ve 4.202'de görölmektedir.

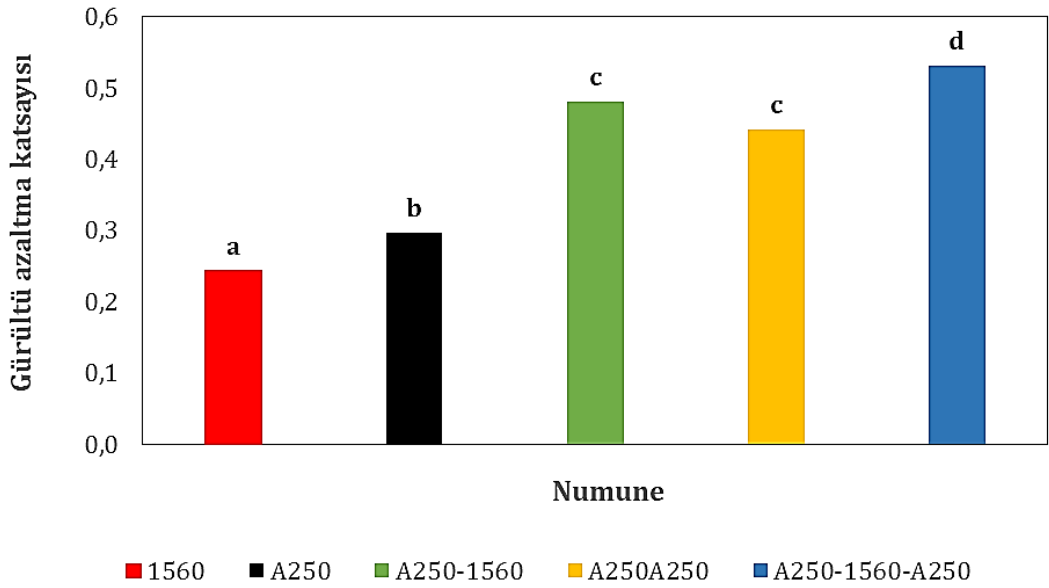
Şekil 4.198'de 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,297, 0,480, 0,441 ve 0,530 olarak hesaplanmıştır. Daha ince olan A250-1560 yapısının A250A250 yapısından daha yüksek GAK değerine sahip olduğu görölmektedir. Çizelge 4.13'te 1560 takviyesi ile A250-1560'ın GAK değerinin A250'ye göre % 61,6, A250-1560-A250 sandviç yapısının da A250A250 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 20,2 arttığı görölmektedir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Şekil 4.200'de 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,436, 0,457, 0,525 ve 0,494 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 1560 takviyesi ile A500-1560'ın GAK değerinin A500'e göre % 4,8, A500-1560-A500 sandviç yapısının da A500A500 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 6 azaldığı görölmektedir. A500 ile A500-1560 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken A500-1560-A500 anlamlı olarak A500A500'den düşüktür.

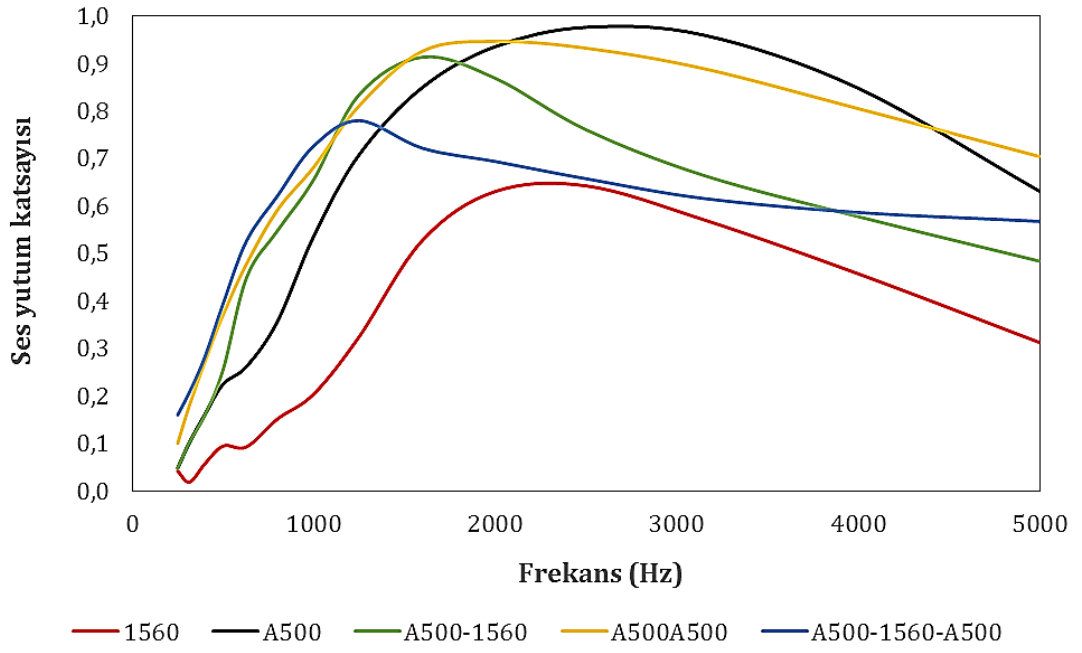
Şekil 4.202'de 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,243, 0,485, 0,455, 0,418 ve 0,339 olarak hesaplanmıştır. 1560 takviyesi ile GAK değerlerinde azalma görölmüştür. Çizelge 4.13'te A1000-1560'ın GAK değerinin A1000'e göre % 6,2, A1000-1560-A1000 sandviç yapısının da A1000A1000 iki katlı dokusuz yüzey yapısına göre % 18,8 azaldığı görölmektedir. Bu düşüşler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.



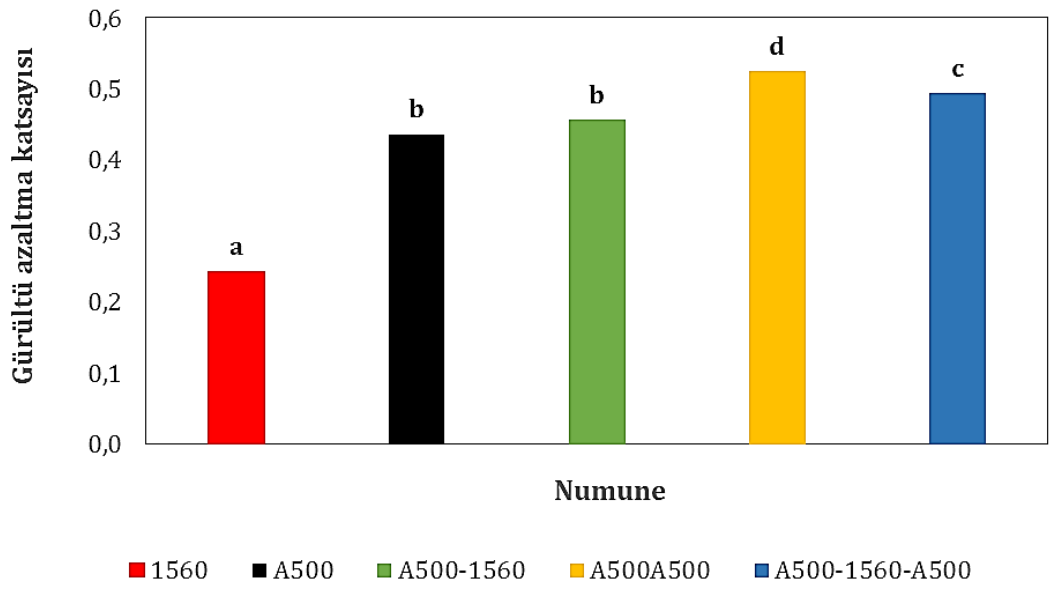
Şekil 4.197. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



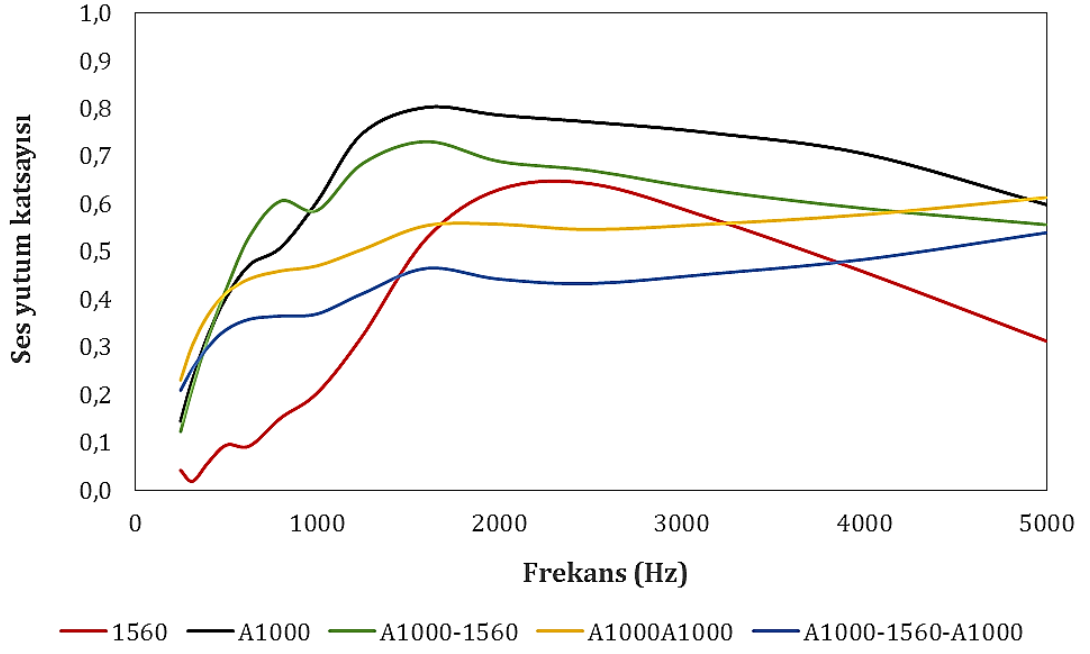
Şekil 4.198. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



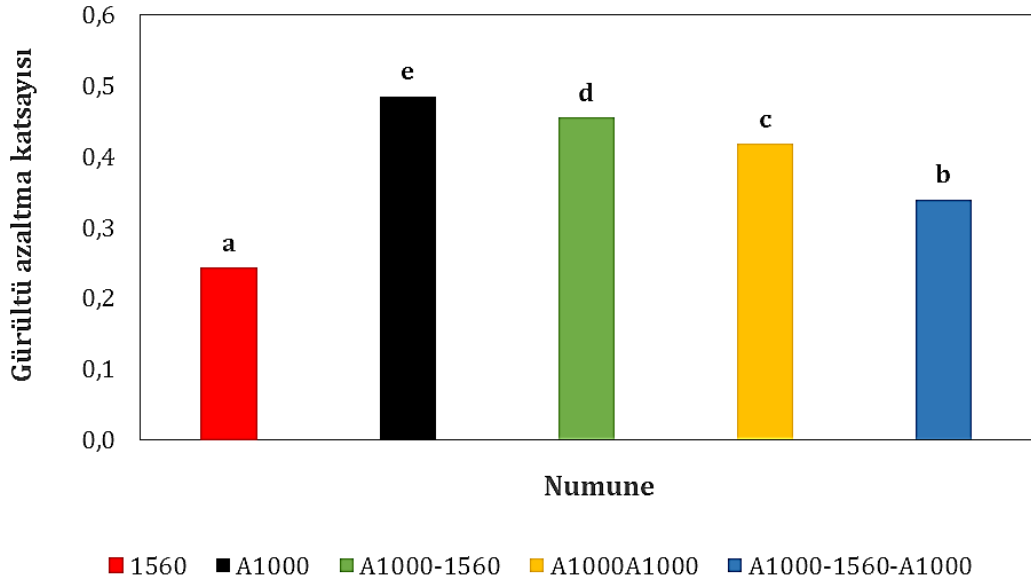
Şekil 4.199. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.200. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.201. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.202. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.7. Malzeme yapısının % 13 PU çözeltilisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 kodlu, 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 kodlu yapılara ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.203, 4.205 ve 4.207'de verilmiştir.

Şekil 4.203'te 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2000 Hz'te 0,638, 3150 Hz'te 0,634, 1600 Hz'te 0,886, 3150 Hz'te 0,848 ve 2000 Hz'te 0,884 olarak ölçülmüştür. 13120 kodlu nanolif membran yapının 2800 Hz frekansına kadar H250 kodlu tek katlı dokusuz yüzey yapıdan daha yüksek SYK değerlerine sahip olduğu görülmektedir. 13120 takviyesi ile H250-13120 kodlu kompozit yapının SYK değerleri 4000 Hz frekansına kadar H250'den çok yüksek ölçülmüştür. Şekilden dokusuz yüzey yapıların (H250 ve H250H250) SYK eğrileri aynı karakterde iken nanolifli yapıların hepsinin SYK eğrilerinin sola kaydığı görülmektedir.

Şekil 4.205'te H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 3150 Hz'te 0,751, 1600 Hz'te 0,924, 2500 Hz'te 0,940 ve 1600 Hz'te 0,792 olarak ölçülmüştür. 13120 kodlu nanolif membran takviyesi ile elde edilen H250-13120-H250 kodlu kompozit yapıda 1100 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerleri ölçüldüğü görülmektedir.

Şekil 4.207. H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 2500 Hz'te 0,876, 2500 Hz'te 0,930, 2000 Hz'te 0,981 ve 2000 Hz'te 0,976 olarak ölçülmüştür. Şekilde SYK eğrilerinin daha düzenli olduğu ve 1900 Hz frekansına kadar H750-13120-H750 yapısının tüm yapılardan daha iyi bir ses yutucu olduğu görülmektedir. 13120 takviyesi ile H750-13120 ise 3900 Hz'e kadar H750'den daha yüksek SYK

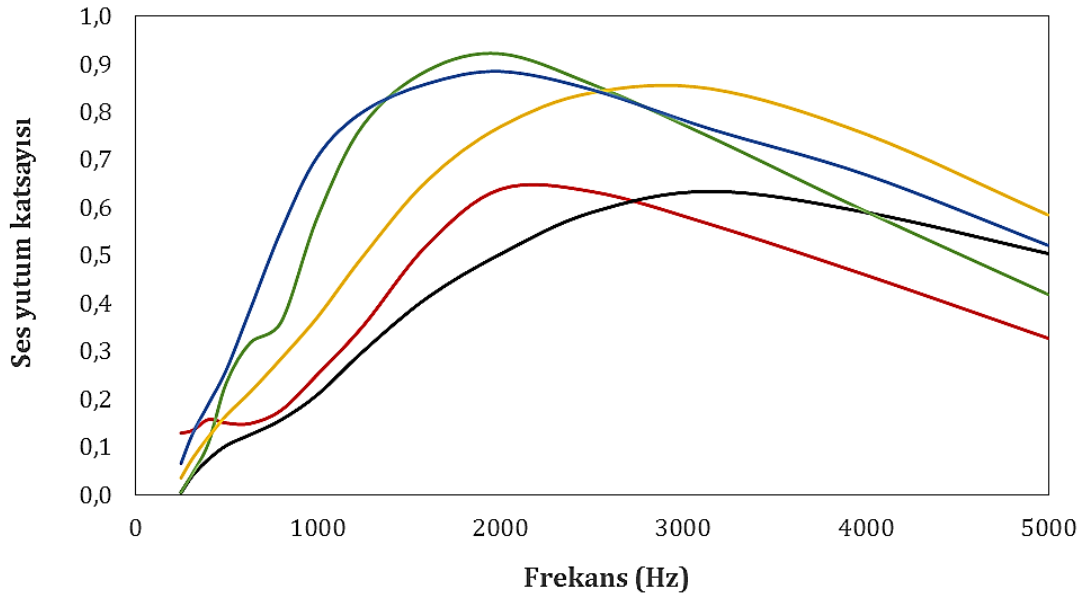
değerleri ölçülmüş olup daha yüksek frekanslardaki SYK değerleri için hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiştir.

13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 kodlu, 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 kodlu ve 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 kodlu yapılara ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.204, 4.206 ve 4.208'de verilmiştir.

Şekil 4.204'te 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,292, 0,205, 0,436, 0,336 ve 0,480 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te kodlu nanolif 13120 takviyesi ile elde edilen H250-13120'nin GAK değerinin H250'ye göre % 112,5 arttığı, H250-13120-H250'nin H250H250'ye göre % 42,9 arttığı görülmektedir.

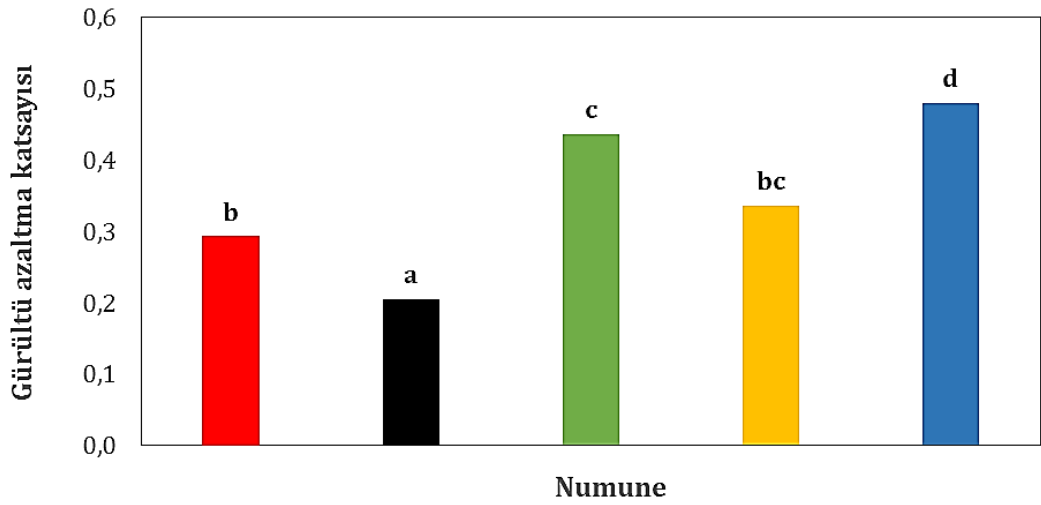
Şekil 4.206'da H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,266, 0,429, 0,423 ve 0,499 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 13120 takviyesi ile H500-13120'nin GAK değerinin H500'e göre % 61,1 arttığı, H500-13120-H500'ün H500H500'e göre % 18,1 arttığı görülmektedir.

Şekil 4.208'de H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,358, 0,435, 0,504 ve 0,562 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 13120 takviyesi ile H750-13120'nin GAK değerinin H750'ye göre % 21,4 arttığı, H750-13120-H750'nin H750H750'ye göre % 11,4 arttığı görülmektedir.



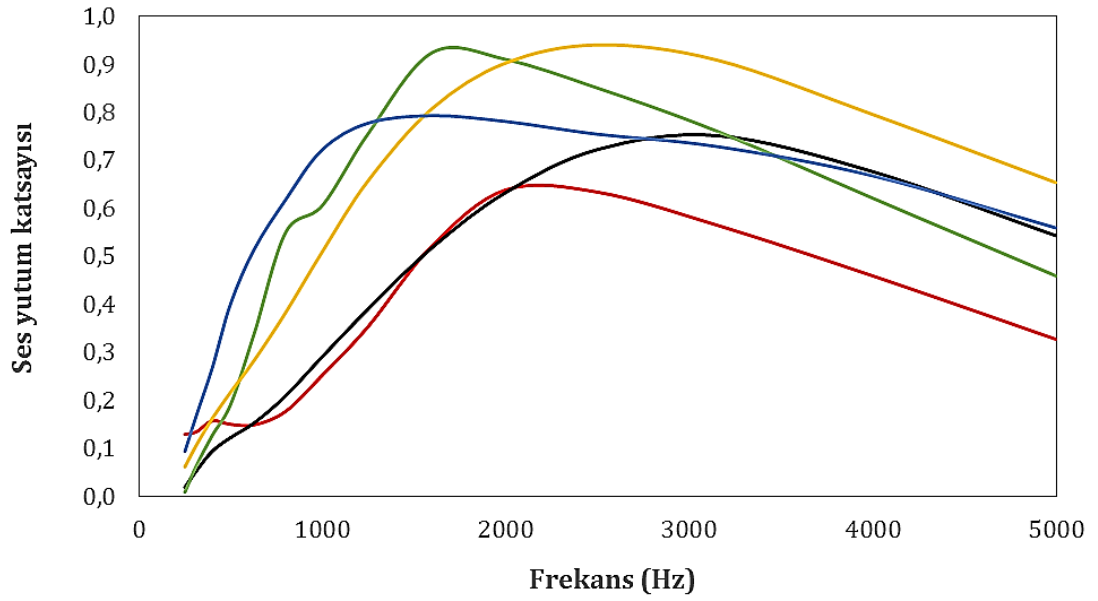
— 13120 — H250 — H250-13120 — H250H250 — H250-13120-H250

Şekil 4.203. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

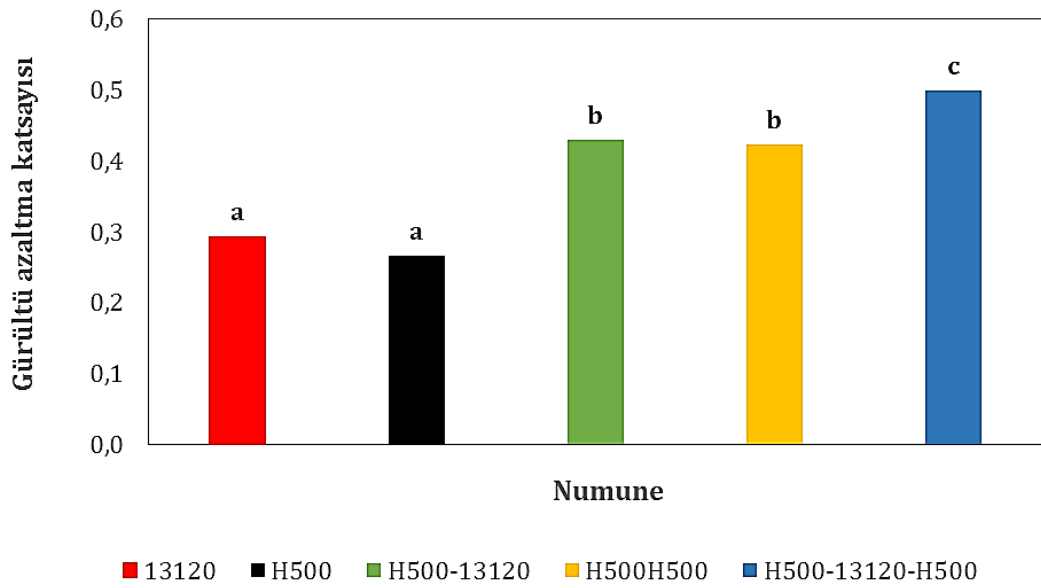


■ 13120 ■ H250 ■ H250-13120 ■ H250H250 ■ H250-13120-H250

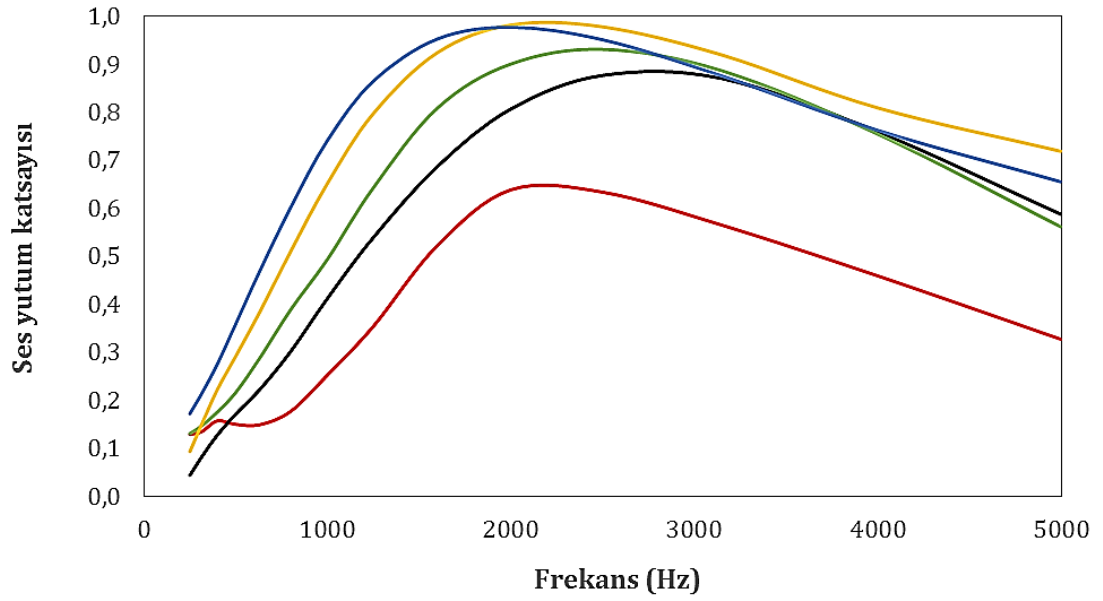
Şekil 4.204. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



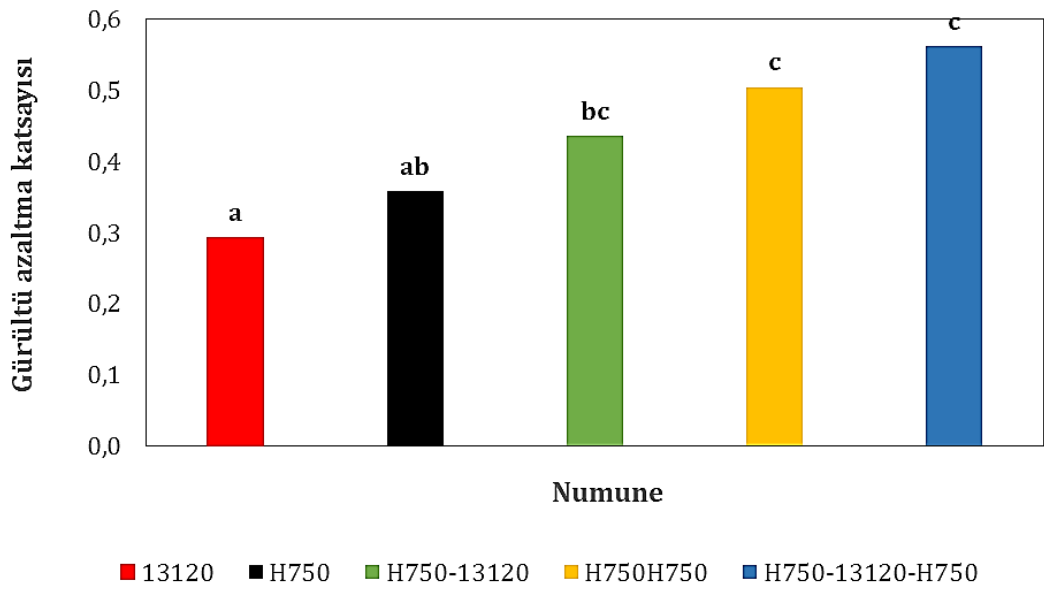
Şekil 4.205. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.206. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.207. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.208. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 kodlu, 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu yapılara ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.209, 4.211 ve 4.213'te verilmiştir.

Şekil 4.209'da A250-13120 ve A250-13120-A250 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,912 ve 1250 Hz'te 0,917 olarak ölçülmüştür. 13120 kodlu nanolif membranın takviyesi ile elde edilen A250-13120-A250 sandviç yapısı için 1100 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. A250-13120 için de 2500 Hz frekansına kadar A250'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri tespit edilmiştir.

Şekil 4.211'de A500-13120 ve A500-13120-A500 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,940 ve 1250 Hz'te 0,746 olarak ölçülmüştür. 13120 takviyesi ile A500-13120-A500 sandviç yapısı 500 Hz frekansına kadar tüm yapılardan biraz daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. A500-13120 için de 2000 Hz frekansına kadar A500'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4.213'te A1000-13120 ve A1000-13120-A1000 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri 1600 Hz'te sırasıyla 0,743 ve 0,470 olarak ölçülmüştür. 13120 takviyesi ile A500-13120-A500 sandviç yapısı 500 Hz frekansına kadar tüm yapılardan biraz daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. 13120 kodlu yapı için 1500-3000 Hz frekans aralığında A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 yapısından daha yüksek SYK değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir.

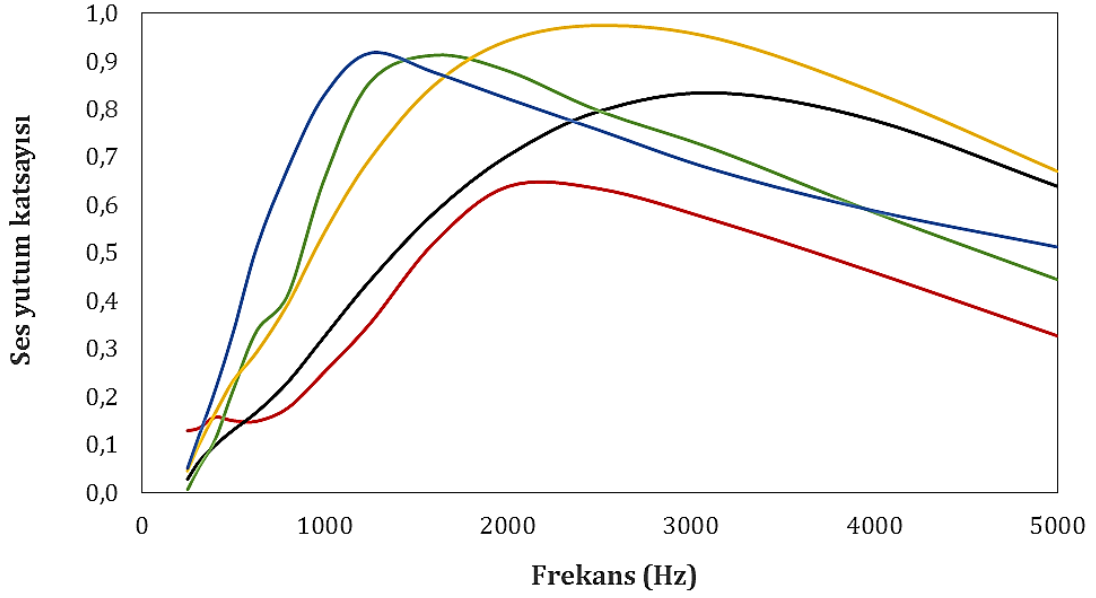
13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 kodlu, 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 kodlu ve 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu yapılara ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.210, 4.212 ve 4.214'te verilmiştir.

Şekil 4.210'da 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,292, 0,297, 0,439, 0,441 ve 0,509

olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 13120 kodlu nanolif membran takviyesi ile elde edilen A250-13120'nin GAK değerinin A250'ye göre % 47,9 arttığı, A250-13120-A250 sandviç yapısının da A250A250'ye göre % 15,4 arttığı görülmektedir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

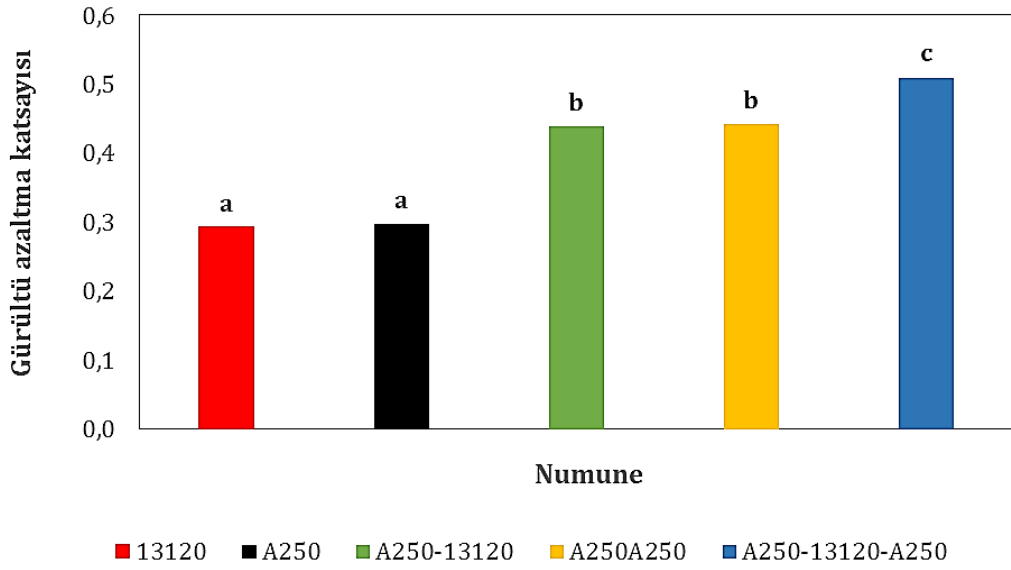
Şekil 4.212'de 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 kodlu GAK değerleri sırasıyla 0,292, 0,436, 0,488, 0,525 ve 0,480 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 13120 takviyesi ile A500-13120'nin GAK değerinin A500'e göre % 11,8 arttığı, A500-13120-A500 sandviç yapısının da A500A500 yapısına göre % 8,6 azaldığı görülmektedir. A500 ile A500-13120 arasındaki fark anlamlı iken A500-13120-A500 ile A500A500 arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Şekil 4.214'te 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 kodlu yapılara ait GAK değerleri sırasıyla 0,292, 0,485, 0,461, 0,418 ve 0,316 olarak hesaplanmıştır. 13120 takviyesi ile A1000-13120'nin GAK değerinin A1000'e göre % 5 azaldığı, A1000-13120-A1000 sandviç yapısının da A1000A1000 yapısına göre % 24,4 azaldığı görülmektedir.



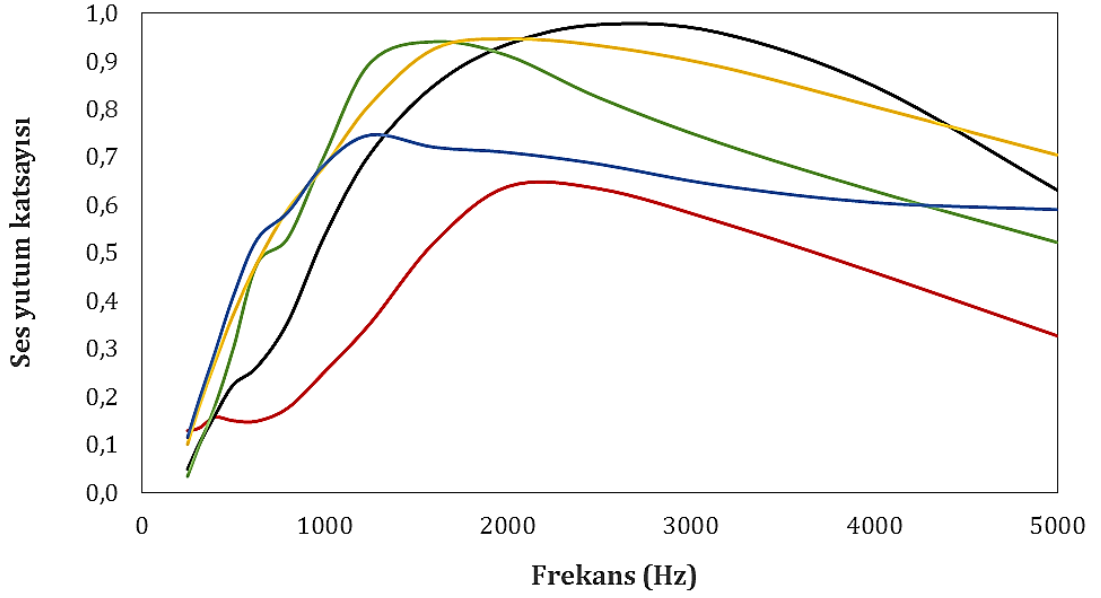
— 13120 — A250 — A250-13120 — A250A250 — A250-13120-A250

Şekil 4.209. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



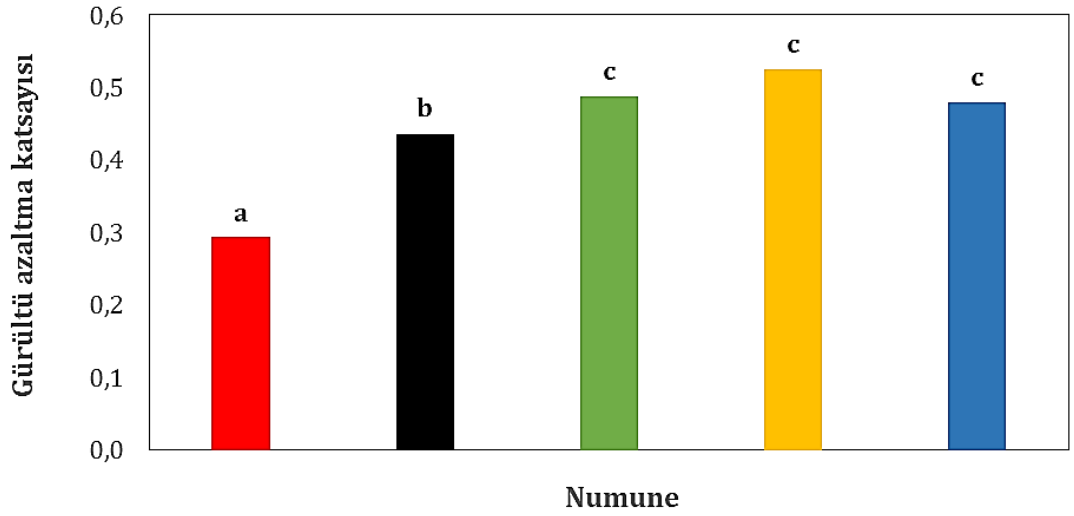
■ 13120 ■ A250 ■ A250-13120 ■ A250A250 ■ A250-13120-A250

Şekil 4.210. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



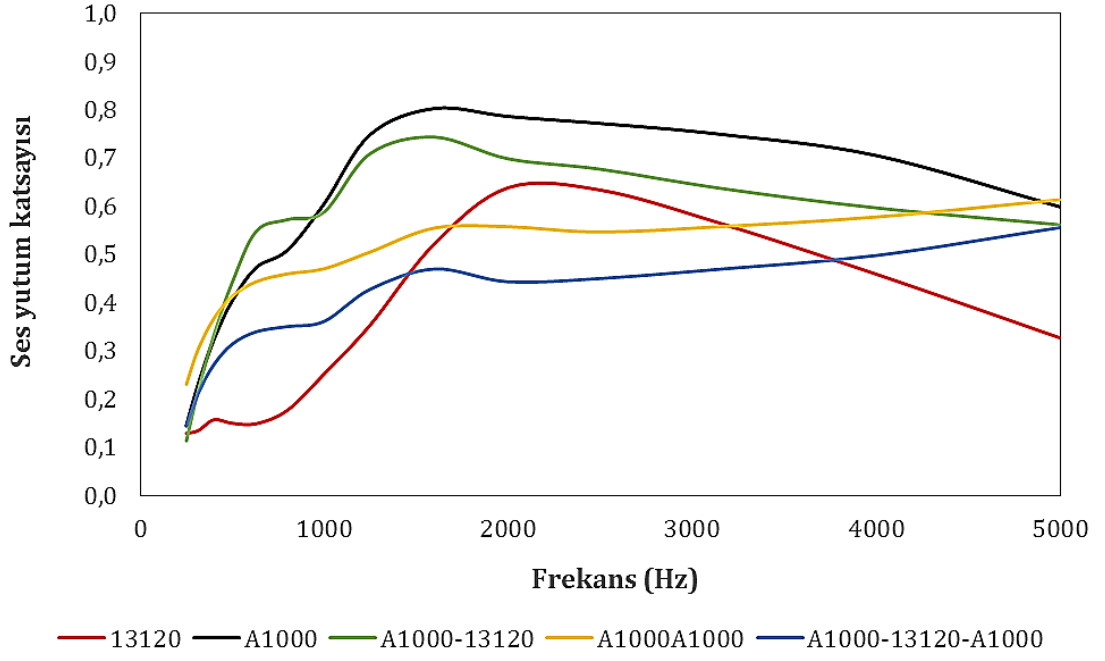
— 13120 — A500 — A500-13120 — A500A500 — A500-13120-A500

Şekil 4.211. 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri

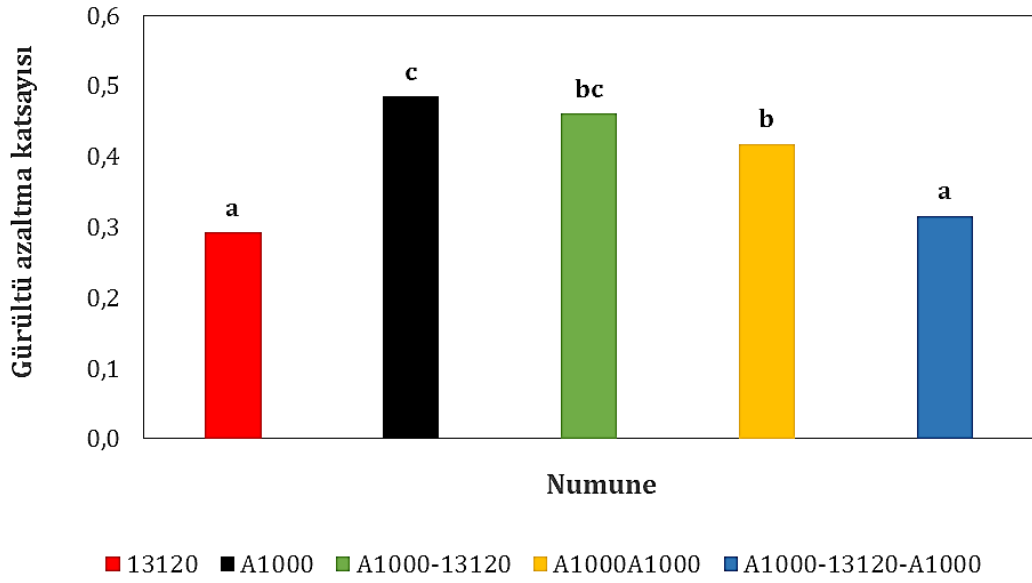


■ 13120 ■ A500 ■ A500-13120 ■ A500A500 ■ A500-13120-A500

Şekil 4.212. 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.213. 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.214. 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

4.3.5.8. Malzeme yapısının % 15 PU çözeltilisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyelerinde ses yutumuna etkisi

15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 kodlu, 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 kodlu ve 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 kodlu yapılara ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.215, 4.217 ve 4.219'da verilmiştir

Şekil 4.215'te H250-13120 ve H250-13120-H250 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,904 ve 1250 Hz'te 0,814 olarak ölçülmüştür. 13120 takviyesi ile H250-13120-H250 sandviç yapısı 1000 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. H250-13120 için de 2800 Hz frekansına kadar H250'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

Şekil 4.217'de H500-13120 ve H500-13120-H500 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1250 Hz'te 0,815 ve 1250 Hz'te 0,681 olarak ölçülmüştür. 13120 takviyesi ile H500-13120-H500 sandviç yapısı için 800 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. H500-13120 için de 2500 Hz frekansına kadar H500'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri tespit edilmiştir.

Şekil 4.219'da H750-13120 ve H750-13120-H750 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri 1250 Hz'te sırasıyla 0,779 ve 0,670 olarak ölçülmüştür. 13120 takviyesi ile H750-13120-H750 sandviç yapısı 1000 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. H750-13120 için de 2000 Hz frekansına kadar H750'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. Sandviç yapı 1000-3900 Hz aralığında H750-13120'den daha kötü bir ses yutucu iken 3900 Hz frekansından sonra SYK değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

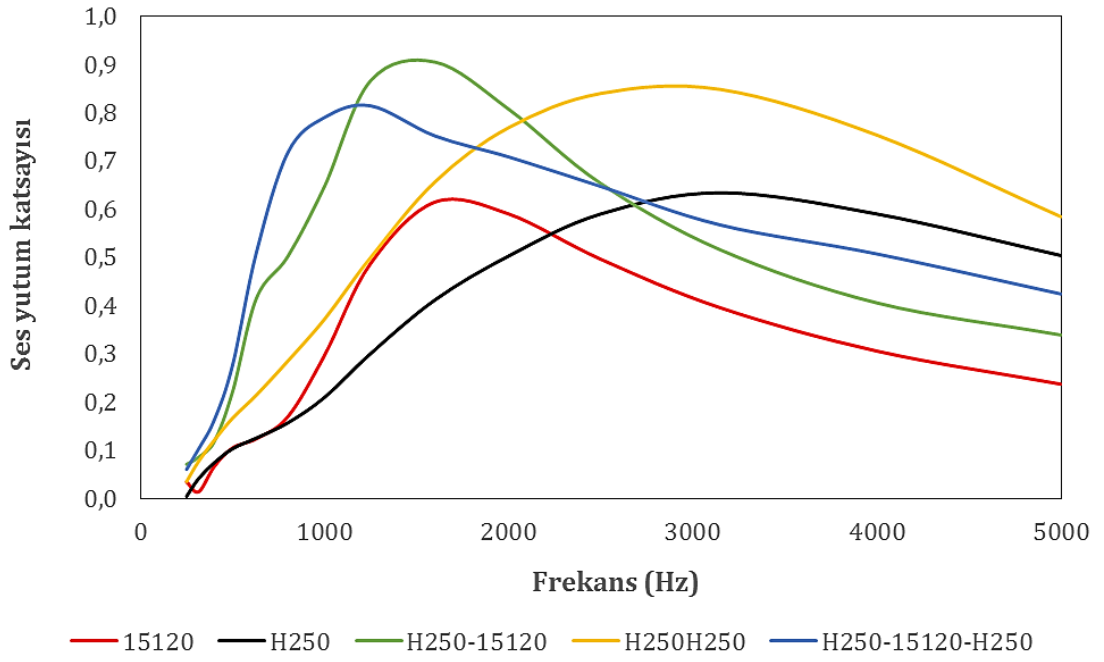
15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 kodlu, 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 kodlu ve 15120, H750,

H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 kodlu yapılara ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.216, 4.218 ve 4.220'de verilmiştir.

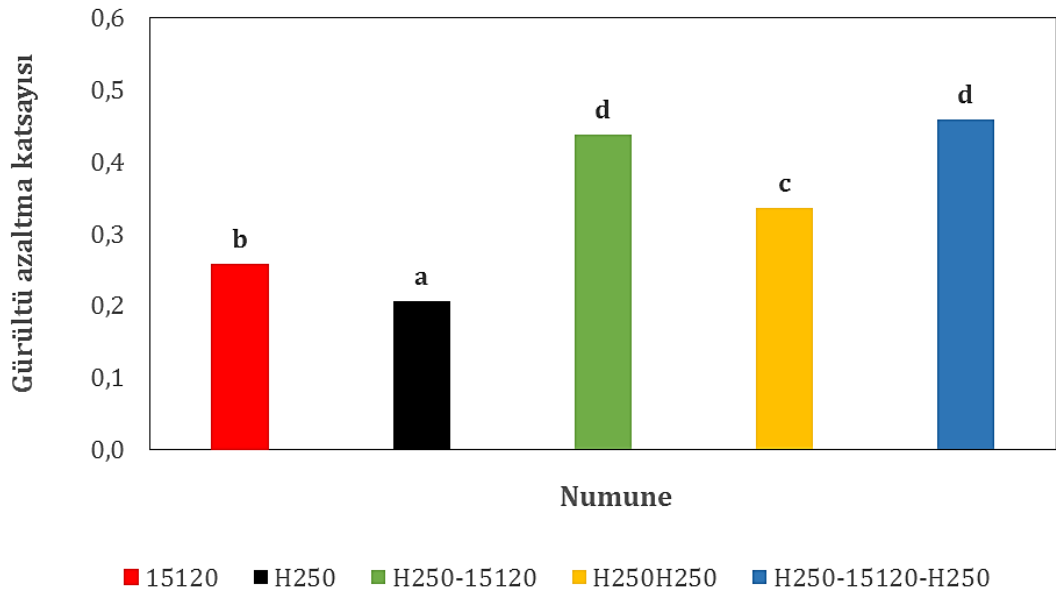
Şekil 4.216'da 15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,205, 0,437, 0,336 ve 0,459 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile H250-15120'nin GAK değerinin H250'ye göre % 112,9 arttığı, H250-15120-H250 sandviç yapısının da H250H250'ye göre % 36,6 arttığı görülmektedir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Şekil 4.218'de 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,266, 0,439, 0,423 ve 0,436 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile elde edilen H500-15120 kodlu kompozit yapının GAK değerinin H500'e göre % 64,8 arttığı, H500-15120-H500 sandviç yapısının da H500A500'e göre % 3,1 arttığı görülmektedir. H500 ile H500-15120 arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunurken H500A500 ile H500-15120-H500 farkı anlamlı bulunmamıştır.

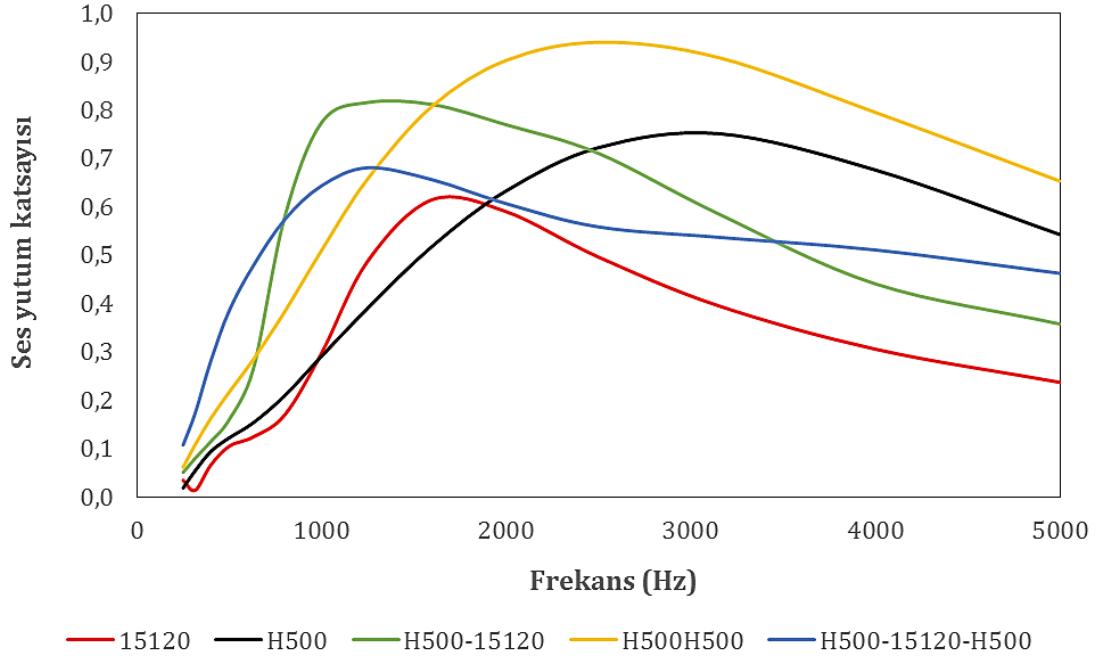
Şekil 4.220'de 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,358, 0,421, 0,504 ve 0,504 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile elde edilen H750-15120 kompozit yapısının GAK değerinin H750'ye göre % 17,5 arttığı, H750-15120-H750 sandviç yapısının da H750H750 ile aynı kaldığı görülmektedir. H750 ile H750-15120 arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.



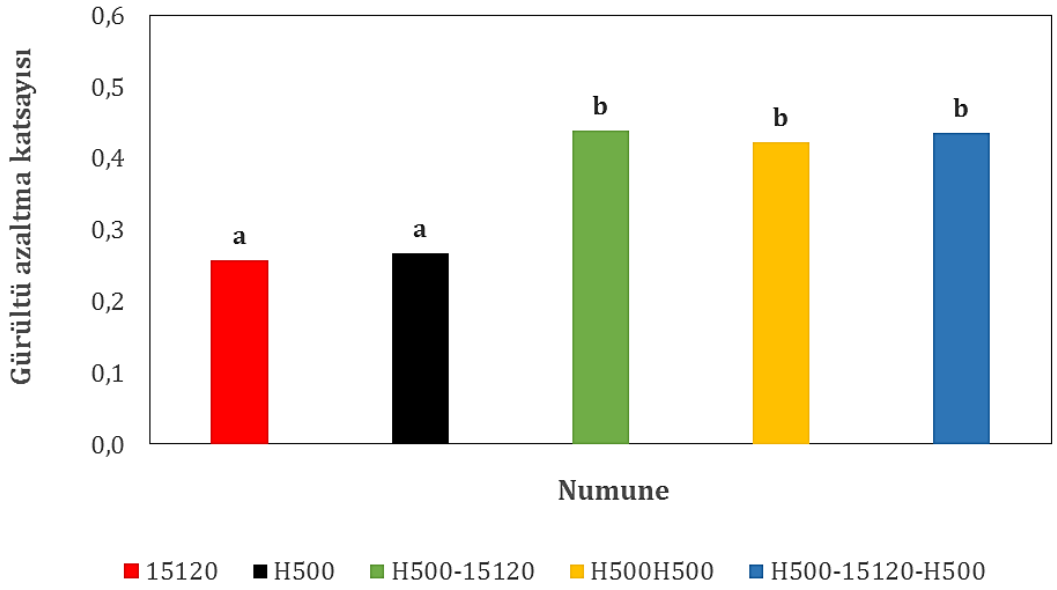
Şekil 4.215. 15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



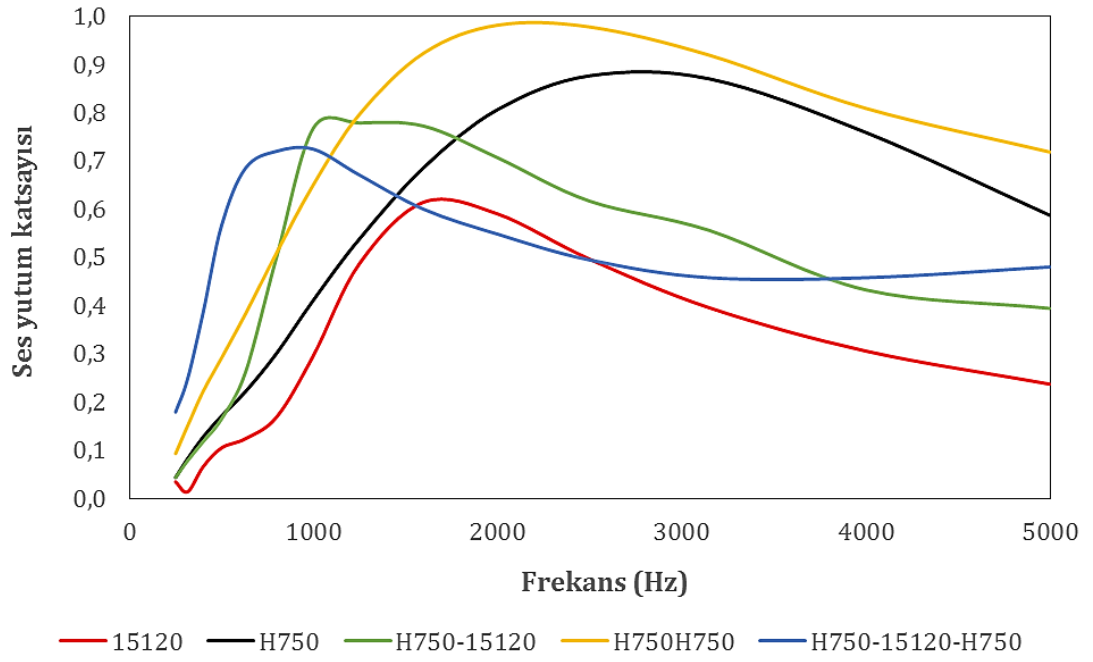
Şekil 4.216. 15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



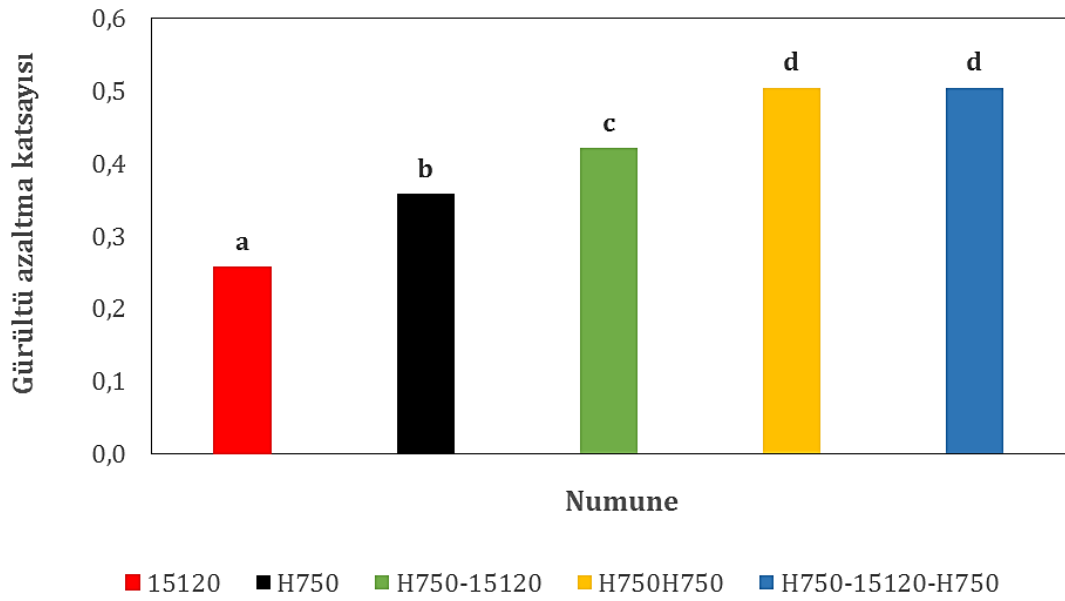
Şekil 4.217. 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.218. 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.219. 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.220. 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 kodlu, 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 kodlu ve 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 kodlu yapılara ait farklı frekanslardaki SYK eğrileri sırasıyla Şekil 4.221, 4.223 ve 4.225'te verilmiştir

Şekil 4.221'de 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 kodlu yapıların en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,615, 3150 Hz'te 0,833, 1250 Hz'te 0,922, 2500 Hz'te 0,974 ve 1250 Hz'te 0,879 olarak ölçülmüştür. 15120 takviyesi ile elde edilen A250-15120-A250 kodlu sandviç yapıda 1000 Hz frekansına kadar tüm yapılardan daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. A250-15120 için de 2100 Hz frekansına kadar A250'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri ölçülmüştür. 1000-2900 Hz frekans aralığında A250-15120 yapısının A250-15120-A250 yapısına göre daha yüksek SYK değerleri verdiği görülmektedir.

Şekil 4.223'te A500-15120 ve A500-13120-A500 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri sırasıyla 1600 Hz'te 0,808 ve 1250 Hz'te 0,877 olarak ölçülmüştür. 15120 takviyesi ile H500-15120-H500 sandviç yapısı 500 Hz frekansına kadar ve 1000-1500 Hz aralığında tüm yapılardan çok az daha yüksek SYK değerlerine sahip olmuştur. A500-15120 için de 400-1500 Hz aralığında A500'den belirgin olarak yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

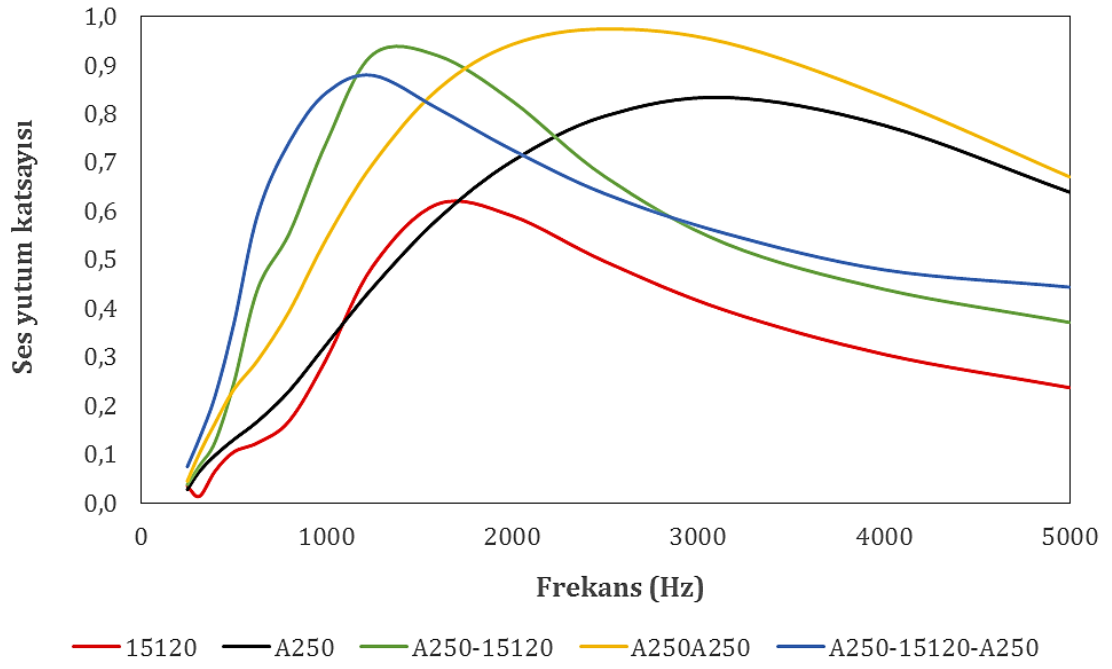
Şekil 4.225'te A1000-15120 ve A1000-15120-A1000 kompozit yapılarının en yüksek SYK değerleri 1600 Hz'te sırasıyla 0,701 ve 0,420 olarak ölçülmüştür. 15120 takviyesinin A1000-15120-A1000 sandviç yapısı üzerinde olumsuz etki yaptığı görülmektedir. A1000-15120 için de sadece 500-1000 Hz frekans aralığında A1000'den daha yüksek SYK değerleri ölçülmüştür.

15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 kodlu, 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 kodlu ve 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 kodlu yapılara ait GAK değerleri sırasıyla Şekil 4.222, 4.224 ve 4.226'da verilmiştir.

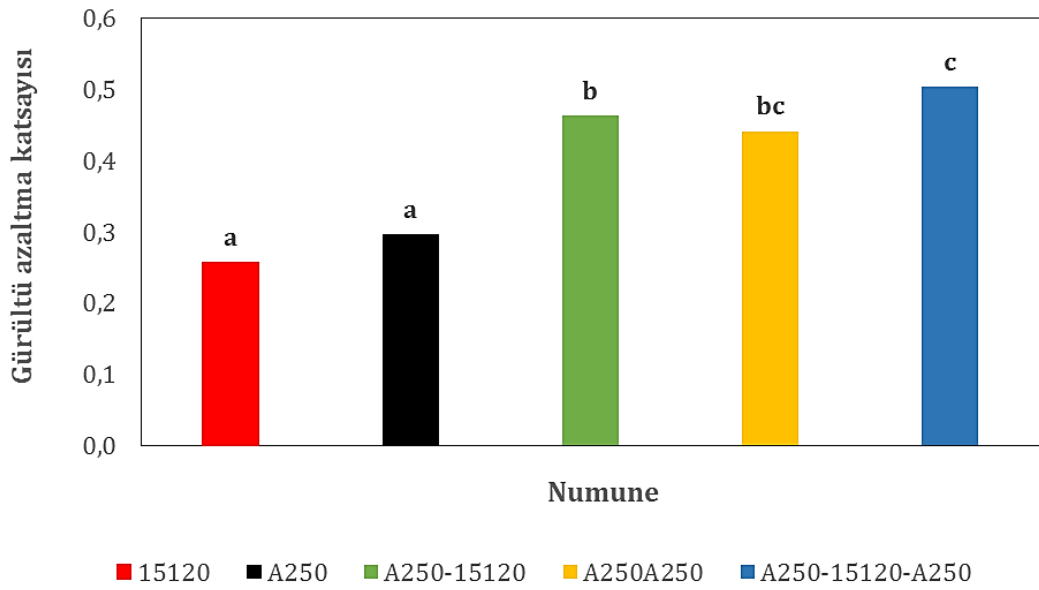
Şekil 4.222'de 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,297, 0,463, 0,441 ve 0,503 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile elde edilen A250-15120 kompozit yapısının GAK değerinin A250'ye göre % 56 arttığı, A250-15120-A250 sandviç yapısının da A250A250'ye göre % 14 arttığı görülmektedir. Aralarında ki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Şekil 4.224'te 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,436, 0,405, 0,525 ve 0,549 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile A500-15120'nin GAK değerinin A500'e göre % 7,2 azaldığı, A500-15120-A500 sandviç yapısının da A500A500 yapısına göre % 4,7 arttığı görülmektedir. Kendi aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

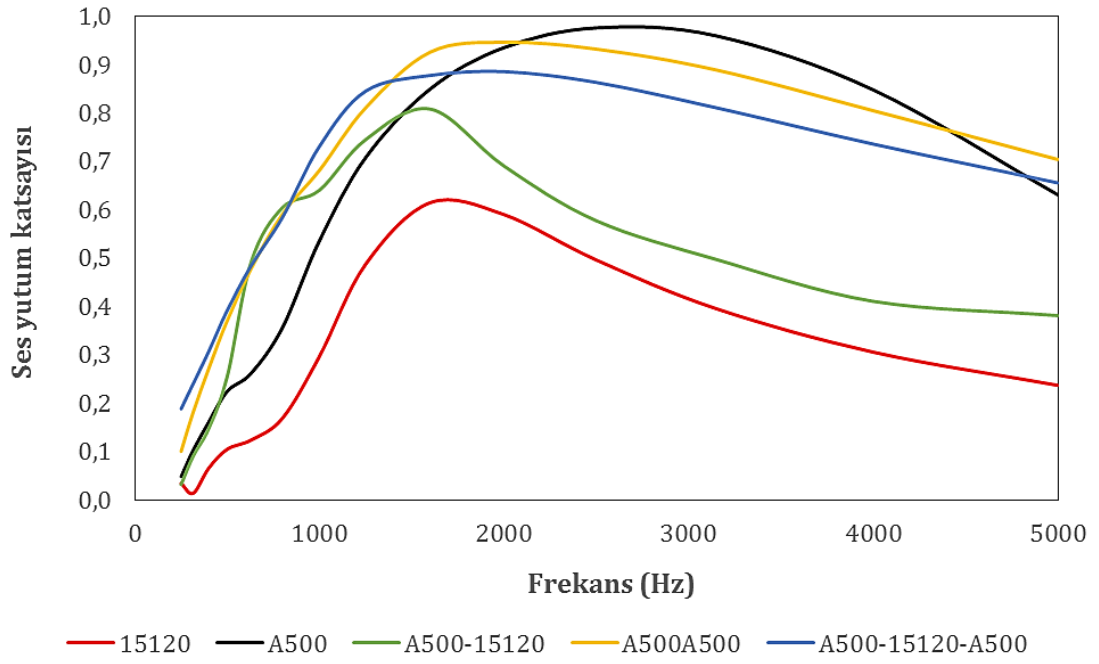
Şekil 4.226'da 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 kodlu yapılarının GAK değerleri sırasıyla 0,257, 0,485, 0,440, 0,418 ve 0,296 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.13'te 15120 takviyesi ile A1000-15120'nin GAK değerinin A1000'e göre % 9,2 azaldığı, A1000-15120-A1000 sandviç yapısının da A1000A1000 yapısına göre % 29,2 azaldığı görülmektedir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.



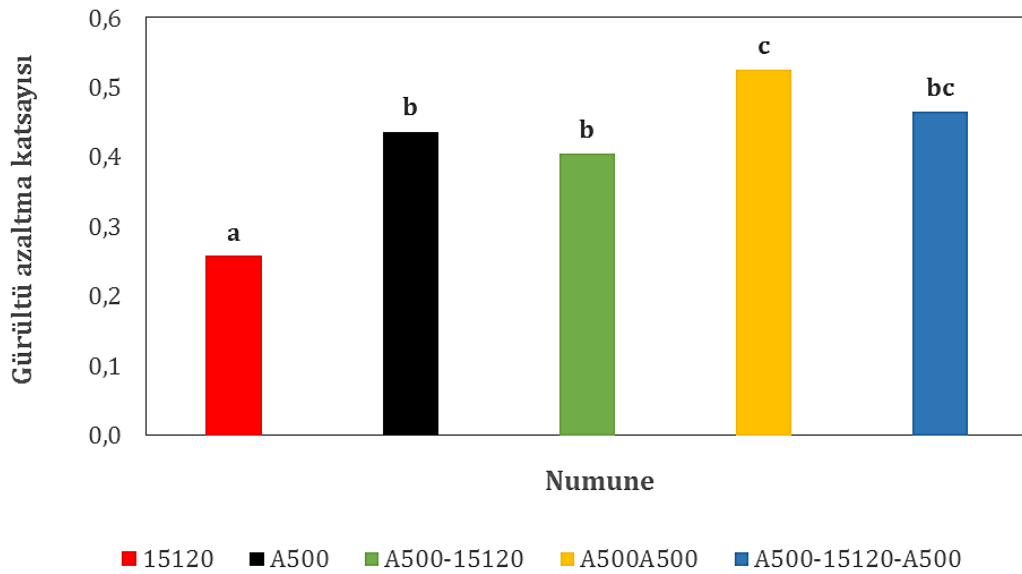
Şekil 4.221. 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



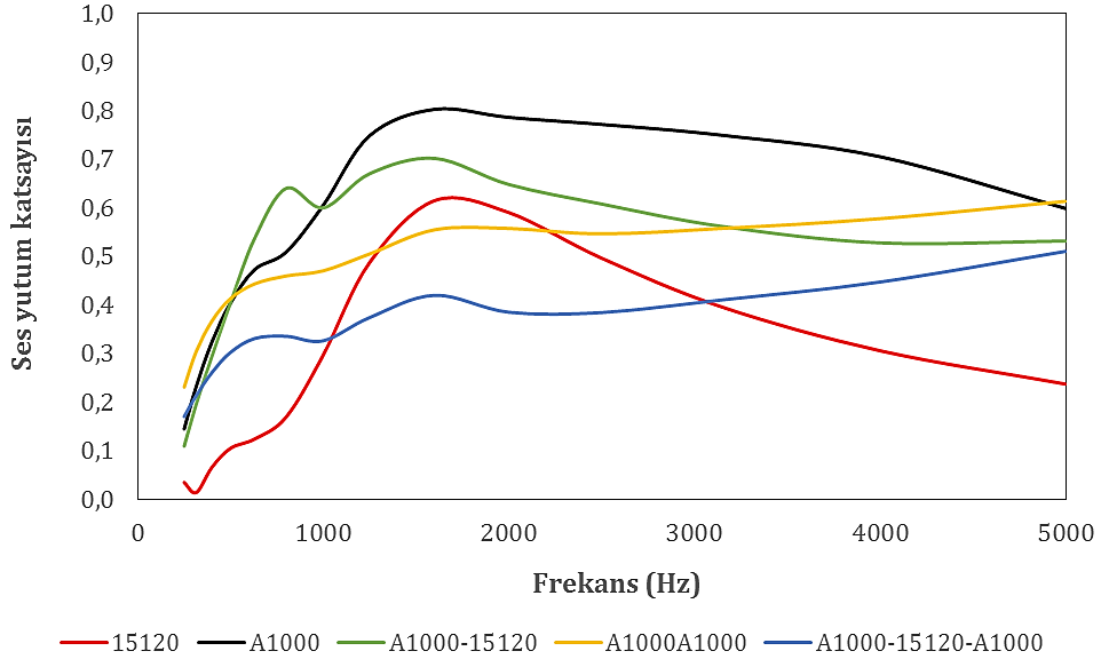
Şekil 4.222. 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri



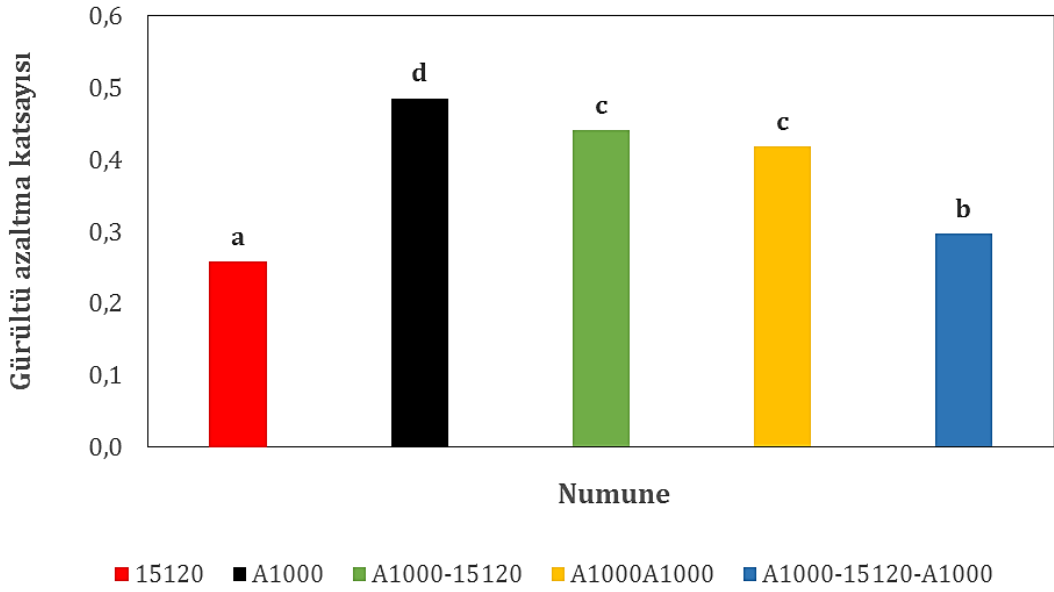
Şekil 4.223. 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.224. 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine gürültü azaltma katsayısı değerleri



Şekil 4.225. 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 numunelerine ait farklı frekanslardaki ses yutum katsayısı değerleri



Şekil 4.226. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait gürültü azaltma katsayısı değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında polyester atıklardan iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeyler ve PU nanolifler ile kompozit yapılar elde edilmiştir. Tekstil atıklarından ve atık şişelerden üretilen üçer farklı gramajda toplam altı çeşit dokusuz yüzey kullanılarak %13 ve %15 PU çözeltilerinden 5, 20, 60 ve 120 dakika sürelerle toplanan nanolif membran takviyeleri ile üretilen kompozit ve sandviç yapıların ve nanolif takviyesi yapılmamış olan yapıların ses yutum katsayısı değerleri ölçülerek gürültü azaltma katsayıları hesaplanmıştır. Dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik, kalınlık ve gramajları ölçülerek bu parametreler ile GAK arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. Malzeme yapısının, nanolif çapının ve nanolif üretim süresinin SYK ve GAK değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

- PU konsantrasyonu arttıkça (%12, 13, 14 ve 15) çözelti viskoziteleri artmış, pH, elektrik iletkenlik ve yüzey gerilimi değerlerinde anlamlı değişiklikler görülmemiştir.
- PU konsantrasyonu arttıkça üretilen nanoliflerin çapında ve standart sapmasında artış görülmüştür. % 13 konsantrasyonun altında ve üstünde lif üniformitesi kötüleşmiştir. % 12 PU nanoliflerin boncuklu, diğerleri boncuksuz yapıda olmuştur.
- % 13 ve % 15 konsantrasyonlar için üretim süresi arttıkça nanolif membran gramajı artmıştır. Aynı üretim süresinde % 15 konsantrasyondan üretilen nanolif membranların gramajları daha fazla olmuştur.
- SEM görüntülerine göre A kodlu (polyester tekstil atıklarından) dokusuz yüzeylerin lifleri yassı, ezilmiş ve fiyonk benzeri görüntüye sahiptir. H kodlu (polyester atık şişelerden) dokusuz yüzeylerin lifleri ise daha düzgün ve yuvarlak yapılıdır.
- Dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik-GAK, gramaj-GAK ve kalınlık-GAK değerleri arasında sırasıyla güçlü negatif, orta seviyede pozitif ve yine orta seviyede pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Hava geçirgenlik, kalınlık ve gramaj parametrelerinin GAK ile çoklu lineer regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0,9207 bulunmuştur.

- A kodlu dokusuz yüzeylerin GAK değerleri benzer gramajdaki H kodlu dokusuz yüzeylerin GAK değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.
- % 15 PU çözeltisinden 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 240 dakikalık sürelerle nanolif üretimi yapıldığında üretim süresi arttıkça GAK değerleri artmıştır (120 dk hariç, 90 dk'dan 120'ye düşük görülmüş sonra artış devam etmiştir).
- Nanolif membran kalınlaştıkça SYK eğrileri sola kayarak daha düşük frekanslarda daha yüksek SYK değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak hesaplanan GAK değerleri daha yüksek olmuştur.
- Nanolif membran kalınlaştıkça (150 dakikalık üretimden sonra) GAK değeri ORT değerinden daha yüksek hesaplanmıştır. 150 dakikalık üretime kadar ORT değerleri GAK değerlerinden daha yüksektir. Fakat dokusuz yüzeyler ne kadar kalınlaşsa da ORT değerleri her zaman GAK değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Nanolif membranlar düşük frekans aralıklarında dokusuz yüzeylerden daha etkili ses yutumu sağlamıştır.
- % 13 ve %15 PU nanolif membranlarda üretim süresi arttıkça yani nanolif membran kalınlaştıkça GAK değerleri de artmıştır.
- Nanolif membran takviyeli kompozit yapılarda da genel olarak nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrileri sola kayarak daha düşük frekanslarda etkili olmalarına rağmen 60 ve 120 dakikalık üretimlerin takviye edildiği kompozit yapılarda yüksek frekanslarda SYK değerlerinde düşüş görülmüştür. H kodlu dokusuz yüzeylerin GAK değerlerinde nanolif üretim süresi arttıkça daha fazla iyileşme elde edilmiştir.
- Sandviç yapılı numunelerde de çoğunda olarak nanolif üretim süresi arttıkça SYK eğrilerinin sola çarpıklığı artarak (H250 % 13 PU nanolif ve A1000 % 13 ve 15 PU nanolif hariç) daha düşük frekanslarda nispeten biraz daha yüksek SYK değerleri elde edilmiştir. Fakat sandviç yapılarda nanolif üretim süresi arttıkça daha etkin SYK değerleri elde edilememiştir. Sandviç yapıların üretilmesi ve SYK değerlerinin ölçülmesi esnasında bir sıkıştırmaya maruz kaldıkları sonucuna varılmıştır. A250 kodlu dokusuz yüzeyin çok ince olduğu dikkate alınırsa A250'nin kullanıldığı sandviç yapılarda elde edilen bazı frekanslarda 1'e yaklaşan SYK değerleri ile ses yutumunda belirgin iyileşmeler elde edilmiştir.

- Hem ince hem de kalın nanoliflerde nanolif üretim süresi artarak nano membran kalınlaştıkça rezonans frekansı düşmüştür. Aynı süre ile üretilen ince ve kalın lifler karşılaştırıldığında; ince nanoliflerde daha yüksek frekanslarda daha düşük SYK değerleri ölçülmüştür fakat düşük frekanslarda ince nanoliflerin SYK değerleri kalınlardan daha yüksek bulunmuştur. Bu durum neticesinde İnce nanolifli (%13 PU) membranların GAK değerleri kalın nanolifli (%15 PU) membranlardan daha yüksek hesaplanmıştır.
- Nanolif membran takviye edilen dokusuz yüzeylerde ise (kompozit) 5 ve 20 dakikalık süre ile üretilen nanolif takviyeli kompozitlerde ince nanoliflilerin GAK değerleri kalın nanoliflilerden daha yüksek bulunmuştur.
- 60 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği hem A kodlu hem de H kodlu kompozit numunelerde (A500 hariç) ise kalın nanolif takviyeli olanların GAK değerleri ince nanoliflilerden daha yüksek olarak hesaplanmıştır.
- 120 dakikalık süre ile üretilen nanolif membranların takviye edildiği hem A kodlu hem de H kodlu sandviç yapılı kompozit numunelerin hepsinde ince nanolif takviyeli olanların GAK değerleri daha yüksek hesaplanmıştır.
- Malzeme yapılarının SYK ve GAK değerleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde ise tüm nanolif takviyeleri ile (tüm süreler ve iki konsantrasyon) H250'nin sandviç yapılarında A250'nin sandviç yapılarına göre çok daha belirgin bir iyileşme elde edilmiştir. 5 ve 20 dakikalık üretilen nanolif takviyeleri ile H250 ve A250'de (nanolif takviye edilmiş tek katlı dokusuz yüzey yapı) hemen hemen benzer iyileşme elde edilirken 60 ve 120 dakikalık süre ile toplanan nanolif takviyeleri ile H250 üzerinde meydana gelen iyileşme A250'nin en az iki katı olmuştur.
- % 13 ve % 15 PU çözeltisinden 5 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi ile elde edilen A1000 sandviç yapılarda (A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000) 1305 ve 1505 takviyeli dokusuz yüzeylere göre (A1000-1505 ve A1000-1305) anlamlı olarak daha düşük GAK değerleri elde edilmiştir. 1305 ve 1505 takviyesinin H kodlu kompozitlerde daha etkili olmuştur. A kodlulardan da sadece A250 üzerinde etkili iyileşme sağlanmıştır.

- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 20 dakika süre ile üretilen nanolif membran takviyesi ile (sırasıyla 1320 ve 1520); A500'lü kompozit yapılarda en yükseği % 5,7'yi geçmeyen iyileşmeler, A1000'li kompozitlerde ise (A1000-1320 hariç) kötüleşme olmuştur. Diğer yapılarda belirgin iyileşmeler elde edilmiştir.
- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 60 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi ile (sırasıyla 1360 ve 1560) A500'ün sandviç yapılarında ve A1000'in tüm yapılarında kötüleşme görülmüştür.
- % 13 ve % 15 PU çözeltilisinden 120 dakika süre ile üretilen nanolif takviyesi için (sırasıyla 13120 ve 15120); En fazla iyileşme H250'li kompozit yapılarda görülmüştür. Daha sonra H500, A250 ve H750'li kompozit yapılarda iyileşmeler olmuş, A1000'li yapılarda kötüleşme meydana gelmiştir.

Bu tez çalışmasının devamında yapılabilecek olan çalışmalar:

- Farklı polimerlerden nanolifler üretilerek SYK ve GAK değerleri üzerinde polimer çeşidinin etkisi araştırılabilir.
- Farklı lif yerleşim düzenlerinin (rastgele veya yönlendirmeli) etkisi araştırılabilir.
- Seçilen bir polimerin mümkün olan tüm konsantrasyonları ile farklı morfolojilerde (boncuklu veya boncuksuz) nanolifler üretilerek bu morfolojilerin SYK değerleri üzerindeki etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W. (Ed.), 2006. Nonwoven Fabrics: Raw Materials, Manufacture, Applications, Characteristics, Testing Processes. John Wiley & Sons, 765p, Germany.
- Altun Ş., 2010. Türkiye'deki Tekstil ve Hazır Giyim Atıklarının ve Geri Kazanım İmkanlarının Genel Profilinin Çıkarılması, TÜBİTAK Rapor No: 109Y008, 55s.
- Arenas, J.P., Crocker, M.J., 2010. Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials. *Sound and vibration*, 44(7), 12-18.
- Asdrubali, F., 2006. Survey on the Acoustical Properties of New Sustainable Materials for Noise Control. *Euronoise*, 30 May - 1 June, Tampere, Finland, 1-10.
- Asmatulu, R., Khan, W. and Yıldırım, M.B., 2009 Acoustical Properties of Electrospun Nanofibers for Aircraft Interior Noise Reduction. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, November 13-19, Florida, 1-5.
- Atakan, R., 2014. Use of Recycled Poly (Ethylene Terephthalate) Fibers in Needle-punched Automotive Carpets. İstanbul Technical University, Institute of Science and technology, M.Sc. Thesis, 214p, İstanbul.
- Avossa, J., Branda, F., Marulo, F., Petrone, G., Guido, S., Tomaiuolo, G., and Costantini, A., 2018. Light Electrospun Polyvinylpyrrolidone Blanket for Low Frequencies Sound Absorption. *Chinese Journal of Polymer Science*, 36(12), 1368-1374.
- Aygün, H., 2017. Characterization of Acoustical Properties of Felt and Carpet Made of Natural and Environmentally Friendly Materials. *Open Journal of Acoustics*, 7(2), 27-38.
- Bahrambeygi, H., Sabetzadeh, N., Rabbi, A., Nasouri, K., Shoushtari, A.M., Babaei, M. R., 2013. Nanofibers (PU and PAN) and nanoparticles (Nanoclay and MWNTs) simultaneous effects on polyurethane foam sound absorption. *Journal of Polymer Research*, 20(2), 72-82.
- Batmaz, İ., Aydın, İ., 2012. Taşıtlarda Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Ses Yutma Katsayılarının Belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(4), 687-693.
- Beranek, L., 2005. Basic Acoustical Quantities: Levels and Decibels. In Beranek, L., Ver, I. (Ed.), *Noise and Vibration Control Engineering Principles and Applications* (1-24). John Wiley & Sons, Inc., 1022p, Canada.

- Berardi, U., Iannace, G., 2015. Acoustic Characterization of Natural Fibers for Sound Absorption Applications. *Building and Environment*, 94, 840-852.
- Bhat, G., Messiry, M.E., 2019. Effect of Microfiber Layers on Acoustical Absorptive Properties of Nonwoven Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, In Press, doi: 1528083719830146.
- Bihola, D.V., Amin, H.N., Shah, V.D., 2015. Application of Nano Material to Enhance Acoustic Properties. *Engineering Science and Futuristic Technology*, 1(12), 1-9.
- Binici H., Gemci R., Küçükönder A., Solak H., 2012. Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit ile Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri. *Teknolojik Araştırmalar*, 8(1), 16-25.
- Binici, H., Eken, M., Dolaz, M., Aksogan. O., Kara. M., 2014. An Environmentally Friendly Thermal Insulation Material from Sunflower Stalk, Textile Waste and Stubble Fibres. *Construction and Building Materials*, 51, 24-33.
- Binici, H., Eken, M., Kara, M., Dolaz, M., 2013. An Environment-Friendly Thermal Insulation Material from Sunflower Stalk, Textile Waste and Stubble Fibers. *IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, 20-23 October, Madrid, Spain, 833-846.
- Bourne, M., 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Elsevier, 427p, New York.
- Briga-Sa A., Nascimento D., Teixeira N., Pinto J., Caldeira F., Varum H., Paiva A., 2013. Textile Waste as an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution. *Construction and Building Materials*, 38, 155-160.
- Broda, J., Bączek, M., 2019. Acoustic Properties of Multi-Layer Wool Nonwoven Structures. *Journal of Natural Fibers*, In Press.
- Can, M.U. 2005. *Tekstil Döküntüsü İçeren Nonwoven Kumaşların İç Mimaride Kullanılabilirliği İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 92s, İstanbul.*
- Can, M.U., Gök Sadikoğlu, T., 2009. Anaokulları İçin Koruyucu Kompozit Duvar Kaplaması Tasarımı. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(2), 151-156.
- Canbolat, Ş., 2013. *Termal ve Akustik İzolasyon Sağlayan Duvar Kumaşı Eldesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, İstanbul.*
- Cao, L., Fu, Q., Si, Y., Ding, B., Yu, J., 2018. Porous Materials for Sound Absorption. *Composites Communications*, 10, 25-35.

- Cao, L., Si, Y., Wu, Y., Wang, X., Yu, J., Ding, B. 2019. Ultralight, Superelastic and Bendable Lashing-Structured Nanofibrous Aerogels for Effective Sound Absorption. *Nanoscale*, 11(5), 2289-2298.
- Celep Ş., 2007. Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 182s, Adana.
- Cengiz Çallıoğlu, F., 2011. Silindirli Elektro Lif Çekim Yöntemi İle Poliüretan Nano Lif Üretimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 203s, Isparta.
- Cengiz Çallıoğlu, F., 2013. Silindirli Elektro Lif Çekim Yöntemi ile Nano Lif Üretimi. *Journal of Textiles and Engineers/Tekstil ve Mühendis*, 20(91), 39-49.
- Cengiz Çallıoğlu, F., Jirsak, O., Dayik, M., 2013. Investigation into the Relationships between Independent and Dependent Parameters in Roller Electrospinning of Polyurethane. *Textile Research Journal*, 83(7), 718-729.
- Cengiz, F., Dao, T.A., Jirsak, O., 2010. Influence of Solution Properties on the Roller Electrospinning of Poly (Vinyl Alcohol). *Polymer Engineering and Science*, 50(5), 936-943.
- Cengiz, F., Jirsak, O., 2009. The Effect of Salt on the Roller Electrospinning of Polyurethane Nanofibers. *Fibers and Polymers*, 10(2), 177-184.
- Çinçik, E., 2010. İğneleme Yöntemi İle Üretilen Polyester/Viskon Karışımli Dokusuz Yüzey Özelliklerinin Deneysel ve İstatistiksel Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 293s, Adana.
- Cosereanu, C., Lazarescu, C., Curtu, I., Lica, D., Sova, D., Brenci, L., Stanciu, M.D., 2010. Research on New Structures to Replace Polystyrene Used for Thermal Insulation of Buildings, *Materiale Plastice*, 47(3), 341-345.
- Cox, T., D'Antonio, P., 2017. Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. CRC Press, 577p, New York.
- Curtu, I., Stanciu, M.D., Cosereanu, C., Vasile, O., 2012. Assessment of Acoustic Properties of Biodegradable Composite Materials with Textile Inserts. *Materiale plastice*, 49(1), 68-72.
- De Vrieze, S., Van Camp, T., Nelvig, A., Hagström, B., Westbroek, P., De Clerck, K., 2009. The Effect of Temperature and Humidity on Electrospinning. *Journal of materials science*, 44(5), 1357-1362.
- Deitzel, J.M., Kleinmeyer, J., Harris, D.E.A., Tan, N.B., 2001. The Effect of Processing Variables on the Morphology of Electrospun Nanofibers and Textiles. *Polymer*, 42(1), 261-272.

- Del Sorbo, G., Truda, G., Bifulco, A., Passaro, J., Petrone, G., Vitolo, B., Branda, F., 2019. Non Monotonous Effects of Noncovalently Functionalized Graphene Addition on the Structure and Sound Absorption Properties of Polyvinylpyrrolidone (1300 kDa) Electrospun Mats. *Materials*, 12(108), 1-13.
- Desarnaulds, V., Costanzo, E., Carvalho, A., Arlaud, B., 2005. Sustainability of Acoustic Materials and Acoustic Characterization of Sustainable Materials. The 12th International Congress on Sound and Vibration, 11-14 July, Lisbon, Portugal, 331-338.
- Dieckmann, E., Dance, S., Sheldrick, L., Cheeseman, C., 2018. Novel Sound Absorption Materials Produced from Air Laid Non-Woven Feather Fibres. *Heliyon*, 4(9), 1-13 (e00818).
- Echeverria, C.A., Pahlevani, F., Handoko, W., Jiang, C., Doolan, C., Sahajwalla, V. 2019. Engineered Hybrid Fibre Reinforced Composites for Sound Absorption Building Applications. *Resources, Conservation and Recycling*, 143, 1-14.
- EDANA, 2019. Glossary Nonwoven Terms. Erişim Tarihi: 06.07.2019. <https://www.edana.org/docs/default-source/default-document-library/glossary---nonwovens-terms.pdf?sfvrsn=6>
- Elkasaby, M.A., 2017. Development of Polymer Based Nanocomposite using Electrospinning for Sound Absorption and Isolation. University of Ontario, Ph.D. Thesis, London.
- Embibe Institutes, 2019. Longitudinal Waves. Erişim Tarihi: 01.07.2019. https://www.embibe.com/study/longitudinal-waves-concept?entity_code=KTWS64
- Erciyes Üniversitesi, 2013. Katı Madde Tayini. Erişim Tarihi: 29.06.2019. <https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/M4A8NIR5-kati-madde-tayini.pdf>
- Erdem, R., Sancak, E., 2013. Elektroçekim Yöntemiyle Elde Edilen Poliamid 6/Kitosan Bazlı Nanoliflerin Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(24), 53-65.
- Erdoğan, Ü.H., 2008. Jeotekstillerde Kullanılan Polipropilen Liflerin Kullanım Anındaki Özelliklerinin Çeşitli Metodlarla İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 204s, İzmir.
- Erem, A.D., Özcan, G., 2013. Polimer Esaslı Nanokompozitler ve Tekstil Uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 20(89), 36-47.

- Erkan, G., Erdoğan, Ü.H., Kayacan, O., 2005. Tekstil Sektöründe Nano-Teknoloji Uygulamaları. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, 11-12 Kasım, Gaziantep, 19-27.
- Ersoy, S., 2007. Endüstriyel Çay-Yaprak-Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 92s, İstanbul.
- Ersoy, S., Küçük, H., 2009. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. Applied Acoustics, 70(1), 215-220.
- Eser, B., Çelik, P., Çay, A., AkgümüŞ, D., 2016. Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. Tekstil ve Mühendis, 23 (101), 43-60.
- Gao, B., Zuo, L., Zuo, B., 2016. Sound Absorption Properties of Spiral Vane Electrospun PVA/Nano Particle Nanofiber Membrane and Non-Woven Composite Material. Fibers and Polymers, 17(7), 1090-1096.
- Gelen, M. 2016. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Akustik Malzemeler ve Malzeme Özelliklerinin Akustik Parametrelere Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 85s, İstanbul.
- Ghosal, K., 2018. Electrical Spinning to Electrospinning: a Brief History. In Kny, E. (Ed.), Electrospinning from Basic Research to Commercialization (1-16). RSC Soft Matter Series 7, 279p, Croydon, England.
- Gravetter, F., 2013. Statistics for the Behavioral Sciences - 9th edition. Wadsworth Cengage Learning, (509p), Belmont, California.
- Haghi, A.K., 2011. Electrospinning of Nanofibers in Textiles. Apple Academic Press, 126p, New Jersey.
- Harran Üniversitesi, 2019. Ses Yalıtımı. Erişim Tarihi: 29.05. 019. http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf,
- Hawkins, T.G., 2014. Studies and Research Regarding Sound Reduction Materials_with the Purpose of Reducing Sound Pollution. California Polytechnic State University, Architechure, M.Sc. Thesis, 32p, California.
- INDA, 2011. Erişim Tarihi: 25.06.2019. <http://www.inda.org/>
- Ingold, T.S., Miller, K.S., 1988. Geotextiles Handbook. Thomas Telford House, 152p, London.

- Işıkkhan, C., 2019. Audio Teknolojisinin Temel Kavramları. Yayıncılık Sektöründe Ses Teknolojisi Ders Notları İlk Bölüm. Erişim Tarihi: 30.06.2019. http://kisi.deu.edu.tr/cihan.isikhan/downloads/1-Audio_Teknolojisinin_Temel_Kavramlari.pdf
- Jordeva S., Tomovska E., Trajkovic D., Dimovski R., Zafirova K., 2015. Sound Insulation Properties of Structure Designed from Apparel Cutting Waste. 15th Autex World Textile Conference. 10-12 June, Bucharest, Romania, 1-6.
- Kadam, V.V., Nayak, R., 2016. Basics of Acoustic Science. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), Acoustic Textiles (33-42). Springer, 237p, Singapore.
- Kalebek, N.A. 2016. Sound Absorbing Polyester Recycled Nonwovens for the Automotive Industry. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 1 (115), 107-113.
- Kalinova, K., 2011. Nanofibrous Resonant Membrane for Acoustic Applications. Journal of Nanomaterials, 1, 1-6.
- Kalinova, K., Ozturk, M.K., Komarek, M., 2016. Open and Closed Tube Method for Determination of Resonance Frequencies of Nanofibrous Membrane. The Journal of The Textile Institute, 107(8), 1068-1078.
- Kang, Y., Lee, E., Lee, K., Choi, S., Shin, E., 2019. Acoustic Properties of Sound-Absorbing Polyester Fabrics Woven with Thick Staple and Thin Draw Textured Yarn for Use in Interior Decoration. The journal of the Textile Institute, 110(2), 202-210.
- Karaağaçlıoğlu, İ.E., 2012. Bor ve Mineral Katkılı Selülozik Yalıtım Malzemesi Üretimi ve Karakterizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 310s, İstanbul.
- Kern, 2013. Moisture Analyzers. Erişim Tarihi: 29.06.2019. <https://www.kern-sohn.com/data/zusatzseiten/downloads/z-cb-gb-nn-moisture-analysers.pdf>
- Kesici Güler, H., Cengiz Çallıoğlu, F., Sesli Çetin, E. 2019. Antibacterial PVP/Cinnamon Essential Oil Nanofibers by Emulsion Electrospinning. The journal of the textile institute, 110(2), 302-310.
- Khan, W., Asmatulu, R., Yıldırım, M., 2012. Acoustical Properties of Electrospun Fibers for Aircraft Interior Noise Reduction. Journal of Aerospace Engineering, 25(3), 376-382.
- Kim, J. M., Lee, M., Kim, S., Kang, S.Y., 2003. A novel characterization method for investigating the morphology of polymer blends including polyolefin/polyolefin blends. ANTEC 2003 Conference, 4-8 May, Nashville, Tennessee, USA, 1931-1935.

- Kiyak, Y. E., Cakmak, E., 2014. Nanofiber Production Methods. *Electronic Journal of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(3), 49-60.
- Koizumi, T., Tsujiuchi, N., Adachi, A., 2002. The Development of Sound Absorbing Materials Using Natural Bamboo Fibers. In Brebbia C.A., W.P. de Wilde (Ed.), *High Performance Structures and Composites* (157-166). WIT Press, 672p, Ashurst Lodge, Southampton, UK.
- Kopitar, D., Skenderi, Z., Rukavina, T., 2014. Impact of Calendering Process on Nonwoven Geotextiles Hydraulic Properties, *Textile research journal*, 84(1), 66-77.
- Küçükali Öztürk, M., 2017. Nanofibrous Resonant Membrane for Acoustic Applications. İstanbul Technical University, Institute of Science and technology, Ph.D. Thesis, 162p, İstanbul.
- Kucukali Ozturk, M., Nergis, B., Candan, C., 2018a. Design of Layered Structure with Nanofibrous Resonant Membrane for Acoustic Applications. *Journal of Industrial Textiles*, 47(7), 1739-1756.
- Kucukali Ozturk, M., Nergis, F.B., Candan, C., 2018b. Design of Electrospun Polyacrylonitrile Nanofiber-Coated Nonwoven Structure for Sound Absorption. *Polymers for Advanced Technologies*, 29(4), 1255-1260.
- Küçükali Özturk, M., Özden-Yenigün, E., Nergis, B., Candan, C., 2017. Nanofiber-Enhanced Lightweight Composite Textiles for Acoustic Applications. *Journal of Industrial Textiles*, 46(7), 1498-1510.
- Kut, D., Güneşoğlu, C., 2005. Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları. *Tekstil ve Teknik*, 6(2), 224-230.
- Kuttruff, H., 2006. *Acoustics: An Introduction*. CRC Press, 472p, New York.
- Lee, Y., Joo, C., 2003. Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers. *AUTEX Research Journal*, 3(2), 78-84.
- Li, Z., Wang, C., 2013. *One-Dimensional Nanostructures: Electrospinning Technique and Unique Nanofibers*. Springer, 139p, Heidelberg/New York/Dordrecht/London.
- Liu, H., Zuo, B. 2019. Sound Absorption Property of PVA/PEO/GO Nanofiber Membrane and Non-Woven Composite Material. *Journal of Industrial Textiles*, In Press, doi: 1528083719832857.
- Liu, Y., Hu, H., 2010. Sound absorption behavior of knitted spacer fabrics. *Textile Research Journal*, 80(18), 1949-1957.

- Maderuelo-Sanz, R., Nadal-Gisbert, A.V., Crespo-Amorós, J.E., Parres-García, F., 2012. A Novel Sound Absorber with Recycled Fibers Coming From End of Life Tires (Elts). *Applied Acoustics*, 73(4), 402-408.
- Maekawa, Z., Lord, P. 1994. *Environmental and Architectural Acoustics*. CRC Press, 48p, London.
- Marmaralı, A., Ertekin, G., Çay, A., 2014. Çeşitli Kumaş Parametrelerinin Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Ses Yutum Özelliklerine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(7), 281-286.
- Martellotta, F., Cannavale, A., De Matteis, V., Ayr, U., 2018. Sustainable Sound Absorbers Obtained From Olive Pruning Wastes And Chitosan Binder. *Applied Acoustics*, 141, 71-78.
- Mecit D., Ilgaz S., Duran D., Başal G., Gülümser T., Tarakçıoğlu I., 2007. Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları (bölüm 2). *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(3), 154-160.
- Memon, H., Abro, Z.A., Ahmed, A., Khoso, N.A., 2015. Considerations While Designing Acoustic Home Textiles: A Review. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 9(3), 1-25.
- Mishra, K., Vaidyanathan, R. K. 2019. Application of Recycled Carpet Composite as a Potential Noise Barrier in Infrastructure Applications. *Recycling*, 4(9), 1-11.
- Mohrova, J., Kalinova, K., 2012. Different Structures of PVA Nanofibrous Membrane for Sound Absorption Application. *Journal of Nanomaterials*, 11, 1-18.
- Mvubu, M.B., Anandjiwala, R., Patnaik, A., 2019. Effects of Air Gap, Fibre Type and Blend Ratio on Sound Absorption Performance of Needle-Punched Non-Woven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, In Press, doi: 1558925019840874.
- Na, Y., Agnhage, T., Cho, G., 2012. Sound Absorption of Multiple Layers of Nanofiber Webs and the Comparison of Measuring Methods for Sound Absorption Coefficients. *Fibers and Polymers*, 13(10), 1348-1352.
- Nayak, R., Padhye, R., 2016. *Acoustic Textiles: An Introduction*. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (1-32). Springer, 237p, Singapore.
- Nezarati, R.M., Eifert, M.B., Cosgriff-Hernandez, E., 2013. Effects of Humidity and Solution Viscosity on Electrospun Fiber Morphology. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 19(10), 810-819.
- Önal Elyaf, 2016. Önal Elyaf. Erişim Tarihi: 08.12.2016. <http://www.onalelyaf.com.tr>

- Önal L., Göktepe, F., Karaduman, Y., 2009. Halı Telefi Jüt İpliklerinin Polimerik Kompozit Malzeme Üretiminde Kullanım ve Mekanik Özellikleri, TÜBİTAK Rapor No: 105M112, 120s.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., 2006a. Nanotechnology and Its Applications in Textile Industry. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(3), 159-168.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., 2006b. Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları (Bölüm 2). *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(4), 225-229.
- Özkal, A., Cengiz Çallıoğlu, F., Akduman, Ç., 2019. Development of A New Nanofibrous Composite Material From Recycled Nonwovens To Improve Sound Absorption Ability. *The Journal of The Textile Institute*, In Press.
- Öztürk, M. K., Kalinova, K., Nergis, B., Candan, C., 2013. Comparison of Resonance Frequency of a Nanofibrous Membrane and a Homogeneous Membrane Structure. *Textile Research Journal*, 83(20), 2204-2210.
- Park, M., Park, H.K., Shin, H.K., Kang, D., Pant, B., Kim, H., Kim, H.Y., 2019. Sound Absorption and Insulation Properties of a Polyurethane Foam Mixed with Electrospun Nylon-6 and Polyurethane Nanofibre Mats. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 19(6), 3558-3563.
- Patnaik, A., 2016. Materials Used for Acoustic Textiles. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles (73-92)*. Springer, 237p, Singapore.
- Patnaik, A., Mvubu, M., Muniyasamy, S., Botha, A., Anandjiwala, R.D., 2015. Thermal and Sound Insulation Materials from Waste Wool and Recycled Polyester Fibers and Their Biodegradation Studies, *Energy and Buildings*, 92, 161-169.
- Pieren, R., Schäffer, B., Schoenwald, S., Eggenschwiler, K., 2018. Sound absorption of textile curtains—theoretical models and validations by experiments and simulations. *Textile Research Journal*, 88(1), 36-48.
- Puranik, P.R., Parmar, R.R., Rana, P.P., 2014. Nonwoven acoustic textiles—A review. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 5(3), 81-88.
- Qiu, X., 2016a. Acoustic Testing and Evaluation of Textiles for Buildings and Office Environments. In Wang, L. (Ed.), *Performance Testing of Textiles (103-128)*. Woodhead Publishing, 262p, Cambridge.
- Qiu, X., 2016b. Principles of Sound Absorbers. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles (43-72)*. Springer, 237p, Singapore.
- Rabbi, A., Bahrambeygi, H., Shoushtari, A.M., Nasouri, K., 2013. Incorporation of Nanofiber Layers in Nonwoven Materials for Improving Their Acoustic Properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 8(4), 36-41.

- Rabbi, A., Bahrambeygi, H., Shoushtari, A.M., Nasouri, K., 2014. Manufacturing of PAN or PU Nanofiber Layers/PET Nonwoven Composite as Highly Effective Sound Absorbers. *Advances in Polymer Technology*, 33(4), 1-8.
- Ratner, B., 2009. The Correlation Coefficient: Its Values Range Between + 1/- 1, or Do They?. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 17(2), 139-142.
- Şahin, M., 2009. Sulu Çözeltilerin Özellikleri ve Kimyasal Denge. Say, R. (Ed.), *Analitik Kimya İçinde (44-66)*, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri, 255s, Eskişehir.
- Seddeq, H.S., Aly, N.M., Marwa A.A., Elshakankery, M.H., 2013. Investigation on Sound Absorption Properties for Recycled Fibrous Materials. *Journal of Industrial Textiles*, 43(1), 56-73.
- Segura-Alcaraz, P., Segura-Alcaraz, J., Montava, I., Bonet-Aracil, M. 2019. The Effect of the Combination of Multiple Woven Fabric and Nonwoven on Acoustic Absorption. *Journal of Industrial Textiles*, In Press, doi: 1528083719858771.
- Sengupta, S., 2010. Sound Reduction by Needle-Punched Nonwoven Fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 35, 237-242.
- Sever, E. 2016. Ses Fenomeni, Erişim Tarihi: 29.11.2016 http://www.irimsever.com/MakMuh/Izolasyon/Ses_Nedir.pdf,
- Shahani, F., Soltani, P., Zarrebini, M., 2014. The Analysis of Acoustic Characteristics and Sound Absorption Coefficient of Needle Punched Nonwoven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(2), 84-92.
- Shahreem, L., Chase, G.G., 2015. Effects of Electrospinning Solution Properties on Formation of Beads in Tio2 Fibers with PdO Particles. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 136-145.
- Singh, V., Mukhopadhyay, S., 2016. Manufacturing Methods for Acoustic Textiles. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles (93-114)*. Springer, 237p, Singapore.
- Stanciu, M.D., Curtu, I., Cosoreanu, C., Lica, D., Nastac, S., 2012. Research regarding acoustical properties of recycled composites, 8th International DAAM Baltic Conference "Industrial Engineering", 19-21 April 2012, Tallinn, Estonia, 741-746.
- Suvari, F., Dulek, Y., 2019. Investigating the Effect of Raising on the Sound Absorption Behavior of Polyester Woven Fabrics. *Textile Research Journal*, In Press, doi: 0040517519848161.

- Suvari, F., Ulçay, Y., Pourdeyhimi, B., 2019. Influence of Sea Polymer Removal on Sound Absorption Behavior of Islands-In-The-Sea Spunbonded Nonwovens. *Textile Research Journal*, 89(12), 2444-2455.
- Tan, S. H., Inai, R., Kotaki, M., Ramakrishna, S., 2005. Systematic Parameter Study for Ultra-Fine Fiber Fabrication via Electrospinning Process. *Polymer*, 46(16), 6128-6134.
- Tang, X., Kong, D., Yan, X., 2019. Multiple Regression Analysis of a Woven Fabric Sound Absorber. *Textile Research Journal*, 89(5), 855-866.
- Taşcan, M., & Vaughn, E. A., 2008a. Effects of Total Surface Area and Fabric Density on the Acoustical Behavior of Needle-punched Nonwoven Fabrics. *Textile Research Journal*, 78(4), 289-296.
- Taşcan, M., Vaughn, E. A., 2008b. Effects of Fiber Denier, Fiber Cross-Sectional Shape and Fabric Density on Acoustical Behavior of Vertically Lapped Nonwoven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(2), 32-38.
- Taşcan, M., Vaughn, E.A., Stevens, K.A., Brown, P.J., 2011. Effects of Total Surface Area and Fabric Density on the Acoustical Behavior of Traditional Thermal-Bonded Highloft Nonwoven Fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 102(9), 746-751.
- Taşcan, M., 2016. Acoustical Test Methods for Nonwoven Fabrics. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (115-142). Springer, 237p, Singapore.
- Taylor, R., 1990. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 6(1), 35-39.
- Tayyar, A. E., Üstün, S., 2010. Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 53-62.
- Trematerra, A., Iannace, G., Nesti, S., Fatarella, E., Peruzzi, F., 2014. Acoustic Properties of Nanofibers. *Forum Acusticum 7-12 September*, Krakow, Poland, 7-12.
- TSE - TS EN ISO 10534-1, 2001. Akustik-Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini-Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu (ISO 10534-1:1996). TSE, Ankara.
- TSE - TS EN ISO 10534-2, 2003. Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının ve Empedans Tayini-Bölüm 2: Aktarım Fonksiyonu Metodu (ISO 10534-2:1998). TSE, Ankara.
- Üçgül İ., Turak B., 2015. Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. *APJES*, 3(3), 39-48.

- Uzundağ, U., Tandoğan, O., 2013. Malzemelerin Akustik Performans Testleri. Erişim Tarihi: 20.12.2016. http://test.teknolojim.com/folders/18065/categorial1docs/3840/Malzemelerin_Akustik_Performans_Testleri.pdf
- Vijay Kumar, V., Ramakrishna, S., Kong Yoong, J.L., Esmaeely Neisiany, R., Surendran, S., Balaganesan, G., 2019. Electrospun Nanofiber Interleaving in Fiber Reinforced Composites-Recent Trends. *Material Design and Processing Communications*, 1(1), 1-8 (e24).
- Wassilieff, C. 1996. Sound Absorption of Wood-Based Materials. *Applied Acoustics*, 48(4), 339-356.
- Wulforst, B., 2003. *Tekstil Üretim Yöntemleri*. Çev. Demir, A., Torun, A.R. İstanbul Teknik Üniversitesi, 336s, İstanbul.
- Xiang, H., Tan, S., Yu, X., Long, Y., Zhang, X., Zhao, N., Xu, J., 2011. Sound Absorption Behavior of Electrospun Polyacrylonitrile Nanofibrous Membranes. *Chinese Journal of Polymer Science*, 29(6), 650-657.
- Yang, T., Xiong, X., Mishra, R., Novák, J., Militký, J., 2019. Sound Absorption and Compression Properties of Perpendicular-Laid Nonwovens. *Textile Research Journal*, 89(4), 612-624.
- Yanilmaz, M., Kalaoglu, F., Karakas, H., Sarac, A.S. 2012. Preparation and characterization of electrospun polyurethane-polypyrrole nanofibers and films. *Journal of Applied Polymer Science*, 125(5), 4100-4108.
- Yılmaz, N.D., 2009. *Acoustic Properties of Biodegradable Nonwovens*. Graduate Faculty of North Carolina State University, Ph.D. Thesis, 314s, North Carolina.
- Yılmaz, N.D., 2016. *Design of Acoustic Textiles: Environmental Challenges and Opportunities for Future Direction*. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (185-210). Springer, 237p, Singapore.
- Yılmaz, N.D., Banks-Lee, P., Powell, N. B., Michielsen, S., 2011. Effects of Porosity, Fiber Size, and Layering Sequence on Sound Absorption Performance of Needle-Punched Nonwovens. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(5), 3056-3069.
- Zeren, A. (2003). *Müzik Fiziği*. Pan Yayıncılık, 341s, İstanbul.
- Zhu, W., Nandikolla, V., George, B. 2015. Effect of Bulk Density on the Acoustic Performance of Thermally Bonded Nonwovens. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 39-45.

EKLER

EK A. Nanolif üretim süresinin gürültü azaltma katsayısına etkisi ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları

EK B. Nanolif çapının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait bağımsız t testlerinin SPSS çıktıları

EK C. Malzeme yapısının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları



EK A. Nanolif üretim süresinin gürültü azaltma katsayısına etkisi ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları

Çizelge A.1. 1305, 1320, 1360 ve 13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,068	3	,023	53,971	,000
Within Groups	,003	8	,000		
Total	,072	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1305	3	,10333	
1320	3	,15624	
1360	3		,25433
13120	3		,29233
Sig.		,053	,185

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.2. 1505, 1520, 1560 ve 15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,061	3	,020	216,975	,000
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,061	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1505	3	,08733		
1520	3		,13734	
1560	3			,24273
15120	3			,25672
Sig.		1,000	1,000	,351

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.3. H250-1305, H250-1320, H250-1360 ve H250-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,061	3	,020	32,208	,000
Within Groups	,005	8	,001		
Total	,066	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
H250-1305	3	,24764		
H250-1320	3		,32589	
H250-1360	3			,39403
H250-13120	3			,43599
Sig.		1,000	1,000	,250

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.4. H500-1305, H500-1320, H500-1360 ve H500-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,068	3	,023	119,608	,000
Within Groups	,002	8	,000		
Total	,069	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
H500-1305-H500	3	,31348		
H500-1360-H500	3		,41812	
H500-13120-H500	3		,42890	
H500-1320-H500	3			,52533
Sig.		1,000	,774	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.5. H750-1305, H750-1320, H750-1360 ve H750-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,006	3	,002	8,561	,007
Within Groups	,002	8	,000		
Total	,008	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H750-1305	3	,39691	
H750-13120	3	,43668	,43668
H750-1320	3		,44898
H750-1360	3		,45698
Sig.		,059	,442

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.6. H250-1505, H250-1520, H250-1560 ve H250-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,094	3	,031	45,762	,000
Within Groups	,005	8	,001		
Total	,099	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
H250-1505	3	,22928		
H250-1520	3		,30471	
H250-1560	3			,43453
H250-15120	3			,43687
Sig.		1,000	1,000	,999

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.7. H500-1505, H500-1520, H500-1560 ve H500-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,045	3	,015	56,793	,000
Within Groups	,002	8	,000		
Total	,048	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H500-1505	3	,30771	
H500-1520	3	,33538	
H500-15120	3		,43864
H500-1560	3		,44707
Sig.		,239	,919

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.8. H750-1505, H750-1520, H750-1560 ve H750-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,010	3	,003	10,058	,004
Within Groups	,003	8	,000		
Total	,012	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H750-1505	3	,39224	
H750-15120	3	,42112	
H750-1520	3	,43513	,43513
H750-1560	3		,47123
Sig.		,073	,141

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.9. A250-1305, A250-1320, A250-1360 ve A250-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,016	3	,005	16,043	,001
Within Groups	,003	8	,000		
Total	,018	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
A250-1305	3	,36769		
A250-1360	3	,41474	,41474	
A250-13120	3		,43901	,43901
A250-1320	3			,46619
Sig.		,051	,409	,323

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.10. A500-1305, A500-1320, A500-1360 ve A500-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,002	3	,001	8,544	,007
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,003	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A500-1305	3	,45365	
A500-1320	3	,46126	
A500-1360	3	,46978	,46978
A500-13120	3		,48751
Sig.		,179	,131

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.11. A1000-1305, A1000-1320, A1000-1360 ve A1000-13120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,005	3	,002	14,889	,001
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,006	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A1000-1360	3	,45401	
A1000-13120	3	,46063	
A1000-1320	3		,49576
A1000-1305	3		,49930
Sig.		,865	,975

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.12. A250-1505, A250-1520, A250-1560 ve A250-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,045	3	,015	22,915	,000
Within Groups	,005	8	,001		
Total	,050	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A250-1505	3	,33874	
A250-1520	3	,36280	
A250-15120	3		,46311
A250-1560	3		,47974
Sig.		,670	,854

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.13. A500-1505, A500-1520, A500-1560 ve A500-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,005	3	,002	1,546	,276
Within Groups	,009	8	,001		
Total	,014	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
A500-15120	3	,40462	
A500-1505	3	,43487	
A500-1520	3	,45420	
A500-1560	3	,45701	
Sig.		,297	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.14. A1000-1505, A1000-1520, A1000-1560 ve A1000-15120 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,004	3	,001	12,235	,002
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,005	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A1000-15120	3	,44045	
A1000-1520	3	,44190	
A1000-1560	3	,45492	
A1000-1505	3		,48847
Sig.		,429	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.15. H250-1305-H250, H250-1320-H250, H250-1360-H250 ve H250-13120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,018	3	,006	42,872	,000
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,020	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H250-1305-H250	3	,38901	
H250-1360-H250	3		,47120
H250-13120-H250	3		,47988
H250-1320-H250	3		,48522
Sig.		1,000	,515

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.16. H500-1305-H500, H500-1320-H500, H500-1360-H500 ve H500-13120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,024	3	,008	33,512	,000
Within Groups	,002	8	,000		
Total	,026	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H500-1305-H500	3	,31348	
H500-1320-H500	3		,39121
H500-1360-H500	3		,41812
H500-13120-H500	3		,42890
Sig.		1,000	,070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.17 H750-1305-H750, H750-1320-H750, H750-1360-H750 ve H750-13120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,004	3	,001	1,087	,408
Within Groups	,009	8	,001		
Total	,013	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
H750-13120-H750	3	,51600	
H750-1360-H750	3	,53562	
H750-1305-H750	3	,55369	
H750-1320-H750	3	,56210	
Sig.		,401	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.18. H250-1505-H250, H250-1520-H250, H250-1560-H250 ve H250-15120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,012	3	,004	7,823	,009
Within Groups	,004	8	,001		
Total	,017	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H250-1505-H250	3	,39217	
H250-1520-H250	3	,42491	,42491
H250-15120-H250	3		,45890
H250-1560-H250	3		,47555
Sig.		,362	,101

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.19. H500-1505-H500, H250-1520-H500, H500-1560-H500 ve H500-15120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,015	3	,005	8,325	,008
Within Groups	,005	8	,001		
Total	,020	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H500-15120-H500	3	,43573	
H500-1505-H500	3	,46455	,46455
H500-1560-H500	3		,50754
H500-1520-H500	3		,52533
Sig.		,509	,062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.20. H750-1505-H750, H750-1520-H750, H750-1560-H750 ve H750-15120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,008	3	,003	19,555	,000
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,009	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
H750-15120-H750	3	,50442	
H750-1505-H750	3		,54484
H750-1560-H750	3		,55033
H750-1520-H750	3		,57441
Sig.		1,000	,051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.21. A250-1305-A250, A250-1320-A250, A250-1360-A250 ve A250-13120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,001	3	,000	3,345	,076
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,002	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
A250-1305-A250	3	,49108	
A250-1320-A250	3	,50385	
A250-13120-A250	3	,50923	
A250-1360-A250	3	,51369	
Sig.		,068	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.22. A500-1305-A500, A500-1320-A500, A500-1360-A500 ve A500-13120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,014	3	,005	14,653	,001
Within Groups	,003	8	,000		
Total	,016	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A500-1360-A500	3	,45774	
A500-13120-A500	3	,47967	
A500-1320-A500	3		,53273
A500-1305-A500	3		,53637
Sig.		,471	,994

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.23. A1000-1305-A1000, A1000-1320-A1000, A1000-1360-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,021	3	,007	20,369	,000
Within Groups	,003	8	,000		
Total	,023	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A1000-1360-A1000	3	,31503	
A1000-13120-A1000	3	,31577	
A1000-1320-A1000	3		,38562
A1000-1305-A1000	3		,40761
Sig.		1,000	,496

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.24. A250-1505-A250, A250-1520-A250, A250-1560-A250 ve A250-15120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,004	3	,001	7,194	,012
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,005	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A250-1505-A250	3	,48061	
A250-1520-A250	3	,49738	,49738
A250-15120-A250	3	,50305	,50305
A250-1560-A250	3		,53049
Sig.		,246	,064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.25. A500-1505-A500, A500-1520-A500, A500-1560-A500 ve A500-15120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,016	3	,005	38,159	,000
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,018	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
A500-15120-A500	3	,46498	
A500-1560-A500	3	,49357	
A500-1520-A500	3		,54929
A500-1505-A500	3		,55189
Sig.		,075	,993

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge A.26. A1000-1505-A1000, A1000-1520-A1000, A1000-1560-A1000 ve A1000-15120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,037	3	,012	212,768	,000
Within Groups	,000	8	,000		
Total	,038	11			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
A1000-15120-A1000	3	,29595			
A1000-1560-A1000	3		,33944		
A1000-1520-A1000	3			,40963	
A1000-1505-A1000	3				,43648
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK B. Nanolif yapının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait bağımsız t testlerinin SPSS çıktıları

Çizelge B.1. 1505, 1305, 1520, 1320, 1560, 1360, 15120 ve 13120 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC 1505	3	,08733	,005508	,003180
1305	3	,10333	,005508	,003180

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	,000	1,000	-3,558	4	,024	-,016000	,004497	-,028485	-,003515
	Equal variances not assumed			-3,558	4,000	,024	-,016000	,004497	-,028485	-,003515

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC 1520	3	,13733	,004726	,002728
1320	3	,15600	,005568	,003215

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	,057	,823	-4,427	4	,011	-,018667	,004216	-,030373	-,006960
	Equal variances not assumed			-4,427	3,897	,012	-,018667	,004216	-,030496	-,006837

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC 1560	3	,24273	,003778	,002181
1360	3	,25433	,001155	,000667

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	6,942	,058	-5,086	4	,007	-,011600	,002281	-,017932	-,005268
	Equal variances not assumed			-5,086	2,370	,025	-,011600	,002281	-,020081	-,003119

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC 15120	3	,25672	,017377	,010032
13120	3	,29233	,040284	,023258

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	1,323	,314	-1,406	4	,233	-,035608	,025330	-,105935	,034718
	Equal variances not assumed			-1,406	2,719	,263	-,035608	,025330	-,121136	,049919

Çizelge B.2. H250-1505, H250-1305, H250-1505-H250 ve H250-1305-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1505	3	,22928	,002584	,001492
H250-1305	3	,24764	,008062	,004655

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	1,540	,282	-3,755	4	,020	-,018354	,004888	-,031926	-,004783
	Equal variances not assumed			-3,755	2,407	,048	-,018354	,004888	-,036323	-,000386

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1505-H250	3	,39217	,000822	,000475
H250-1305-H250	3	,38901	,008137	,004698

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	3,122	,152	,668	4	,541	,003154	,004722	-,009956	,016265
	Equal variances not assumed			,668	2,041	,572	,003154	,004722	-,016779	,023087

Çizelge B.3. H500-1505, H500-1305, H500-1505-H500 ve H500-1305-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1505	3	,30771	,002763	,001595
H500-1305	3	,31348	,009978	,005761

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	3,717	,126	-,965	4	,389	-,005771	,005978	-,022368	,010826
	Equal variances not assumed			-,965	2,305	,424	-,005771	,005978	-,028491	,016949

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1505-H500	3	,46455	,005706	,003294
H500-1305-H500	3	,45968	,005800	,003349

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
NRC	Equal variances assumed	,032	,867	1,038	4	,358	,004875	,004697	-,008167	,017917
	Equal variances not assumed			1,038	3,999	,358	,004875	,004697	-,008168	,017918

Çizelge B.4. H750-1505, H750-1305, H750-1505-H750 ve H750-1305-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1505	3	,39224	,015142	,008742
H750-1305	3	,39691	,013657	,007885

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,010	,924	-,396	4	,712	-,004667	,011773	-,037353	,028019
	Equal variances not assumed			-,396	3,958	,712	-,004667	,011773	-,037490	,028156

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1505-H750	3	,54484	,002101	,001213
H750-1305-H750	3	,55369	,001379	,000796

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,342	,590	-6,100	4	,004	-,008850	,001451	-,012878	-,004822
	Equal variances not assumed			-6,100	3,453	,006	-,008850	,001451	-,013142	-,004558

Çizelge B.5. A250-1505, A250-1305, A250-1505-A250 ve A250-1305-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1505	3	,33874	,012967	,007487
A250-1305	3	,36769	,008527	,004923

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	1,251	,326	-3,231	4	,032	-,028950	,008960	-,053828	-,004072
	Equal variances not assumed			-3,231	3,457	,039	-,028950	,008960	-,055447	-,002453

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1505-A250	3	,48061	,016839	,009722
A250-1305-A250	3	,49108	,002214	,001278

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	6,610	,062	-1,068	4	,346	-,010475	,009806	-,037700	,016750
	Equal variances not assumed			-1,068	2,069	,394	-,010475	,009806	-,051343	,030393

Çizelge B.6. A500-1505, A500-1305, A500-1505-A500 ve A500-1305-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1505	3	,43487	,017279	,009976
A500-1305	3	,45365	,020975	,012110

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,008	,934	-1,197	4	,298	-,018775	,015690	-,062337	,024787
	Equal variances not assumed			-1,197	3,859	,300	-,018775	,015690	-,062974	,025424

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1505-A500	3	,55189	,008418	,004860
A500-1305-A500	3	,53637	,000406	,000235

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	8,200	,046	3,191	4	,033	,015525	,004866	,002016	,029034
	Equal variances not assumed			3,191	2,009	,085	,015525	,004866	-,005317	,036367

Çizelge B.7. A1000-1505, A1000-1305, A1000-1505-A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1505	3	,48847	,001827	,001055
A1000-1305	3	,49930	,010166	,005869

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	9,840	,035	-1,817	4	,143	-,010833	,005963	-,027390	,005724
	Equal variances not assumed			-1,817	2,129	,203	-,010833	,005963	-,035057	,013391

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1505-A1000	3	,43648	,002558	,001477
A1000-1305-A1000	3	,40761	,006184	,003570

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	1,307	,317	7,473	4	,002	,028875	,003864	,018148	,039602
	Equal variances not assumed			7,473	2,665	,007	,028875	,003864	,015657	,042093

Çizelge B.8. H250-1520, H250-1320, H250-1520-H250 ve H250-1320-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1520	3	,30471	,042903	,024770
H250-1320	3	,32589	,008007	,004623

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	3,397	,139	-,841	4	,448	-,021183	,025197	-,091143	,048776
	Equal variances not assumed			-,841	2,139	,484	-,021183	,025197	-,123114	,080747

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1520-H250	3	,42491	,037103	,021421
H250-1320-H250	3	,48522	,018779	,010842

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	1,066	,360	-2,512	4	,066	-,060308	,024009	-,126968	,006351
	Equal variances not assumed			-2,512	2,962	,088	-,060308	,024009	-,137279	,016662

Çizelge B.9. H500-1520, H500-1320, H500-1520-H500 ve H500-1320-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1520	3	,33538	,024676	,014247
H500-1320	3	,42890	,005658	,003266

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	5,797	,074	-6,398	4	,003	-,093517	,014616	-,134098	-,052935
	Equal variances not assumed			-6,398	2,210	,018	-,093517	,014616	-,151019	-,036015

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1520-H500	3	,52533	,011447	,006609
H500-1320-H500	3	,49932	,028299	,016339

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	4,438	,103	1,476	4	,214	,026017	,017625	-,022917	,074951
	Equal variances not assumed			1,476	2,637	,248	,026017	,017625	-,034698	,086731

Çizelge B.10. H750-1520, H750-1320, H750-1520-H750 ve H750-1320-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1520	3	,44898	,008410	,004856
H750-1320	3	,43513	,010485	,006053

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,294	,616	1,785	4	,149	,013850	,007760	-,007696	,035396
	Equal variances not assumed			1,785	3,820	,152	,013850	,007760	-,008102	,035802

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1520-H750	3	,57441	,002188	,001263
H750-1320-H750	3	,56210	,015855	,009154

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	6,489	,063	1,332	4	,254	,012308	,009241	-,013348	,037965
	Equal variances not assumed			1,332	2,076	,310	,012308	,009241	-,026086	,050703

Çizelge B.11. A250-1520, A250-1320, A250-1520-A250 ve A250-1320-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1520	3	,36280	,020549	,011864
A250-1320	3	,46619	,035095	,020262

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	1,710	,261	-4,403	4	,012	-,103392	,023480	-,168583	-,038200
	Equal variances not assumed			-4,403	3,227	,019	-,103392	,023480	-,175227	-,031556

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1520-A250	3	,49738	,006365	,003675
A250-1320-A250	3	,50385	,010332	,005965

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,433	,547	-,923	4	,408	-,006467	,007006	-,025919	,012985
	Equal variances not assumed			-,923	3,327	,418	-,006467	,007006	-,027573	,014640

Çizelge B.12. A500-1520, A500-1320, A500-1520-A500 ve A500-1320-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1520	3	,45420	,032274	,018633
A500-1320	3	,46126	,002932	,001693

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	12,350	,025	-,377	4	,725	-,007058	,018710	-,059006	,044889	
	Equal variances not assumed			-,377	2,033	,742	-,007058	,018710	-,086322	,072205	

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1520-A500	3	,54929	,003287	,001898
A500-1320-A500	3	,53273	,008438	,004872

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	3,957	,118	3,167	4	,034	,016558	,005228	,002042	,031075	
	Equal variances not assumed			3,167	2,593	,062	,016558	,005228	-,001660	,034776	

Çizelge B.13. A1000-1520, A1000-1320, A1000-1520-A1000 ve A1000-1320-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1520	3	,44190	,020414	,011786
A1000-1320	3	,49576	,015898	,009179

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,430	,548	-3,605	4	,023	-,053858	,014939	-,095335	-,012382	
	Equal variances not assumed			-3,605	3,774	,025	-,053858	,014939	-,096335	-,011381	

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1520-A1000	3	,40963	,007408	,004277
A1000-1320-A1000	3	,38562	,021249	,012268

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	5,687	,076	1,848	4	,138	,024008	,012992	-,012063	,060080	
	Equal variances not assumed			1,848	2,479	,181	,024008	,012992	-,022715	,070732	

Çizelge B.14. H250-1560, H250-1360, H250-1560-H250 ve H250-1360-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1560	3	,43453	,016640	,009607
H250-1360	3	,39403	,002675	,001544

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	5,732	,075	4,162	4	,014	,040500	,009730	,013485	,067515
	Equal variances not assumed			4,162	2,103	,049	,040500	,009730	,000544	,080456

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-1560-H250	3	,47555	,025461	,014700
H250-1320-H250	3	,47120	,005500	,003175

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	9,275	,038	,289	4	,787	,004350	,015039	-,037405	,046105
	Equal variances not assumed			,289	2,186	,798	,004350	,015039	-,055352	,064052

Çizelge B.15. 1560, 1360, H500-1560, H500-1360, H500-1560-H500 ve H500-1360-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1560	3	,44707	,016509	,009531
H500-1360	3	,41812	,022144	,012785

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,481	,526	1,816	4	,144	,028958	,015947	-,015317	,073234
	Equal variances not assumed			1,816	3,698	,149	,028958	,015947	-,016778	,074694

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-1560-H500	3	,50754	,011624	,006711
H500-1560-H500	3	,47899	,059521	,034364

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	8,785	,041	,815	4	,461	,028550	,035013	-,068663	,125763
	Equal variances not assumed			,815	2,152	,495	,028550	,035013	-,112330	,169430

Çizelge B.16. H750-1560, H750-1360, H750-1560-H750 ve H750-1360-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1560	3	,47123	,020905	,012070
H750-1360	3	,45698	,015961	,009215

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,224	,660	,938	4	,401	,014250	,015185	-,027911	,056411
	Equal variances not assumed			,938	3,740	,405	,014250	,015185	-,029091	,057591

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-1560-H750	3	,55033	,014915	,008611
H750-1560-H750	3	,53562	,047486	,027416

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	3,871	,121	,512	4	,636	,014708	,028737	-,065077	,094494
	Equal variances not assumed			,512	2,391	,652	,014708	,028737	-,091450	,120867

Çizelge B.17. A250-1560, A250-1360, A250-1560-A250 ve A250-1360-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1560	3	,47974	,028215	,016290
A250-1360	3	,41474	,000863	,000498

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	3,938	,118	3,989	4	,016	,065004	,016298	,019755	,110254
	Equal variances not assumed			3,989	2,004	,057	,065004	,016298	-,004994	,135002

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-1560-A250	3	,53049	,010227	,005904
A250-1560-A250	3	,51369	,011113	,006416

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,000	,991	1,927	4	,126	,016804	,008719	-,007404	,041012
	Equal variances not assumed			1,927	3,973	,127	,016804	,008719	-,007470	,041078

Çizelge B.18. A500-1560, A500-1360, A500-1560-A500 ve A500-1360-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1560	3	,45701	,013583	,007842
A500-1360	3	,46978	,015815	,009131

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,001	,972	-1,061	4	,348	-,012775	,012036	-,046194	,020644
	Equal variances not assumed			-1,061	3,911	,350	-,012775	,012036	-,046496	,020946

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-1560-A500	3	,49357	,017394	,010042
A500-1560-A500	3	,45774	,021845	,012612

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,188	,687	2,222	4	,090	,035825	,016122	-,008937	,080587
	Equal variances not assumed			2,222	3,809	,094	,035825	,016122	-,009837	,081487

Çizelge B.19. A1000-1560, A1000-1360, A1000-1560-A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1560	3	,45492	,006842	,003950
A1000-1360	3	,45401	,002137	,001234

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	4,624	,098	,218	4	,838	,000904	,004139	-,010586	,012394
	Equal variances not assumed			,218	2,387	,844	,000904	,004139	-,014404	,016213

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-1560-A1000	3	,33944	,011152	,006439
A1000-1560-A1000	3	,31503	,002775	,001602

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	2,294	,204	3,680	4	,021	,024417	,006635	,005994	,042839
	Equal variances not assumed			3,680	2,247	,056	,024417	,006635	-,001329	,050162

Çizelge B.20. H250-15120, H250-13120, H250-15120-H250 ve H250-13120-H250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-15120	3	,43687	,024745	,014286
H250-13120	3	,39403	,037325	,021550

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,292	,618	1,657	4	,173	,042842	,025855	-,028944	,114627
	Equal variances not assumed			1,657	3,473	,184	,042842	,025855	-,033446	,119130

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H250-15120-H250	3	,45890	,008971	,005179
H250-15120-H250	3	,47988	,011130	,006426

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,414	,555	-2,541	4	,064	-,020975	,008253	-,043890	,001940
	Equal variances not assumed			-2,541	3,827	,067	-,020975	,008253	-,044304	,002354

Çizelge B.21. H500-15120, H500-13120, H500-15120-H500 ve H500-13120-H500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-15120	3	,43687	,024745	,014286
H500-13120	3	,39403	,037325	,021550

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,292	,618	1,657	4	,173	,042842	,025855	-,028944	,114627
	Equal variances not assumed			1,657	3,473	,184	,042842	,025855	-,033446	,119130

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H500-15120-H500	3	,45890	,008971	,005179
H500-15120-H500	3	,47988	,011130	,006426

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,414	,555	-2,541	4	,064	-,020975	,008253	-,043890	,001940
	Equal variances not assumed			-2,541	3,827	,067	-,020975	,008253	-,044304	,002354

Çizelge B.22. H750-15120, H750-13120, H750-15120-H750 ve H750-13120-H750 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-15120	3	,42112	,022548	,013018
H750-13120	3	,43668	,022002	,012703

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,025	,881	-,855	4	,441	-,015558	,018189	-,066058	,034942
	Equal variances not assumed			-,855	3,988	,441	-,015558	,018189	-,066070	,034954

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC H750-15120-H750	3	,50442	,016915	,009766
H750-15120-H750	3	,51600	,046016	,026567

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	4,659	,097	-,409	4	,703	-,011583	,028305	-,090172	,067005
	Equal variances not assumed			-,409	2,531	,714	-,011583	,028305	-,111891	,088724

Çizelge B.23. A250-15120, A250-13120, A250-15120-A250 ve A250-13120-A250 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-15120	3	,46311	,035060	,020242
A250-13120	3	,43901	,001566	,000904

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	9,404	,037	1,189	4	,300	,024100	,020262	-,032157	,080357
	Equal variances not assumed			1,189	2,008	,356	,024100	,020262	-,062750	,110950

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A250-15120-A250	3	,50305	,016965	,009795
A250-15120-A250	3	,50923	,010406	,006008

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	1,513	,286	-,537	4	,619	-,006175	,011491	-,038078	,025728
	Equal variances not assumed			-,537	3,318	,625	-,006175	,011491	-,040837	,028487

Çizelge B.24. A500-15120, A500-13120, A500-15120-A500 ve A500-13120-A500 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-15120	3	,40462	,054730	,031599
A500-13120	3	,48751	,006138	,003544

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	4,643	,097	-2,607	4	,060	-,082892	,031797	-,171173	,005390
	Equal variances not assumed			-2,607	2,050	,118	-,082892	,031797	-,216535	,050752

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A500-15120-A500	3	,46498	,013861	,008003
A500-15120-A500	3	,53273	,008438	,004872

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	,410	,557	-7,231	4	,002	-,067750	,009369	-,093762	-,041738
	Equal variances not assumed			-7,231	3,303	,004	-,067750	,009369	-,096075	-,039425

Çizelge B.25. A1000-15120, A1000-13120, A1000-15120-A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerinin GAK değerlerine ait t testi sonuçları

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-15120	3	,44045	,004682	,002703
A1000-13120	3	,46063	,009011	,005202

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	2,807	,169	-3,443	4	,026	-,020183	,005863	-,036461	-,003906
	Equal variances not assumed			-3,443	3,007	,041	-,020183	,005863	-,038818	-,001549

Group Statistics				
Sample	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRC A1000-15120-A1000	3	,29595	,006889	,003978
A1000-15120-A1000	3	,31577	,029078	,016788

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
NRC	Equal variances assumed	4,560	,100	-1,149	4	,315	-,019817	,017253	-,067718	,028085
	Equal variances not assumed			-1,149	2,224	,359	-,019817	,017253	-,087330	,047697

EK C. Malzeme yapısının gürültü azaltma katsayısına etkisi ile ilgili numunelere ait ANOVA ve Tukey HSD testlerinin SPSS çıktıları

Çizelge C.1. 1305, H250, H250-1305, H250H250 ve H250-1305-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,150	4	,038	166,415	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,153	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1305	3	,10301				
H250	3		,20520			
H250-1305	3			,24764		
H250H250	3				,33585	
H250-1305-H250	3					,38901
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.2. 1305, H500, H500-1305, H500H500 ve H500-1305-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,239	4	,060	207,031	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,242	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1305	3	,10301			
H500	3		,26624		
H500-1305	3			,31348	
H500H500	3				,42267
H500-1305-H500	3				,45968
Sig.		1,000	1,000	1,000	,130

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.3. 1305, H750, H750-1305, H750H750 ve H750-1305-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,369	4	,092	253,629	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,373	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1305	3	,10301		
H750	3		,35839	
H750-1305	3		,39691	
H750H750	3			,50443
H750-1305-H750	3			,55369
Sig.		1,000	,173	,061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.4. 1305, A250, A250-1305, A250A250 ve A250-1305-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,276	4	,069	254,247	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,278	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1305	3	,10301				
A250	3		,29689			
A250-1305	3			,36769		
A250A250	3				,44121	
A250-1305-A250	3					,49108
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.5. 1305, A500, A500-1305, A500A500 ve A500-1305-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,378	4	,094	328,721	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,381	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1305	3	,10301		
A500	3		,43619	
A500-1305	3		,45365	
A500A500	3			,52488
A500-1305-A500	3			,53637
Sig.		1,000	,719	,915

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.6. 1305, A1000, A1000-1305, A1000A1000 ve A1000-1305-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,312	4	,078	322,703	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,315	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1305	3	,10301		
A1000-1305-A1000	3		,40761	
A1000A1000	3		,41786	
A1000	3			,48507
A1000-1305	3			,49930
Sig.		1,000	,923	,793

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.7. 1505, H250, H250-1505, H250H250 ve H250-1505-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,170	4	,042	396,634	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,171	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1505	3	,08719			
H250	3		,20520		
H250-1505	3		,22928		
H250H250	3			,33585	
H250-1505-H250	3				,39217
Sig.		1,000	,098	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.8. 1505, H500, H500-1505, H500H500 ve H500-1505-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,264	4	,066	374,926	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,266	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1505	3	,08719				
H500	3		,26624			
H500-1505	3			,30771		
H500H500	3				,42267	
H500-1505-H500	3					,46455
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.9. 1505, H750, H750-1505, H750H750 ve H750-1505-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,387	4	,097	347,023	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,390	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1505	3	,08719		
H750	3		,35839	
H750-1505	3		,39224	
H750H750	3			,50443
H750-1505-H750	3			,54484
Sig.		1,000	,171	,083

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.10. 1505, A250, A250-1505, A250A250 ve A250-1505-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,286	4	,071	283,764	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,288	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1505	3	,08719		
A250	3		,29689	
A250-1505	3		,33874	
A250A250	3			,44121
A250-1505-A250	3			,48061
Sig.		1,000	,055	,073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.11. 1505, A500, A500-1505, A500A500 ve A500-1505-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,416	4	,104	580,311	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,418	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1505	3	,08719		
A500-1505	3		,43483	
A500	3		,43619	
A500A500	3			,52488
A500-1505-A500	3			,55189
Sig.		1,000	1,000	,174

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.12. 1505, A1000, A1000-1505, A1000A1000 ve A1000-1505-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,339	4	,085	698,343	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,341	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1505	3	,08719		
A1000A1000	3		,41786	
A1000-1505-A1000	3		,43648	
A1000	3			,48507
A1000-1505	3			,48847
Sig.		1,000	,303	,995

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.13. 1320, H250, H250-1320, H250H250 ve H250-1320-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,198	4	,049	520,302	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,199	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1320	3	,15624			
H250	3		,20520		
H250-1320	3			,32589	
H250H250	3			,33585	
H250-1320-H250	3				,48522
Sig.		1,000	1,000	,724	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.14. 1320, H500, H500-1320, H500H500 ve H500-1320-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,207	4	,052	180,750	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,210	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1320	3	,15624			
H500	3		,26624		
H500-1320	3			,39121	
H500H500	3			,42267	
H500-1320-H500	3				,48247
Sig.		1,000	1,000	,228	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.15. 1320, H750, H750-1320, H750H750 ve H750-1320-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,299	4	,075	354,566	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,301	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1320	3	,15600				
H750	3		,35839			
H750-1320	3			,43513		
H750H750	3				,50443	
H750-1320-H750	3					,56210
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.16. 1320, A250, A250-1320, A250A250 ve A250-1320-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.250	4	.063	186.666	.000
Within Groups	.003	10	.000		
Total	.253	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1320	3	.15600			
A250	3		.29700		
A250-A250	3			.44133	
A250-1320	3			.46600	.46600
A250-1320-A250	3				.50400
Sig.		1,000	1,000	.501	.156

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.17. 1320, A500, A500-1320, A500A500 ve A500-1320-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,286	4	,072	2587,915	,000
Within Groups	,000	10	,000		
Total	,286	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1320	3	,15600			
A500	3		,43619		
A500-1320	3			,46126	
A500A500	3				,52488
A500-1320-A500	3				,53273
Sig.		1,000	1,000	1,000	,409

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.18. 1320, A1000, A1000-1320 ve A1000-1320-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,227	4	,057	340,558	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,229	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1320	3	,15600		
A1000-1320-A1000	3		,38562	
A1000A1000	3		,41786	
A1000	3			,48507
A1000-1320	3			,49576
Sig.		1,000	,072	,844

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.19. 1520, H250, H250-1520, H250H250 ve H250-1520-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,152	4	,038	56,903	,000
Within Groups	,007	10	,001		
Total	,159	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1520	3	,13717		
H250	3	,20520		
H250-1520	3		,30471	
H250H250	3		,33585	
H250-1520-H250	3			,42491
Sig.		,056	,599	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.20. 1520, H500, H500-1520, H500H500 ve H500-1520-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,263	4	,066	279,085	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,266	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1520	3	,13717				
H500	3		,26624			
H500-1520	3			,33538		
H500H500	3				,42267	
H500-1520-H500	3					,52533
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.21. 1520, H750, H750-1520, H750H750 ve H750-1520-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,344	4	,086	561,396	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,345	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1520	3	,13700				
H750	3		,35839			
H750-1520	3			,44898		
H750H750	3				,50443	
H750-1520-H750	3					,57441
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.22. 1520, A250, A250-1520, A250A250 ve A250-1520-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,235	4	,059	338,759	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,237	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1520	3	,13717				
A250	3		,29689			
A250-1520	3			,36280		
A250A250	3				,44121	
A250-1520-A250	3					,49738
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.23. 1520, A500, A500-1520, A500A500 ve A500-1520-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,328	4	,082	369,783	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,330	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1520	3	,13700		
A500	3		,43619	
A500-1520	3		,45420	
A500A500	3			,52488
A500-1520-A500	3			,54929
Sig.		1,000	,595	,328

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.24. 1520, A1000, A1000-1520, A1000A1000 ve A1000-1520-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,229	4	,057	265,739	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,231	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1520	3	,13700		
A1000-1520-A1000	3		,40963	
A1000A1000	3		,41786	
A1000-1520	3		,44190	
A1000	3			,48507
Sig.		1,000	,125	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.25. 1360, H250, H250-1360 H250H250 ve H250-1360-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,136	4	,034	51,512	,000
Within Groups	,007	10	,001		
Total	,143	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
H250	3	,20520		
1360	3	,25441		
H250H250	3		,33585	
H250-1360	3		,39403	
H250-1360-H250	3			,47120
Sig.		,208	,111	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.26. 1360, H500, H500-1360, H500H500 ve H500-1360-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,123	4	,031	24,747	,000
Within Groups	,012	10	,001		
Total	,136	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1360	3	,25441	
H500	3	,26624	
H500-1360	3		,41812
H500H500	3		,42267
H500-1360-H500	3		,47899
Sig.		,993	,286

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.27. 1360, H750, H750-1360, H750H750 ve H750-1360-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,159	4	,040	39,639	,000
Within Groups	,010	10	,001		
Total	,169	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1360	3	,25441		
H750	3		,35839	
H750-1360	3			,45698
H750H750	3			,50443
H750-1360-H750	3			,53562
Sig.		1,000	1,000	,074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.28. 1360, A250, A250-1360, A250A250 ve A250-1360-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,136	4	,034	74,693	,000
Within Groups	,005	10	,000		
Total	,141	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1360	3	,25441		
A250	3	,29689		
A250-1360	3		,41474	
A250A250	3		,44121	
A250-1360-A250	3			,51369
Sig.		,182	,574	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.29. 1360, A500, A500-1360, A500A500 ve A500-1360-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,127	4	,032	60,809	,000
Within Groups	,005	10	,001		
Total	,132	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1360	3	,25441		
A500	3		,43619	
A500-1360-A500	3		,45774	
A500-1360	3		,46978	,46978
A500A500	3			,52488
Sig.		1,000	,422	,084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.30. 1360, A1000, A1000-1360, A1000A1000 ve A1000-1360-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,113	4	,028	72,340	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,117	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1360	3	,25441			
A1000-1360-A1000	3		,31503		
A1000A1000	3			,41786	
A1000-1360	3			,45401	,45401
A1000	3				,48507
Sig.		1,000	1,000	,242	,366

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.31. 1560, H250, H250-1560, H250H250 ve H250-1560-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,165	4	,041	212,911	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,167	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
H250	3	,20520				
1560	3		,24273			
H250H250	3			,33585		
H250-1560	3				,43453	
H250-1560-H250	3					,47555
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.32. 1560, H500, H500-1560, H500H500 ve H500-1560-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,163	4	,041	266,435	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,165	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1560	3	,24273		
H500	3	,26624		
H500H500	3		,42267	
H500-1560	3		,44707	
H500-1560-H500	3			,50754
Sig.		,213	,188	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.33. 1560, H750, H750-1560, H750H750 ve H750-1560-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,185	4	,046	173,598	,000
Within Groups	,003	10	,000		
Total	,188	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1560	3	,24273			
H750	3		,35839		
H750-1560	3			,47123	
H750H750	3			,50443	
H750-1560-H750	3				,55033
Sig.		1,000	1,000	,169	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.34. 1560, A250, A250-1560, A250A250 ve A250-1560-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,181	4	,045	185,404	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,184	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1560	3	,24273			
A250	3		,29689		
A250A250	3			,44121	
A250-1560	3			,47974	
A250-1560-A250	3				,53049
Sig.		1,000	1,000	,076	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.35. 1560, A500, A500-1560, A500A500 ve A500-1560-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,147	4	,037	346,679	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,148	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1560	3	,24273			
A500	3		,43619		
A500-1560	3		,45701		
A500-1560-A500	3			,49357	
A500A500	3				,52488
Sig.		1,000	,171	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.36. 1560, A1000, A1000-1560, A1000A1000 ve A1000-1560-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,115	4	,029	504,423	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,115	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1560	3	,24273				
A1000-1560-A1000	3		,33944			
A1000A1000	3			,41786		
A1000-1560	3				,45492	
A1000	3					,48507
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.37. 13120, H250, H250-13120, H250H250 ve H250-13120-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,129	4	,032	50,817	,000
Within Groups	,006	10	,001		
Total	,135	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
H250	3	,20520			
13120	3		,29233		
H250H250	3		,33585	,33585	
H250-13120	3			,39403	
H250-13120-H250	3				,47988
Sig.		1,000	,284	,102	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.38. 13120, H500, H500-13120, H500H500 ve H500-13120-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,117	4	,029	52,339	,000
Within Groups	,006	10	,001		
Total	,123	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
H500	3	,26624		
13120	3	,29233		
H500H500	3		,42267	
H500-13120	3		,42890	
H500-13120-H500	3			,49932
Sig.		,669	,997	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.39. 13120, H750, H750-13120, H750H750 ve H750-13120-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,110	4	,028	28,174	,000
Within Groups	,010	10	,001		
Total	,120	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
13120	3	,29233		
H750	3	,35839	,35839	
H750-13120	3		,43668	,43668
H750H750	3			,50443
H750-13120-H750	3			,51600
Sig.		,146	,071	,066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.40. 13120, A250, A250-13120, A250A250 ve A250-13120-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,112	4	,028	68,505	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,116	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
13120	3	,29233		
A250	3	,29689		
A250-13120	3		,43901	
A250A250	3		,44121	
A250-13120-A250	3			,50923
Sig.		,998	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.41. 13120, A500, A500-13120, A500A500 ve A500-13120-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,116	4	,029	82,711	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,120	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
13120	3	,29233		
A500	3		,43619	
A500-13120	3			,48751
A500A500	3			,52488
A500-13120-A500	3			,53273
Sig.		1,000	1,000	,084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.42. 13120, A1000, A1000-13120, A1000A1000 ve A1000-13120-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,089	4	,022	42,138	,000
Within Groups	,005	10	,001		
Total	,095	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
13120	3	,29233		
A1000-13120-A1000	3	,31577		
A1000A1000	3		,41786	
A1000-13120	3		,46063	,46063
A1000	3			,48507
Sig.		,726	,229	,697

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.43. 15120, H250, H250-15120, H250H250 ve H250-15120-H250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,146	4	,036	178,262	,000
Within Groups	,002	10	,000		
Total	,148	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
H250	3	,20520			
15120	3		,25672		
H250H250	3			,33585	
H250-15120	3				,43687
H250-15120-H250	3				,45890
Sig.		1,000	1,000	1,000	,382

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.44. 15120, H500, H500-15120, H500H500 ve H500-15120-H500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,106	4	,026	45,384	,000
Within Groups	,006	10	,001		
Total	,111	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
15120	3	,25672	
H500	3	,26624	
H500H500	3		,42267
H500-15120-H500	3		,43573
H500-15120	3		,43864
Sig.		,987	,921

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.45. 15120, H750, H750-15120, H750H750 ve H750-15120-H750 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,132	4	,033	94,098	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,136	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
15120	3	,25672			
H750	3		,35839		
H750-15120	3			,42112	
H750-15120-H750	3				,50442
H750H750	3				,50443
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.46. 15120, A250, A250-15120, A250A250 ve A250-15120-A250 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,141	4	,035	83,165	,000
Within Groups	,004	10	,000		
Total	,146	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
15120	3	,25672		
A250	3	,29689		
A250A250	3		,44121	
A250-15120	3		,46311	,46311
A250-15120-A250	3			,50305
Sig.		,196	,697	,200

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.47. 15120, A500, A500-15120, A500A500 ve A500-15120-A500 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,120	4	,030	42,813	,000
Within Groups	,007	10	,001		
Total	,127	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
15120	3	,25672		
A500-15120	3		,40462	
A500	3		,43619	
A500-15120-A500	3		,46498	,46498
A500A500	3			,52488
Sig.		1,000	,108	,112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Çizelge C.48. 15120, A1000, A1000-15120, A1000A1000 ve A1000-11520-A1000 numunelerine ait ANOVA ve Tukey HSD sonuçları

ANOVA

NRC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,115	4	,029	306,120	,000
Within Groups	,001	10	,000		
Total	,116	14			

NRC

Tukey HSD^a

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
15120	3	,25672			
A1000-15120-A1000	3		,29595		
A1000A1000	3			,41786	
A1000-15120	3			,44045	
A1000	3				,48507
Sig.		1,000	1,000	,098	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşe ÖZKAL
Doğum Yeri ve Yılı : Almanya, 1973
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : aozkal@pau.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise	Uşak Anadolu Lisesi	1984-1991
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü	1991-1995
Yüksek Lisans	Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Bölümü	1997-2000

Mesleki Deneyim

DENTEKS Denizli	1995-1996
Pamukkale Üniversitesi	1997-1998
Tosunoğlu Tekstil	1998-2007
Pamukkale Üniversitesi	2014-

Yayınlar

Özkal, A., Cengiz Çallıoğlu, F., Akduman, Ç., 2019. Development of a New Nanofibrous Composite Material From Recycled Nonwovens to Improve Sound Absorption Ability. The Journal of The Textile Institute, In Press.

Meriç, B., Özkal, A., 2002. Döşemelik Kumaş Üreten Bir İşletmede Randıman Analizi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7(1), 131-140.

- Cengiz Çallıoğlu F., Özkal A., 2017. Nanocomposite Wall Textile Material Production for Acoustic Comfort”, IX. International RD Brokerage Event, 27-28 Nisan 2017, Bursa, 20-21.
- Özkal, A., Özkal, S.G., Cengiz Çallıoğlu, F., 2017. Plant Extract Loaded Nanofibrous Mats for Various Purposes. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017), 15-17 Mayıs 2017, Kapadokya, Nevşehir, 787.
- Özkal, A., 2018. Design of an Alternative Heat Insulator Wall Fabric by Using Different Form Hot Melt Adhesives. 8. Uluslararası İstanbul Tekstil Konferansı (ETT 2018), 14-16 Nisan 2018, İstanbul, 100.
- Özkal A., 2018. 3D Printed Textiles; Latest Academic Studies Regarding FDM. International Technological Sciences and Design Symposium, 27-29 Haziran 2018, Giresun, 536.
- Özkal A., 2018. Commercial Applications of 3D Printed Fashion. International Technological Sciences and Design Symposium, 27-29 Haziran 2018, Giresun, 564.
- Özkal, A., Palamutcu, S., 2018. Textile, clothing, and carpet manufacturing sector in Turkey and market conditions. Technological Sciences and Design Symposium, 27-29 Haziran 2018, Giresun, 551.
- Özkal A., Zambak Ö., Özkal S. G., 2018. Textile Fabrics Used for TARHANA Packaging. The 4th International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 19-21 Nisan 2018, Kıbrıs, 215.
- Özkal, A., Koyuncu Okca, A., Semiz G., 2019. Tekstilde 3 Boyutlu Yazıcı; Örnek Bir Çalışma. 4th International Congress on 3d Printing Technologies and Digital Industry, 11-14 Nisan 2019, Antalya, 1408-1416.
- Özkal, A., Koyuncu Okca, A., 2019. TÜBİTAK-4004 Doğa Eğitimi ve Bilim Okulları Destekleme Programı Kapsamında Kilim Dokuma ve Bağlama Batık Tekniğinin Lise Öğrencilerine Tanıtılması. 12. Uluslararası Türk Sanatı, Tarihi ve Folklorü Kongresi/Sanat Etkinlikleri, 25-27 Nisan 2019, Konya, Basımda.