

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT PROGRAMI**

**CAM ELYAF TAKVİYELİ PPS (POLİFENİLEN SÜLFİD)
TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMENİN SU
ARMATÜRÜ İÇ GÖVDE ÜRETİMİNDE ALTERNATİF
MALZEME OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

BURAK BEYAZIT UYSAL

**Danışman
Prof. Dr. Mustafa AYDIN**

MANİSA-2025

**BURAK BEYAZIT
UYSAI**

**CAM EL YAF TAKVİYELİ PPS (POLİFENİLEN SÜLFİD) TERMOPLASTİK
KOMPOZİT MALZEMENİN SU ARMATÜRÜ İÇ GÖVDE ÜRETİMİNDE ALTERNATİF
MALZEME OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

2025

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine ve İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

İmza

Burak Beyazıt UYSAL



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Burak Beyazıt UYSAL

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AYDIN

Su armatürleri, sıhhi tesisat sistemlerinde suyun kontrolünü ve yönlendirilmesini sağlayan temel bileşenler olup, işlevsellik ve estetik açısından önemli bir rol üstlenmektedir. Bu tez çalışmasında, iç gövde üretiminde yaygın olarak kullanılan pirinç malzeme yerine cam elyaf takviyeli Polifenilen Sülfid (PPS-GF) termoplastik kompozit malzemenin alternatif olarak kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, PPS-GF'nin yüksek sıcaklık dayanımı, kimyasal direnç, boyutsal kararlılık ve mekanik özellikleri değerlendirilmiş; enjeksiyon yöntemiyle üretilen iç gövde prototipleri, pirinç parçalar ile üretim süreci, performans testleri (mekanik, korozyon, akış) ve maliyet analizi bakımından karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, cam elyaf takviyeli PPS kompozitlerin özellikle hafiflik, korozyon direnci, üretim kolaylığı ve çevresel faydalar açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, su armatürü sektöründe geleneksel metallere alternatif termoplastik kompozit malzeme kullanımına bilimsel katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: (armatür, malzeme, PPS, mühendislik plastikleri, tasarım, akustik, debi)

2025, 86 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

Burak Beyazıt UYSAL

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Mechanical and Manufacturing Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa AYDIN

Faucets are essential components in plumbing systems, providing control and direction of water flow, and they play a significant role in both functionality and aesthetics. In this thesis, the feasibility of using glass fiber reinforced Polyphenylene Sulfide (PPS-GF) thermoplastic composite as an alternative to the traditionally used brass material in the production of faucet inner bodies has been experimentally investigated. Within the scope of the study, the high thermal resistance, chemical resistance, dimensional stability, and mechanical properties of PPS-GF were evaluated. Inner body prototypes produced by the injection molding method were compared with brass counterparts in terms of production process, performance tests (mechanical, corrosion, and flow), and cost analysis. The findings revealed that glass fiber reinforced PPS composites offer significant advantages, particularly in terms of lightness, corrosion resistance, ease of production, and environmental benefits. In this respect, the study provides a scientific contribution to the use of thermoplastic composites as an alternative material to conventional metals in the faucet industry.

Keywords: (faucet, material, PPS, engineering plastics, design, acoustic, flow rate)

2025, 86 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, mühendislik alanında kullanılan malzemelerin çeşitliliğini ve performansını sürekli olarak artırmaktadır. Bu gelişmeler, geleneksel metal malzemelerin yerini alabilecek yüksek performanslı mühendislik plastiklerinin araştırılmasını ve uygulanmasını önemli hale getirmiştir. Bu tez çalışmasında, su armatürleri üretimi için tasarlanan parçaların üretiminde yaygın olarak kullanılan pirinç malzemenin yerine, cam elyaf takviyeli Polifenilen Sülfid (PPS) malzemesinin alternatif bir hammadde olarak kullanılabilirliği detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Armatür çeşitleri, pirinç malzeme ve PPS malzemeye cam elyaf takviyesi ekleyerek oluşturulan kompozit ile üretilen parçaların tasarım süreçleri, üretim yöntemleri, maliyet analizleri incelenmiş olup materyal ve metotlar bölümünde de üretilen parçaların akustik, debi, yüksek basınç ve sıcaklık gibi deneyleri yapılmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde bana katkı sağlayan, yönlendirmeleri ve değerli akademik rehberliği ile çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa AYDIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen E.C.A. Valfsel Armatür A.Ş. AR-GE Müdürlüğü' ne ve değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her zaman yanımda olan, sabırları, sevgileri ve desteğiyle bana güç veren aileme, eşime ve kızıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Burak Beyazıt UYSAL
Manisa, 2025

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PPS Polifenilen Sülfid

PEEK Polietereterketon

PA66 Poliamid 66

PC Polikarbonat

CF Carbon Fiber (Karbon Elyaf)

GF Glass Fiber (Cam Elyaf)

Ra Ortalama yüzey pürüzlülüğü

Rz Maksimum dalga yüksekliği

Rt Maksimum yükseklik

Rq Kök ortalama kare (Root Mean Square Roughness)

Tg Glass Transition Temperature (Cam geçiş sıcaklığı)

MEAM Material Extrusion Additive Manufacturing

SEM Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

EDX Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

TS EN Türk Standardı - Avrupa Normu

NSF/ANSI 61 National Sanitation Foundation / American National Standards Institute Standard 61 (İçme suyu ile temas eden malzemeler için sağlık standardı)

WRAS Water Regulations Advisory Scheme (İngiltere Su Güvenliği Onay Programı)

LEED Leadership in Energy and Environmental Design

WHO World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ISO International Organization for Standardization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Armatür çeşitleri.....	18
Şekil 2. Fotoselli lavabo bataryası.....	20
Şekil 3. Fotoselli lavabo bataryası parçaları.....	21
Şekil 4. Mühendislik plastikleri piramit tablosu.....	32
Şekil 5. PPS granül görünümü.....	34
Şekil 6. PEEK malzemesi granül görünümü (Kurt Pelen, Ö. 2025).....	35
Şekil 7. PA66 granül görünümü (Rezaei Ansaroudi, N. 2020).....	36
Şekil 8. PC malzemesi granül formu	37
Şekil 9. PPS malzeme kimyasal formül şeması.....	39
Şekil 10. PPS malzemenin eriyik halden katı hale geçişi (Ođian, 2004).....	40
Şekil 11. PPS ve türlerinin çekme mukavemeti ve elastik modülü	42
Şekil 12. PPS malzemesinin sıcaklığa göre nem emilimi ve difüzyon katsayısı	43
Şekil 13. PPS malzemesinin ve PPS GF30 kompozit malzemesinin ısı davranışı	43
Şekil 14. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	45
Şekil 15. Akustik Deney Odası.....	46
Şekil 16. Debi testi	47
Şekil 17. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç test cihazı	48
Şekil 18. Pirinç iç gövde teknik çizim ve kesit görünimleri	49
Şekil 19. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu iç gövde tasarımı görselleri.....	51
Şekil 20. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu karışım çubuğu tasarımı görselleri	52
Şekil 21. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu karışım mili tasarımı görselleri	53
Şekil 22. Mazak CNC tezgahı.....	55
Şekil 23. PPS-GF30 malzemesinden üretilen iç gövde parçası.....	57
Şekil 24. PPS-GF30 malzemesinden üretilen karışım çubuğu parçası	57
Şekil 25. PPS-GF30 malzemesinden üretilen karışım mili parçası.....	57
Şekil 26. Pirinç iç gövde 3 boyutlu ve kesit görünümü	59
Şekil 27. Pirinç iç gövde kesitleri.....	59
Şekil 28. PPS iç gövde 3 boyutlu ve kesit görünümü	60
Şekil 29. PPS karışım mili 3 boyutlu ve kesit görünümü	61
Şekil 30. Akustik deney odası şeması.....	62
Şekil 31. Akustik ölçüm odası ve deney borusu.....	63
Şekil 32. Akustik deneyi	63
Şekil 33. Pirinç ve PPS GF30 iç gövdeleri basınç-debi karşılaştırılması	66
Şekil 34. Yüksek basınç ve 90°C sıcak su testi laboratuvar görüş ve önerileri	66
Şekil 35. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan iç gövde grubu.....	70
Şekil 36. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan karışım çubuğu	71
Şekil 37. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan karışım mili	71

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. TS EN 15091 standardı uygulamalarına göre debi değerleri	25
Tablo 2. Debi sınıfları	25
Tablo 3. Akustik grupları	25
Tablo 4. CW617N ve CW614N Alaşımları Özellikler Tablosu	27
Tablo 5. Mühendislik plastikleri malzemelerinden beklenen özellikler	32
Tablo 6. Mühendislik plastikleri	33
Tablo 7. PPS malzemesi özellikleri	34
Tablo 8. PEEK Malzemesi Özellikleri	35
Tablo 9. PA66 malzemesi özellikleri.....	36
Tablo 10. PC malzemesi özellikleri.....	37
Tablo 11. PPS ve PPS GF30 malzemesi özellikleri	41
Tablo 12. Akustik deney odası ve cihaz bilgileri.....	46
Tablo 13. Ölçüm başlangıç ayarları	47
Tablo 14. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç koşulları	48
Tablo 15. İç gövde tasarımı teknik özellikler.....	51
Tablo 16. Karışım çubuğu tasarımı teknik özellikler	52
Tablo 17. Karışım mili tasarımı teknik özellikler	53
Tablo 18. Pirinç iç gövde yüzey pürüzlülüğü değerleri	60
Tablo 19. PPS iç gövde yüzey pürüzlülüğü değerleri	61
Tablo 20. PPS karışım mili yüzey pürüzlülüğü değerleri	61
Tablo 21. Pirinç iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası akustik ölçüm değerleri.....	64
Tablo 22. PPS GF30 iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası akustik ölçüm değerleri.....	64
Tablo 23. Pirinç iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası debi ölçüm değerleri	65
Tablo 24. PPS GF30 iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası debi ölçüm değerleri.....	65
Tablo 25. Pirinç ve PPS malzeme imalat süreci karşılaştırılması.....	68
Tablo 26. PPS ve pirinç malzeme özellikleri tablosu	69
Tablo 27. PPS ve Pirinç Malzemelerin Karşılaştırmalı Geometrik Özellikleri	70
Tablo 28. Pirinç ve PPS maliyet karşılaştırması.....	73
Tablo 29. Pirinç ve PPS parçaların maliyet karşılaştırması.....	74

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	3
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	4
ŞEKİLLER DİZİNİ	5
TABLolar DİZİNİ	6
GİRİŞ	10
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
2. SU ARMATÜRLERİ.....	18
2.1. Lavabo Bataryaları.....	18
2.2. Banyo Bataryaları.....	19
2.3. Eviye Bataryaları	19
2.4. Fotoselli (Sensörlü) Su Armatürleri	20
2.4.2. Perlatör Grubu.....	21
2.4.3. İç Gövde Grubu.....	21
2.4.4. Selenoid Valf.....	22
2.4.5. Kızılötesi sensör.....	22
2.4.7. Ergonomi	23
2.4.9. Su Tasarrufu.....	23
2.4.10 Uygun Basınç.....	24
2.4.11. Standartlar.....	24
2.5. Fotoselli (Sensörlü) Su Armatürlerine Uygulanan Test Yöntemleri.....	25
2.5.1. Debi Testi	25
2.5.2. Akustik Testi.....	25
2.5.3. Korozyon Testi	26
2.5.4. Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi	26
3. ARMATÜR ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER.....	27
3.1. Armatür Üretiminde Kullanılan Pirinç Malzemesinin Avantajları.....	27
3.1.1. Korozyon Direnci	27
3.1.2. Yüksek İşlenebilirlik	28
3.1.3. Mukavemet ve Dayanıklılık	28
3.2. Armatür Üretiminde Kullanılan Pirinç Malzemesinin Dezavantajları	28
3.2.1. Yüksek Maliyet.....	28
3.2.2. Düşük Sıcaklık Dayanımı	28
3.2.3. Korozyon ve Aşınma Durumlarında Zayıflama.....	29

3.2.4. Düşük Yüksek Gerilme Direnci	29
3.2.5. Mikro Yapı İle İlgili Sorunlar	29
4. MALZEME GELİŞTİRİLMESİ.....	30
4.1) Mühendislik Plastikleri	31
4.2. İkame Malzeme Seçimi ve Performansı	38
4.3. PPS ve PPS GF30 Kompozit Malzemesi	39
4.3.1. Yoğunluk.....	42
4.3.2. Çekme Mukavemeti	42
4.3.3. Elastik Modül	42
4.3.4. Cam Geçiş Sıcaklığı (T _g , °C).....	43
5) MATERYAL VE METOD	44
5.1 Materyal.....	44
5.2 Yöntem	44
5.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi	45
5.2.2. Akustik Testi.....	46
5.2.3. Debi Testi	47
5.2.4 Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi	48
5.3. Tasarım	49
5.4. Armatür İç Gövde Parçaları Tasarımı	50
5.4.1. İç Gövde Tasarımı.....	51
5.4.2. Karışım Çubuğu Tasarımı	52
5.4.3. Karışım Mili Tasarımı	53
5.5. Pirinç Malzemeden Üretim Aşamaları	54
5.6. PPS Malzemeden Üretim Aşamaları.....	56
6. DENEYSEL SONUÇLAR.....	58
6.1. İç Gövde Grubu Parçalarının İşlenme Kabiliyeti	58
6.2. İç Gövde Grubunda Bulunan Parçaların Yüzey Pürüzlülükleri.....	58
6.2.1. Pirinç İç Gövde Parçası Yüzey Pürüzlülükleri	59
6.2.2. PPS İç Gövde Parçası Yüzey Pürüzlülükleri.....	60
6.2.3. PPS Karışım Mili Parçası Yüzey Pürüzlülükleri	61
6.3. Fotoselli Lavabo Bataryası Akustik Değeri	62
6.4. Fotoselli Lavabo Bataryası Debi Değeri.....	65
6.5. Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi	66
6.6. Karşılaştırma.....	67
6.6.1. PPS ve Pirinç Malzemenin İmalat Süreçleri	67
6.6.2. Malzeme Karşılaştırılması	69

6.6.3. PPS GF30 ve Pirinç İç Gövde Grubu Tasarımlarının Geometrik Karşılaştırması	70
6.6.4. Maliyet Süreçleri.....	72
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	75
8. ÖNERİLER	78
9. KAYNAK.....	79



GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde kritik bir öneme sahip olan mühendislik plastikleri, yüksek mekanik dayanım, ısı kararlılık, kimyasal direnç ve boyutsal kararlılık gibi özellikleri sayesinde birçok endüstriyel uygulamada geleneksel metal malzemelere alternatif olarak kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv, havacılık, medikal ve sıhhi tesisat gibi sektörlerde geniş kullanım alanına sahip olan bu plastikler; üretim kolaylığı, hafiflik, korozyon direnci ve geri dönüşüm imkanı gibi avantajları sayesinde günümüz mühendislik uygulamalarında önemli bir yer edinmiştir. Bu plastik türleri, geleneksel plastik malzemelere kıyasla yüksek sıcaklık, basınç ve kimyasal direnç gerektiren uygulamalarda kullanılabilmekte, bu sayede performansın, güvenliğin ön planda tutulduğu ürün gruplarında başarılı sonuçlar vermektedir. Mühendislik plastiklerinin sunduğu bu özellikler, yalnızca ürün performansını arttırmakla kalmayıp aynı zamanda metal malzemelere alternatif oluşturarak ürünlerin toplam ağırlığını azaltmakta, bu da özellikle hareketli parçalar içeren sistemlerde enerji verimliliğine doğrudan katkı sağlamaktadır. İşleme kolaylığı ve daha kısa çevrim süreleri sayesinde üretim süreçlerini hem daha ekonomik hem de daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmakta, endüstriyel üretimin optimizasyonuna önemli katkılar sunmaktadır. İmalat endüstrilerinde talaşlı imalat (tornalama, frezeleme, delme vb.) ve talaşsız imalat (döküm, plastik şekil verme, kaynak vb.) yöntemleri başlıca imalat yöntemleri olarak öne çıkmaktadır.

Su armatürleri, kullanıcının kolaylıkla suya ulaşmasını ve gerekli hijyeni sağlamasını mümkün kılan sistem bileşenleridir. Lavabo, eviye, banyo bataryaları ve duş sistemleri gibi ürün gruplarını kapsayan su armatürleri hem işlevsel hem de estetik açıdan önemlidir. Bu sistemlerde kullanılan malzemelerin, özellikle iç yüzeyle temas eden parçalarının, korozyon direnci, kimyasal kararlılık ve insan sağlığına uygunluk kriterlerini karşılaması gerekmektedir. Günümüzde armatür üretiminde yaygın kullanılan pirinç gibi metaller, işlenebilirlik ve dayanım açısından avantaj sağlarken, içerdiği kurşun oranı nedeniyle sağlık ve çevre açısından tartışmalara yol açmaktadır.

Bu çalışmada geniş kullanım alanına sahip, yüksek performanslı mühendislik plastiklerinden biri olan cam elyaf takviyeli Polifenilen Sülfid (PPS-GF) termoplastik kompozit malzemenin, su armatürü iç gövde parçalarının üretiminde alternatif hammadde olarak kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, su armatürlerinde kullanılan geleneksel ve alternatif malzemelere ilişkin literatürde yer alan çalışmalar kapsamlı şekilde incelenmiş; özellikle pirinç alaşımları ile Polifenilen Sülfid (PPS) gibi yüksek performanslı mühendislik plastiklerinin fiziksel, kimyasal ve üretimsel özelliklerine dair bulgulara yer verilmiştir.

Geleneksel olarak pirinç alaşımları, su armatürleri üretiminde yaygın olarak kullanılmakta olup, işlenebilirlik, dayanıklılık ve korozyon direnci gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Ancak pirinç alaşımlarının içerdiği kurşun oranı ve çinkosuzlaşma eğilimi sağlık ve çevre açısından risk teşkil etmektedir. Peltto-Huikko ve arkadaşları (2024), farklı içme suyu kalitesine sahip ortamlarda çeşitli pirinç alaşımlarının çinkosuzlaşma üzerindeki etkilerini incelemiştir; Kumpel ve arkadaşları (2023) ise okullardaki armatürlerin kurşun seviyelerini analiz ederek özellikle çocuk sağlığına yönelik tehditleri ortaya koymuştur.

Buna karşın, kurşunsuz pirinç alaşımlarının potansiyeli de son yıllarda artan şekilde araştırılmıştır. Güder ve arkadaşları (2021), kurşunsuz alaşımların mikro yapı-mekanik özellik ilişkisini değerlendirirken, Şimşir ve Eryürek (2020) bu alaşımların elektrokimyasal korozyon dayanımlarını analiz etmiştir. Erol ve arkadaşları (2019) ise pirinç esaslı parçaların yüzeyine uygulanan farklı kalınlıklardaki nikel ve krom kaplamaların korozyon direncine etkisini deneysel olarak ortaya koymuş ve en etkili kaplama kombinasyonlarını belirlemiştir.

Bu tür sorunlara çözüm olarak mühendislik plastikleri, özellikle PPS (Polifenilen Sülfid) gibi yüksek performanslı termoplastikler, alternatif malzeme olarak dikkat çekmektedir. PPS'in mekanik, ısı ve kimyasal dayanımı literatürde detaylı biçimde ele alınmıştır. Mens ve arkadaşları, PPS'nin sürtünme-aşınma davranışlarını farklı katkı maddeleriyle test etmiş ve PTFE ile cam elyaf katkılarının performansı artırdığını göstermiştir. Chen ve arkadaşları, PA6/PPS kompozitlerine karbon fiber katkısı uygulayarak aşınma ve sürtünme oranlarını azaltmıştır. Kalaycı ve arkadaşları ise PPS liflerinin üstün tekstil performansı ile teknik tekstil uygulamalarındaki yerini vurgulamıştır.

PPS'nin üretim teknikleri de önemli araştırmalara konu olmuştur. Fitzharris ve arkadaşları (2018), MEAM yöntemiyle üretilen PPS parçalarında üretim parametrelerinin mekanik özellikler üzerindeki etkisini analiz etmiş; Kishore ve arkadaşları (2020), 3D baskı sonrası tavlama işlemlerinin mukavemet ve mikroyapı üzerindeki rolünü incelemiştir. Nohara ve arkadaşları (2006) ise PPS'nin kristalleşme davranışlarını değerlendirerek işlenebilirliğe yönelik önemli bilgiler sunmuştur.

Ancak PPS'nin uzun vadeli kararlılığı da kritik öneme sahiptir. Wang ve arkadaşları, cam elyaf takviyeli PPS kompozitlerin sıcak ve nemli ortamlarda hidrotermal yaşlanmaya maruz kaldıktan sonra önemli mekanik kayıplar yaşadığını tespit etmiştir. Bu durum, PPS'nin iç gövde gibi nemli ortamlarda kullanılabilirliğinin çevresel koşullar bağlamında detaylı değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Sensörlü musluk teknolojileri de literatürde dikkat çeken bir diğer alan olmuştur. Gómez ve Pérez-Lombard (2020), bu sistemlerin su tüketimini ve enerji kullanımını optimize ettiğini belirtirken; Shen, Zhang ve Wang (2019), temassız armatürlerin hijyen ve enfeksiyon kontrolündeki önemini vurgulamıştır. WHO (2020) ve EPA (2018) gibi otoriteler, bu sistemlerin kamu sağlığına olan katkısını destekleyen kapsamlı rehberler yayımlamıştır. Ayrıca Lee, Kim ve Park (2021), yapay zekâ destekli sensörlü musluk sistemlerinin gelecekteki potansiyel gelişimini irdelemiştir.

Polimerlerin sentezi ve uygulama alanlarına yönelik kuramsal kaynaklar da literatürde önemli yer tutmaktadır. Odian (2004) ve Mark & Gaylord (1988), polimer biliminin temel ilkelerini ve polimerizasyon mekanizmalarını detaylandırırken; Long (2007) ve Campo (2008), kompozit şekillendirme ve malzeme seçimi konularında mühendislik odaklı çözüm yolları sunmuştur. Sinha (2009), polimerlerin tribolojik özelliklerini çevresel faktörler bağlamında inceleyerek dayanıklılık üzerindeki etkileri analiz etmiştir.

Pirinç alaşımlarının işlenebilirliğine yönelik yapılan çalışmalar, malzeme performansının optimizasyonu açısından önemli veriler sunmaktadır. Monka ve arkadaşları (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, CW614N pirinç alaşımının işlenebilirliği, farklı talaş kaldırma parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim şiddeti üzerindeki etkileri incelenerek değerlendirilmiştir. Deneylerde ilerleme miktarı (feed), kesme hızı ve talaş derinliği gibi teknolojik parametreler değiştirilmiş; elde edilen veriler regresyon analizine tabi tutularak MATLAB yazılımı ile fonksiyonel bağıntılar oluşturulmuştur. Bulgular, yüzey pürüzlülüğü üzerinde en büyük etkinin ilerleme miktarından, titreşim şiddeti üzerinde ise talaş derinliğinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçların, farklı pirinç alaşımlarının aynı koşullarda karşılaştırılmasına olanak sağlayacağı ifade edilmiştir.

Kurşunsuz pirinç alaşımlarına yönelik araştırmalar hem çevresel kaygılar hem de mekanik performans gereksinimleri açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Güder ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bu çalışmada, kurşunsuz pirinç alaşımlarının mikro yapı özellikleri ile mekanik performansları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Farklı alaşım içerikleriyle üretilen kurşunsuz pirinç numuneleri mikroyapı analizi, sertlik ölçümleri ve çekme testleriyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, kurşun yerine alternatif elementlerin (örneğin bizmut ve selenyum) eklenmesinin, malzemenin işlenebilirliğini korurken mekanik özelliklerde farklılıklar yarattığını göstermiştir. Bu kapsamda, kurşunsuz pirinç alaşımlarının hem çevresel etkiler hem de işlevsel gereksinimler açısından armatür uygulamaları gibi alanlarda potansiyel bir alternatif oluşturabileceği vurgulanmıştır.

Bakır esaslı alaşımların yüksek sıcaklık koşullarındaki davranışlarının anlaşılması, malzeme seçimi ve uzun ömürlü kullanım tasarımları için önemlidir. Rout ve arkadaşları (2012), farklı atmosfer koşullarında bakır esaslı alaşımların oksidasyon ve korozyon davranışlarını incelemiş ve alaşım bileşiminin oksit tabakasının yapısı ile koruyuculuğunu belirlediğini ortaya koymuştur. Bulgular, özellikle pirinç gibi alaşımların yüksek sıcaklıkta yapısal bütünlüğünün, ortam özellikleri ve alaşım elementlerinin oranlarına bağlı olduğunu göstermektedir.

Pirinç alaşımlarının yüksek gerilim altındaki mekanik davranışları kapsamında yürütülen araştırmalarda, çekme mukavemeti ve süneklik gibi temel mekanik özellikler değerlendirilmiştir. Sharma ve Soni (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, uygulanan mekanik testler sonucunda bazı pirinç alaşımlarının yüksek stres koşullarında deformasyon direncinde belirgin iyileşmeler gözlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu alaşımların dayanıklılık gerektiren endüstriyel uygulamalardaki potansiyelini ortaya koymaktadır.

Pirinç alaşımlarının deniz suyu ortamındaki korozyon davranışları üzerine yapılan araştırmalarda, farklı alaşım içerikleri ve mikro yapı özelliklerinin korozyon oranları üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. Zhang ve arkadaşları (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, elektrokimyasal testler ve yüzey analizleri sonucunda çinko oranı yüksek pirinç alaşımlarının deniz suyunda daha hızlı çinkosuzlaşmaya (dezinsifikasyona) uğradığı tespit edilmiştir. Ayrıca, korozyon ürünlerinin morfolojisi ve yapısının alaşım bileşimine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, deniz ortamına maruz kalan sistemlerde pirinç malzeme seçiminin dikkatle yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Elyaf takviyeli polifenilen sülfid (PPS) kompozitlerin sürtünme ve aşınma davranışları üzerine yapılan çalışmalarda, takviye türünün malzeme performansı üzerinde belirleyici olduğu görülmektedir. Esatoğlu (2018) tarafından yürütülen yüksek lisans tezinde, farklı elyaf türleriyle takviye edilen PPS kompozit numuneler üzerinde yapılan deneysel testler sonucunda, aşınma direnci ve sürtünme katsayısında anlamlı değişimler elde edilmiştir. Özellikle cam ve karbon elyaf takviyelerinin yüksek sıcaklık ve yük koşullarında malzeme performansını artırdığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, PPS kompozitlerinin otomotiv ve endüstriyel uygulamalarda alternatif mühendislik malzemesi olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Polieterketonketon (PEKK) polimerlerinin aşınma davranışları üzerine yapılan araştırmalarda, dolgu içeriği ve karşıt malzeme türünün performans üzerinde belirleyici olduğu görülmektedir. Kewekordes ve arkadaşları (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, artan titanyum dioksit (TiO_2) içeriğinin genel olarak aşınma direncini artırdığı, ancak sürtünme katsayısının karşıt malzemenin türüne bağlı olarak farklı eğilimler sergilediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ileri mühendislik polimerlerinin biyomedikal ve tribolojik uygulamalarda tasarım parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir referans oluşturmaktadır.

Doğal mineral ve elyaf takviyelerinin PPS matrisli kompozitlerdeki etkileri üzerine yapılan çalışmalarda, çevre dostu malzemelerin mekanik ve termal performansa katkısı ön plana çıkmaktadır. Kızıl (2019) tarafından yürütülen yüksek lisans tezinde, farklı doğal takviyelerle güçlendirilmiş PPS kompozitlerinin mekanik, termal ve morfolojik özellikleri incelenmiş; elde edilen bulgular, doğal takviyelerin PPS matris ile uyumlu olduğunu ve performans üzerinde olumlu katkılar sağladığını göstermiştir. Bu sonuçlar, sürdürülebilir mühendislik malzemelerinin geliştirilmesine yönelik önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır.

PPS bazlı malzemeler üzerine yapılan literatür çalışmaları, bu polimerin hem endüstriyel uygulamalar hem de sürdürülebilirlik açısından dikkat çekici bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Montagna ve arkadaşları (2022) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı derlemede, PPS'nin otomotiv, havacılık ve elektronik sektörlerindeki kullanım alanları öne çıkarılmış; üretim teknikleri, işlenebilirlik sorunları, çevresel dayanıklılık ve geri dönüşüm potansiyeli ayrıntılı biçimde tartışılmıştır. Çalışma, PPS malzemelerinin gelecekteki araştırma ve uygulamalarına yönelik önemli eğilimleri ortaya koymaktadır.

İmalat teknolojileri üzerine yapılan çalışmalarda, geleneksel ve modern yöntemlerin mühendislik uygulamaları açısından farklı avantajlar sunduğu görülmektedir. Dedeakayoğulları ve Kaçal (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, metal şekillendirme, talaşlı imalat, döküm ve kaynak gibi klasik yöntemlerin yanı sıra eklemeli imalat ve mikro işleme gibi yeni nesil üretim teknikleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Çalışmada her yöntemin avantajları, sınırlamaları ve uygulama alanları ayrıntılı biçimde değerlendirilmiş, böylece üretim mühendisliği için kapsamlı bir bilgi zemini oluşturulmuştur.

Kurşunsuz pirinç alaşımlarının içme suyu tesisatlarındaki korozyon performansı, malzeme seçiminde önemli bir kriter olarak öne çıkmaktadır. Şimşir ve Eryürek (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı mikro yapı ve alaşım bileşimlerinin korozyon davranışı üzerindeki etkileri elektrokimyasal test yöntemleriyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kurşun içermeyen alaşımların uygun yüzey işleme ve ısıtma işlem teknikleri uygulandığında yüksek korozyon direnci sergileyebildiğini göstermiş ve bu alaşımların insan sağlığı açısından daha güvenli alternatifler olabileceğini ortaya koymuştur.

Bakır ve alaşımlarına ilişkin temel özellikler, mühendislik uygulamalarında malzeme seçimi açısından kritik öneme sahiptir. Davis (2001) tarafından hazırlanan Copper and Copper Alloys adlı kapsamlı el kitabında, bakır ve farklı alaşımlarının fiziksel, mekanik, termal ve korozyon özellikleri ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Özellikle pirinç ve bronz türlerinde alaşım elementlerinin malzeme davranışına etkileri açıklanmış ve endüstriyel uygulamalarda yaygın kullanılan bakır alaşımlarına dair teknik veriler temel bir başvuru kaynağı olarak ortaya konmuştur.

Su tasarrufu ve sürdürülebilir bina tasarımı açısından sensörlü armatürler önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Gómez ve Pérez-Lombard (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, gerçek bir bina senaryosunda yapılan analizler sonucunda sensörlü muslukların su tüketimini anlamlı ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu tasarrufun enerji tüketimi ve karbon salınımı üzerinde de olumlu etkiler yarattığı, ayrıca LEED gibi çevreye duyarlı bina sertifikasyon sistemlerine katkı sağladığı vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, sensörlü armatürlerin çevresel performans açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Kamusal alanlarda kullanılan sensör tabanlı musluk teknolojileri, su kullanım verimliliğini artırmaya yönelik önemli bir potansiyel taşımaktadır. Lee, Kim ve Park (2021) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı literatür incelemesinde, sensörlü sistemlerin mevcut durumu ve bu teknolojilere entegre edilen gelişmeler detaylı biçimde ele alınmıştır. Ayrıca yapay zekâ ve kullanıcı davranışına duyarlı sistemlerin gelecekte bu teknolojilerle birleştirilerek daha etkin çözümler sunabileceği öngörülmüştür. Çalışma, kamusal tesislerde ileri düzey otomatik sistemlerin geliştirilmesine yönelik önemli bir bakış açısı sağlamaktadır.

Ticari ve kurumsal tesislerde su yönetimi uygulamalarında sensörlü musluk sistemleri, verimliliği artıran önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2018) tarafından hazırlanan WaterSense at Work rehberinde, bu sistemler en iyi uygulama örneklerinden biri olarak sunulmuş; yalnızca su tasarrufu sağlamadıkları, aynı zamanda işletme maliyetlerini de düşürdükleri vurgulanmıştır. Rehberde ayrıca sistem performansını artırmaya yönelik bakım prosedürleri ve kurulum tavsiyeleri ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

COVID-19 pandemisi sürecinde su, sanitasyon ve hijyen uygulamaları kapsamında temas gerektirmeyen sistemlerin önemi giderek artmıştır. World Health Organization (WHO, 2020) tarafından yayımlanan rehberde, özellikle el yıkama alanlarında manuel sistemler yerine sensörlü armatürlerin kullanılmasının hem hastanelerde hem de kamusal alanlarda enfeksiyon yayılımını azaltmada etkili olduğu vurgulanmıştır. Bu öneriler, kamu sağlığı açısından sensörlü sistemlerin yaygınlaştırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İçme suyundan kurşunun uzaklaştırılmasına yönelik çalışmalarda moleküler yaklaşımlar önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. François ve arkadaşları (2005), moleküler mühendislik, çözelti dengeleri, fizikokimya, kristalografi ve analitik kimya gibi farklı disiplinleri birleştiren bütüncül bir yöntem geliştirerek yeni ve etkili bir kurşun sekestrasyon maddesi elde etmişlerdir. Bu yaklaşım, su arıtımında yenilikçi çözümler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Polimer biliminin temel ilkeleri ve uygulamaları üzerine en kapsamlı kaynaklardan biri, Herman F. Mark ve Norman G. Gaylord tarafından hazırlanan Encyclopedia of Polymer Science and Technology'deki "Polymer Science" başlıklı çalışmadır (1988). Bu eser, polimerlerin kimyasal yapıları, fiziksel özellikleri, sentez yöntemleri ve endüstriyel uygulamaları gibi geniş bir yelpazede bilgi sunarak alanda temel bir referans niteliği taşımaktadır.

2. SU ARMATÜRLERİ

Su, yaşamın sürdürülebilirliği açısından en kritik doğal kaynaklardan biridir. Su armatürleri, geçmişten günümüze evlerde, okullarda, toplu kullanım alanlarında kullanılan hayatımızda önemli bir yere sahip olan suyun kontrolünün yapıldığı ve sıcaklığının ayarlandığı cihazlardır. Bu nedenle, su armatürlerinin teknolojik gelişimi hem bireysel tüketimi azaltmak hem de küresel ölçekte çevresel sürdürülebilirliği desteklemek adına kritik bir rol üstlenmektedir. Kullanım alanına göre armatürler lavabo, banyo ve eviye(mutfak) bataryaları olmak üzere temel olarak üçe ayrılır.



Şekil 1. Armatür çeşitleri

2.1. Lavabo Bataryaları

Lavabo bataryaları, kişisel temizlik ihtiyaçlarının karşılandığı banyolarda, özellikle el ve yüz yıkama gibi günlük hijyen işlemlerinde kullanılan su armatürleridir. Ergonomik tasarımları, kullanıcı konforunu artırmak üzere geliştirilmiştir. Lavabo bataryaları genellikle sıcak-soğuk su karışımını sağlayan tek kumandalı ya da çift kumandalı seçenekleriyle tercih edilmektedir.

2.2. Banyo Bataryaları

Banyo bataryaları, duş ve küvet sistemlerinde suyun kontrolünü ve yönlendirilmesini sağlayan armatürlerdir. Genellikle duvara monte edilen bu bataryalar, debi ve sıcaklık kontrolünü sağlayan kumanda mekanizmaları ile üretilmektedir. Tek fonksiyonlu duş bataryalarının yanı sıra, duş ve küvet arasında geçiş yapabilen yönlendirici sistemlere sahip çok fonksiyonlu modeller de bulunmaktadır. Banyo bataryaları, yüksek basınç altında güvenli çalışmayı sağlayacak dayanıklılıkta tasarlanmakta ve su tasarrufuna yönelik mekanizmalarla entegre edilmektedir.

2.3. Eviye Bataryaları

Eviye bataryaları, mutfak ortamlarında suyun etkin kullanımını sağlayan armatürlerdir. Fonksiyonellik, temizlik kolaylığı bu bataryalarda ön plandadır. Genellikle yüksek çıkışlı ve döner borulu olarak tasarlanan modeller, geniş alanlarda suyun yönlendirilmesini kolaylaştırır. Ayrıca, çıkarılabilir duş başlıklı modeller de kullanıcı konforunu artıran özellikler arasında yer alır. Hijyenik yüzey kaplamaları ve sıcaklık sınırlayıcı sistemler ile kullanıcı güvenliği ve ürün ömrü artırılmaktadır.

Zaman içinde gelişen teknoloji özellikle 2000'ler sonrasında sensörlü ve akıllı su armatürlerine yönelimi arttırmıştır. Özellikle sensörlü ürünler toplu kullanım alanları olarak tabir edilen restoranlar, hastaneler, okullar, benzin istasyonları, alışveriş merkezleri ve kamuya açık alanlar gibi yerlerde karşımıza çıkmaktadır. 2020 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisi, sensörlü ürünlere olan rağbeti dahada arttırmıştır. Bu ürünlerin ortak özelliği temassız olmalarıdır. Sensörlü armatürleri takiben sensörlü sabunluklar, sensörlü kâğıt havlu cihazları, sensörlü açılır kapanır kapılar takip etmektedir. Artan bu talebe karşı firmalar sensörlü ürünleri için yeni tasarımlar ve yeni komponentler geliştirerek maliyetleri düşürmeyi ve bu ürünlere ulaşılabilirliğin daha kolay hale gelmesini hedeflemişlerdir.

2.4. Fotoselli (Sensörlü) Su Armatürleri

Fotoselli su armatürleri, kullanıcı ile fiziksel temas gerektirmeksizin su akışını otomatik olarak kontrol eden sistemlerdir. Hijyenin kritik önem taşıdığı hastaneler, eğitim kurumları, havalimanları ve kamuya açık tuvaletler gibi alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu armatürler, entegre kızılötesi sensörler aracılığıyla kullanıcı varlığını algılayarak yalnızca ihtiyaç duyulan süre boyunca su akışına izin verir. Böylece hem su tüketiminin optimize edilmesine katkı sağlanmakta hem de temassız kullanım özelliği sayesinde mikroorganizmaların yüzeyler aracılığıyla bulaşma riski azaltılmaktadır (Shen et al., 2019).

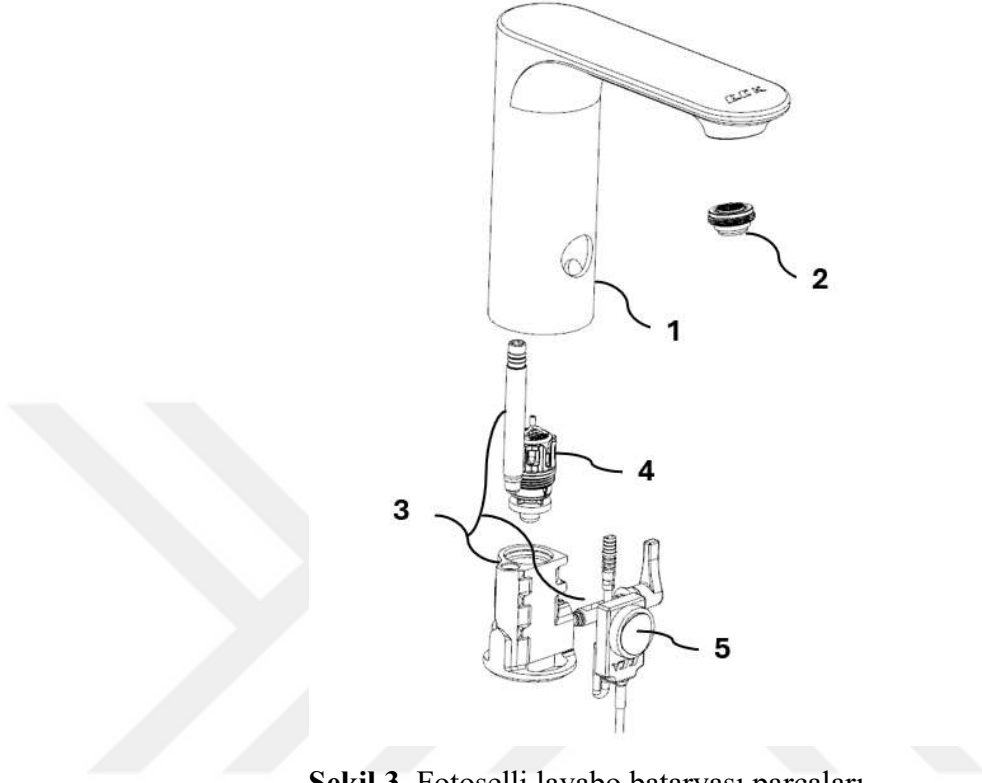
Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2020), el hijyeni uygulamalarında temasın azaltılmasının enfeksiyon kontrolünde temel bir unsur olduğunu vurgulamaktadır. Nitekim, yapılan saha çalışmaları sensörlü armatürlerin %70'e varan su tasarrufu sağladığını ve uzun vadede enerji maliyetlerini düşürdüğünü ortaya koymuştur (U.S. EPA, 2018). Güncel elektronik kontrol teknolojileri sayesinde bu armatürlerde debi ayarı, sıcaklık kontrolü ve zamanlama gibi işlevler kullanıcı gereksinimlerine göre özelleştirilebilmektedir (Lee et al., 2021).

Çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin önem kazandığı günümüzde, fotoselli armatürler yalnızca hijyen avantajı sunmakla kalmayıp, aynı zamanda LEED ve BREEAM gibi yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin gerekliliklerini karşılayan donanımlar arasında yer almaktadır (Gómez & Pérez-Lombard, 2020). Bu yönüyle, modern sıhhi tesisat sistemlerinde fonksiyonellik, hijyen ve enerji verimliliğini bütünleştiren yenilikçi çözümler olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Fotoselli lavabo bataryası

Fotoselli lavabo bataryaları Şekil 3'te gösterildiği üzere temel olarak beş ana bileşenden oluşmaktadır: gövde, perlatör grubu, iç gövde grubu, selenoid valf ve kızılötesi sensör grubu.



Şekil 3. Fotoselli lavabo bataryası parçaları

2.4.1. Gövde

Fotoselli su armatürlerinde gövde, tüm mekanik ve elektronik parçaların yerleştiği, suyun akışını yönlendiren ve yapısal bütünlüğü sağlayan ana taşıyıcı parçadır.

2.4.2. Perlatör Grubu

Perlatör grubu, su çıkış ucunda yer alarak su akışını havayla karıştırır; böylece suyun debisini azaltmadan tasarruf sağlar ve sıçramayı önleyerek kullanıcı konforunu artırır.

2.4.3. İç Gövde Grubu

Fotoselli su armatürünün mekanik ve hidrolik bileşenlerini barındıran ana yapısal parçadır; suyun akışını yönlendirir ve kontrol mekanizmalarının stabil çalışmasını sağlar.

2.4.4. Selenoid Valf

Selenoid valf, elektriksel sinyallerle kontrol edilen manyetik bir valf olup, fotoselli armatürde suyun açılıp kapanmasını otomatik olarak sağlar.

2.4.5. Kızılötesi sensör

Kızılötesi sensör, armatürün kullanım alanını algılayarak suyun otomatik açılıp kapanmasını sağlayan, temas gerektirmeyen algılama elemanıdır.

Bu bağlamda, fotoselli su armatürlerinin teknik ve işlevsel değerlendirilmesi; sistemin genel performansını etkileyen fonksiyonellik, ergonomi, yapısal dayanıklılık, su tasarrufu kapasitesi ve uygun çalışma basıncı gibi çok boyutlu kriterler doğrultusunda ele alınmaktadır.

2.4.6. Fonksiyonellik

Fotoselli su armatürleri, kullanıcı hareketlerini algılayan infrared (kızılötesi) sensörler, solenoid valf mekanizmaları ve mikrodenetleyici kontrollü elektronik devreler ile donatılmıştır. Sensör, kullanıcı elinin belirli bir mesafeye (genellikle 5–15 cm) yaklaşmasını algılayarak, mikrodenetleyiciye sinyal gönderir ve bu sinyal doğrultusunda elektromanyetik bir solenoid valf açılarak su akışı başlatılır. Kullanıcı uzaklaştığında sinyal kesilir ve valf otomatik olarak kapanır. Bu sistem, saniyelik tepkime süreleri ile hızlı bir şekilde çalışarak su israfını minimize eder. Gelişmiş modellerde sensör hassasiyeti, su sıcaklığı ve debi değeri kullanıcı tercihinine göre ayarlanabilmekte olup, bazı versiyonlarda bu ayarlar Bluetooth veya Wi-Fi tabanlı mobil uygulamalar üzerinden uzaktan kontrol edilebilmektedir.

2.4.7. Ergonomi

Fotoselli su armatürleri, kullanıcı ergonomisi açısından geleneksel manuel sistemlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Temassız kullanım özelliği sayesinde, fiziksel efor gerektirmeden su akışının başlatılması ve durdurulması sağlanmakta, bu da özellikle yaşlı bireyler, çocuklar ve fiziksel engeli bulunan kullanıcılar için erişilebilirlik ve konfor sağlamaktadır. Geleneksel kollu armatürlerin döndürme, kaldırma veya bastırma gibi mekanik hareket gerektirmesi; kas gücü, el bilek hareket açıklığı veya kavrama yetisi gerektirirken, fotoselli sistemler yalnızca el hareketiyle devreye girerek bu ihtiyacı ortadan kaldırır. Ayrıca, bu sistemler lavabonun dış yüzeyine sıçrama riskini azaltan optimize edilmiş su çıkış açılarıyla tasarlandığından hem kullanıcıyı hem de çevreyi ıslanmaktan koruyarak kullanım deneyimini iyileştirir. Sensör tepki süresinin düşük olması ve algılama mesafesinin ideal ergonomik pozisyona göre ayarlanabilmesi, kullanıcı ile sistem arasındaki etkileşimi doğal ve sezgisel hale getirir. Bu yönüyle, fotoselli armatürler yalnızca hijyen ve enerji verimliliği değil, aynı zamanda evrensel tasarım ilkeleri doğrultusunda yüksek düzeyde kullanıcı dostu bir çözüm sunmaktadır.

2.4.8. Dayanıklılık

Fotoselli su armatürleri hem elektronik hem de mekanik bileşenleri açısından uzun ömür ve yüksek çevrim dayanımı göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Bu armatürlerde yer alan solenoid valfler, tipik olarak 300.000 ila 500.000 açma-kapama çevrimine kadar sorunsuz çalışacak şekilde test edilmekte, bu da ürünlerin yıllar boyunca bakım gerektirmeden kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Elektronik devre sistemleri ise nem, sıçrama ve aşırı sıcaklık gibi zorlu çevresel koşullara karşı IPX5 veya daha yüksek koruma sınıfı ile üretilmektedir.

2.4.9. Su Tasarrufu

Fotoselli su armatürleri, kullanıcı davranışına bağlı su israfını ortadan kaldırarak önemli ölçüde su tasarrufu sağlamaktadır. Bu sistemler yalnızca kullanıcı eli algılandığında su akışını başlattığı için, özellikle geleneksel manuel armatürlerde yaygın olan “gereksiz açık bırakma” durumunu önler. Araştırmalar, fotoselli armatürlerin manuel armatürlere göre %30 ila %70 arasında su tasarrufu sağlayabildiğini göstermektedir (Gómez & Pérez-Lombard, 2020; Lee et al., 2021).

2.4.10 Uygun Basınç

Uygun su basıncı, kullanıcının memnuniyetini direkt etkileyen faktörlerden biridir. Yetersiz su basıncı, kullanıcıların su akışından yeterince faydalanmalarına engel olur. Özellikle duş almak veya bulaşık yıkamak gibi günlük aktivitelerde, kullanıcı uygun su basıncına ihtiyaç duymaktadır. Su basıncının yeterli olmaması kullanıcının daha uzun süre su harcamasına neden olacaktır (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025).

2.4.11. Standartlar

Standartlara uygun bir armatür, dayanıklı bir şekilde tasarlandığı, üretildiği ve testlerinin tamamlandığı anlamına gelmektedir. Ürün kategorisine göre standart kategorileri de değişmektedir (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025). Fotoselli ürünler TS EN 15091 standardı kapsamında değerlendirilir.

2.5. Fotoselli (Sensörlü) Su Armatürlerine Uygulanan Test Yöntemleri

2.5.1. Debi Testi

Armatürlerde debi testi, suyun belirli bir süre içinde bir armatürden ne kadar aktığını ölçmek için yapılan bir testtir. Bu testler sayesinde suyun verimli kullanımı sağlanır (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025). Debi testi standartları armatürün çeşidine göre Tablo 1 ve Tablo 2 'de gösterildiği gibi değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. TS EN 15091 standardı uygulamalarına göre debi değerleri

Lavabo Muslukları için Min. Debi	1,5 l/dk	1,5 l/dk
Duş için Min. Debi	6 l/dk	4,7 l/dk
Diğer Uygulamalar	Uygulamaya uygun olarak	Uygulamaya uygun olarak

Tablo 2. Debi sınıfları

Debi Sınıfı	Debi (L/s)
Z	0,15
A	0,25
S	0,33
B	0,42
C	0,50
D	0,63

2.5.2. Akustik Testi

Su armatürlerinde akustik deneyler, kullanıcının istenmeyen ses seviyelerini azaltarak daha konforlu bir ortam sağlamak için önemlidir. Bu deneyler aynı zamanda armatürlerin tasarımında ve üretiminde kalite kontrol süreçlerinin bir parçası olarak da kullanılabilir. Ölçümü yapılan değerler Tablo 3'te belirtilen gruplara göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 3. Akustik grupları

GRUP	<i>L_{ap}</i> [dB (A)]
I	≤ 20
II	$20 < L_{ap} \leq 30$
U (Sınıflandırılmamış)	>30

2.5.3. Korozyon Testi

Korozyon, metalik malzemelerin içinde bulundukları ortam ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyona girerek fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmeleridir. Hem metal ve alaşımların bozunma reaksiyonuna, hem de bu reaksiyonun sebep olduğu zarara verilen addır. Su armatürlerinde korozyon testi, armatürlerin farklı çevresel koşullar altında korozyona karşı dayanıklılığını değerlendirmek için yapılan bir testtir. Bu testler, armatürlerin kullanım ömrü boyunca maruz kalabileceği nem, sıcaklık, su kalitesi ve diğer faktörlerin etkilerini simüle eder. Armatürleri oluşturan kaplamalı ya da boyalı bileşenler özellikle gövde, kol, el duşu gibi parçalarının korozyon testi yapılması oldukça önemlidir (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025).

2.5.4. Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi

Su armatürü üreten firmalar için zorunlu olmamakla birlikte, ürünlerin farklı kullanım koşullarındaki dayanımını değerlendirmek amacıyla uygulanmaktadır. Mevcut standartlarda tanımlı olmamasına rağmen, saha koşullarında karşılaşılabilecek ekstrem durumlar göz önünde bulundurularak büyük önem taşımaktadır. Günümüzde yüksek katlı binalarda, kalabalık konut sitelerinde ve alışveriş merkezlerinde su temini, hidrofor sistemleri aracılığıyla sağlanmakta olup, tesisatın bazı bölümleri zaman zaman yüksek basınca maruz kalabilmektedir. Standart su tesisatı basıncı 3 bar olarak kabul edilirken, bu testte ürünler ve ürün içerisindeki bileşenler 10 bar su basıncına maruz bırakılmaktadır.

Ayrıca, iklim koşulları ve kullanılan sıcak su sistemleri nedeniyle tesisat su sıcaklıklarında da önemli değişimler gözlemlenmektedir. Özellikle güneş enerjisi kullanılan bölgelerde tesisat içerisinde bekleyen suyun sıcaklığı 80°C–85°C aralığına kadar çıkabilmektedir. Bu çerçevede, test sürecinde ürünler hem 10 bar basınca hem de 90°C sıcaklıktaki suya maruz bırakılarak mekanik dayanıklılıkları ve sızdırmazlık performansları değerlendirilmektedir.

3. ARMATÜR ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

Su armatürleri üretiminde genel olarak pirinç hammadde kullanılmaktadır. Pirinç, bakır ve çinko alaşımlarının genel adıdır. Bu alaşımlar, kolay şekillendirilebilir olmaları ve döküm, presleme, kaynak gibi üretim proseslerine uygunlukları nedeniyle armatür üretiminde tercih edilmektedir (Erol, 2019). Özellikle Avrupa standartlarında tanımlanan CW617N ve CW614N gibi pirinç türleri, su armatürleri sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olup, her iki alaşım da sıcak dövme ve talaşlı imalat için optimize edilmiş bileşimlere sahiptir.

Tablo 4. CW617N ve CW614N Alaşımları Özellikler Tablosu

Özellik	CW617N	CW614N
Alaşım Türü	Pirinç	Pirinç
Ana Bileşenler	Cu ~ 58%, Zn ~ 40%, Pb ~ 2%	Cu ~ 59%, Zn ~ 39%, Pb ~ 2.5%
Üretim Yöntemi	Sıcak Dövme	Talaşlı İmalat
Kullanım Alanı	Su armatürleri, vana gövdeleri	Musluk, bağlantı parçaları
Öne Çıkan Özellikler	İyi sıcak şekillendirilebilirlik, yüksek mekanik dayanım	Mükemmel işlenebilirlik, orta mekanik dayanım

3.1. Armatür Üretiminde Kullanılan Pirinç Malzemesinin Avantajları

3.1.1. Korozyon Direnci

Pirinç malzemenin korozyon direnci, mikro yapısı nedeniyle özellikle suyla sürekli temas eden armatür bileşenlerinde önemli bir avantaj sağlar. Yapılan çalışmalar, pirincin uygun yüzey işlemleriyle korozyon direncinin daha da artırılabilceğini göstermektedir (Simsir ve Eryürek, 2020). Pirinç malzemenin korozif ortamlara karşı dirençli olması, denizcilik ve otomotiv sektörlerinde de sıklıkla kullanılmasına olanak tanır. Pirinç alaşımlarındaki mineral katkı elementleri, özellikle kalay ve alüminyum, alaşımların korozyon direncini ve mukavemetini artırır (Pahlavanpour ve Riedel, 2020).

3.1.2. Yüksek İşlenebilirlik

Kurşun içeren pirinç alaşımları, yüksek işlenebilirlikleri ile bilinir ve bu özellikleri sayesinde karmaşık geometrilere sahip armatür parçalarının hassasiyetle üretilmesine olanak tanır. Özellikle CW614N (CuZn39Pb3) gibi alaşımlar, mükemmel işlenebilirlik sunar ve bu nedenle endüstride yaygın olarak kullanılır. Bu alaşımın işlenmesi sırasında, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu, kesme derinliğinin ise titreşim yoğunluğunu en çok etkilediği belirlenmiştir (Monka ve ark., 2023).

3.1.3. Mukavemet ve Dayanıklılık

Pirinç alaşımları, mekanik dayanım açısından önemli avantajlar sunar. Bu alaşımlar, yüksek çekme dayanımı, akma dayanımı ve sertlik gibi özelliklere sahip olup, bunlar endüstriyel uygulamalarda dayanıklı ve güvenilir çözümler sağlar. Örneğin, CW614N (CuZn39Pb3) pirinç alaşımı, 360-500 MPa arasında değişen çekme dayanımı ile yüksek mekanik yükler altında kullanılabilecek dayanıklı bir malzeme olarak kabul edilir (Davis, 2001).

3.2. Armatür Üretiminde Kullanılan Pirinç Malzemesinin Dezavantajları

3.2.1. Yüksek Maliyet

Pirinç, bakır esaslı bir malzeme olduğundan, üretimi genellikle daha pahalıdır. Özellikle kurşunsuz pirinç alaşımlarının üretimi, kısıtlı kaynaklar ve karmaşık üretim süreçleri nedeniyle maliyetleri artırabilir. Bu, özellikle büyük ölçekli endüstriyel üretimde maliyet etkinliği açısından bir sorun oluşturabilir (Cheng et al., 2014).

3.2.2. Düşük Sıcaklık Dayanımı

Pirinç alaşımlarının sıcaklık dayanımı sınırlıdır. Yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında, pirinç alaşımlarının mekanik özellikleri bozulabilir, özellikle sertlik ve dayanıklılık açısından zayıflar. Bu nedenle, pirinç alaşımları yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılmadan önce dikkatlice değerlendirilmelidir (Rout et al., 2012).

3.2.3. Korozyon ve Aşınma Durumlarında Zayıflama

Pirinç, korozyon direnci sağlasa da, bazı ortamlarda yerel korozyon veya galvanik korozyon etkisi görülebilir. Özellikle deniz suyu gibi agresif ortamlarda, pirinç alaşımları zamanla aşınabilir ve korozyonun etkilerine daha duyarlı hale gelebilir (Zhang et al., 2011).

3.2.4. Düşük Yüksek Gerilme Direnci

Pirinç alaşımlarının yüksek gerilme direnci sınırlıdır. Özellikle ince duvarlı borular veya parçalarda, uzun süreli yüksek gerilim uygulamalarına maruz kaldıklarında mekanik özelliklerinde zayıflama görülebilir (Sharma ve Soni, 2015).

3.2.5. Mikro Yapı İle İlgili Sorunlar

Pirinç alaşımlarının mikro yapısı, özellikle yüksek kurşun içeren alaşımlarda homojen olmayabilir. Bu, işleme sırasında bazı bölgelerde dengesizliklere yol açarak ürünün mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilir (Güder et al., 2021).

4. MALZEME GELİŞTİRİLMESİ

Su armatürü üretiminde kullanılan geleneksel metal malzemelere alternatif olarak plastik esaslı yeni malzemelerin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı, mevcut malzemelerin sunduğu mekanik dayanım, kimyasal direnç ve uzun ömür gibi özellikleri karşılayacak veya iyileştirecek hafif, daha az maliyetli ve çevresel etkileri azaltılmış çözümler sunmaktır. Geliştirilecek plastik malzemenin, su ile sürekli temas koşullarında dayanıklılığını koruyabilmesi, sıcaklık değişimlerine karşı stabil bir yapı sergilemesi ve üretim süreçlerine uyumlu şekilde şekillendirilebilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, yeni malzemenin içme suyu ile temas eden ürünlerde kullanımı için gerekli sağlık ve hijyen standartlarını karşılaması önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Malzeme geliştirme süreci, hem laboratuvar ölçekli testler hem de saha performansı değerlendirmeleri ile desteklenerek, sektörde güvenilir bir alternatif oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, yüksek performans kriterlerini karşılayabilecek mühendislik plastikleri önemli bir çözüm alternatifi olarak öne çıkmaktadır.

Malzeme geliştirme süreci, hem laboratuvar ölçekli testler hem de saha performansı değerlendirmeleri ile desteklenerek, sektörde güvenilir bir alternatif oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, yüksek performans kriterlerini karşılayabilecek mühendislik plastikleri önemli bir çözüm alternatifi olarak öne çıkmaktadır. Özellikle polifenilen sülfid (PPS) gibi yüksek sıcaklık ve kimyasal dirence sahip mühendislik termoplastikleri, metal malzemelere karşı ciddi bir alternatif oluşturmakta ve su armatürü bileşenlerinde artan bir şekilde kullanılmaktadır (Zhao et al., 2017). PPS malzemeleri; düşük nem emme oranı, boyutsal kararlılık, yüksek ısıl dayanım ve uzun ömürlü kullanım gibi avantajlarıyla içme suyu sistemlerinde tercih edilen polimerler arasında yer almaktadır (Kim ve Park, 2020). Bununla birlikte, bu tür plastik malzemelerin su ile uzun süreli temasta gösterdiği mekanik kararlılık ve hijyenik uygunluk, çeşitli uluslararası standartlara (NSF/ANSI 61, WRAS vb.) göre test edilmekte ve belgelendirilmektedir (ISO, 2016). Tüm bu gelişmeler, plastik esaslı malzemelerin yalnızca alternatif değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir çözüm olarak da kabul görmesine olanak sağlamaktadır (Chen et al., 2021).

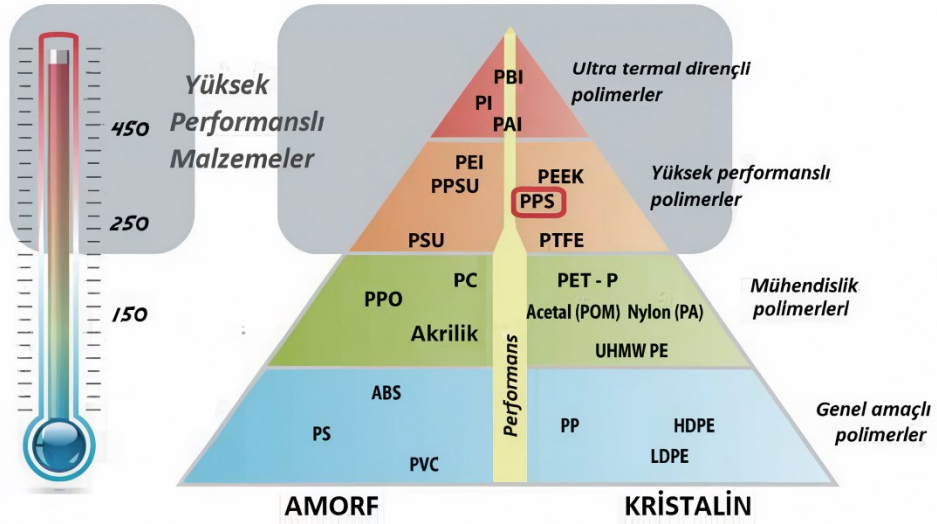
4.1) Mühendislik Plastikleri

Mühendislik plastikleri ve kompozitler, günümüz dünyasında en hızlı gelişen ürün tipleridir. Her geçen gün yeni buluşlarla performansları artmakta, kullanım alanları genişlemekte ve birçok konuyu yeni çözümler getirilmektedir. Bunların bilinmesi ve uygulanması da birçok firmaya pazarda büyük olanaklar yaratmaktadır (Yıldırım, 2002).

İleri teknolojinin kullanıldığı alanlarda kritik role sahip olan mühendislik plastikleri, günlük yaşamımızda da spor, gezinti ve eğlence alanları, döşemeler, mobilyalar, bina ve bina donanımı, otomotiv sektöründe, elektronik eşya ve ev eşyalarında yüksek dayanım ve sıcaklık isteyen alanlarda aktif olarak kullanılır hale gelmiştir. Gelecekte ise insan yaşamında daha çok yer edineceği ve vazgeçilmez ürünler arasına yerleşeceği beklenmektedir (Kohan,1995). Mühendislik plastikleri kısa sürede hızlı bir gelişme göstermesinde, malzeme özelliklerinden beklenen esneklik, elastikiyet ve mukavemet gibi özellikler ön plandadır.

Kompozit malzemeler olarak adlandırılanları özellikle uzay, havacılık, otomobil ve inşaat sektöründe kullanılmakta olup, üretim nedenleri arasında, malzemenin düşük ağırlık ve yüksek dayanımlı olmasının yanında üretim proseslerinin ucuz, basit ve standart kalitede olmasındandır (Yıldırım, 2002).

Termoplastik malzeme olarak da adlandırılan mühendislik plastikleri, kolaylıkla şekil verilebilen plastiklerdir. Sertlikleri ve işlem sıcaklıkları orta derecededir, ayrıca korozyona karşı dayanıklılık göstermektedirler. Yapısal olarak amorf, kristal ya da yarı kristal yapı sergileyebilen bu malzemeler, sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Termoplastiklerin elastiklik modülü, mukavemeti ve sünekliği sıcaklıkla değişim gösterir; sıcaklık yükseldikçe primer bağlar çözülmeye başlar, molekül zincirleri parçalanarak düşük moleküllü maddelere dönüşür ve bu durum, malzemenin yüksek sıcaklıklarda hasara uğramasına neden olur (Esatoğlu, 2018). Fiziksel yapılarına, çalışma sıcaklıklarına, kimyasallara olan dirençlerine bağlı olarak standart plastikler, mühendislik plastikleri ve ileri mühendislik plastikleri olarak sınıflandırılmaktadır (Taşyürek, K. 2023).



Şekil 4. Mühendislik plastikleri piramit tablosu

Su armatürü üretiminde mühendislik plastiklerinin kullanımı, ürünlerin korozyon direncini artırmakta, toplam ağırlığı azaltmakta ve enerji verimliliğini desteklemektedir. Ayrıca, mühendislik plastikleri, su ile temas eden uygulamalarda insan sağlığına uygunluk sağlayan formülasyonlarla üretilebilmekte, böylece hijyen ve güvenlik standartlarını da karşılamaktadır.

Bu özellikleri nedeniyle mühendislik plastikleri, su armatürü sektöründe alternatif malzeme çözümleri geliştirme çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır.

Tablo 5. Mühendislik plastikleri malzemelerinden beklenen özellikler

Özellik Kategorisi	Beklentiler
Mekanik Özellikler	Yüksek mukavemet, darbe dayanımı, uzun ömür
Kimyasal Dayanım	Su, deterjanlar ve kimyasallara karşı direnç
Termal Dayanım	Sıcaklık değişimlerine karşı boyutsal stabilite
İşlenebilirlik	Enjeksiyon kalıplama, presleme gibi yöntemlere uygunluk
Sağlık ve Hijyen Uygunluğu	İçme suyu ile temasa uygunluk, sağlık standartlarını karşılama
Çevresel Etki	Geri dönüştürülebilirlik, düşük karbon ayak izi

Su armatürü ve içme suyu ile temas eden bileşenlerin üretiminde kullanılan PPS (Polifenilen Sülfid), PEEK (Polietereterketon), PA66 (Poliamid 66) ve PC (Polikarbonat) gibi mühendislik plastikleri, insan sağlığına zarar vermeyen ve uluslararası sağlık standartlarına uygunluğu belgelenmiş malzemeler arasında yer almaktadır. Bu polimerler, düşük ekstrakte edilebilirlik değerlerine sahip olmaları sayesinde, suya zararlı kimyasal bileşiklerin geçişini sınırlamakta ve uzun süreli temas koşullarında dahi stabil bir yapı sergilemektedir. Özellikle PPS ve PEEK, yüksek ısı ve kimyasal dirençlerinin yanı sıra biyoyumumlulukları sayesinde, yalnızca endüstriyel uygulamalarda değil, aynı zamanda tıbbi cihaz ve içme suyu sistemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Kim & Park, 2020; Chen et al., 2021). PA66 ve PC ise, belirli üretim ve katkı kontrol süreçlerine tabi tutulduğunda, NSF/ANSI 61, WRAS ve benzeri içme suyu güvenlik standartlarına uygunluk göstermekte ve toksik salınım riski taşımamaktadır (ISO, 2016). Bu malzemelerin, gıda ve içme suyu ile temasına ilişkin Avrupa Birliği'nin 10/2011 sayılı Yönetmeliği ve ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından da onaylandığı bilinmektedir. Dolayısıyla, uygun formülasyon ve sertifikasyon süreçleri doğrultusunda üretildiklerinde, söz konusu mühendislik plastiklerinin insan sağlığına zararlı etkileri bulunmamaktadır.

Tablo 6. Mühendislik plastikleri

Malzeme Türü	CAS Numarası	Özellikler	Kullanım Alanı
PPS (Polifenilen Sülfid)	25212-74-2	Yüksek sıcaklık ve kimyasal dayanım, GF katkısı ile sertlik artar	Su armatürleri, otomotiv, elektronik
PEEK (Polietereterketon)	29658-26-2	Aşırı dayanım, yüksek fiyat	Havacılık, medikal
PA66 (Naylon)	32131-17-2	Mukavemet, darbe dayanımı, nem çekme eğilimi	Otomotiv, dişli üretimi
PC (Polikarbonat)	25037-45-0	Şeffaflık, darbe dayanımı	Aydınlatma, koruyucu ekipmanlar

PPS, yüksek sıcaklıklara, aşındırıcı kimyasallara ve mekanik strese karşı üstün dayanım gösteren yarı kristal bir mühendislik plastik türüdür. Genellikle cam elyaf (GF) ile güçlendirilerek sertlik ve darbe dayanımı artırılır.

Tablo 7. PPS malzemesi özellikleri

Özellikler	Açıklama
Isıl Dayanım	200–240 °C sürekli kullanım sıcaklığı
Kimyasal Direnç	Asitler, bazlar ve solventlere karşı yüksek direnç
Mekanik Dayanım	Yüksek; GF takviyesiyle daha da güçlendirilir
Su Emilimi	Çok düşük
Elektriksel Özellikler	İyi yalıtkanlık sağlar
CAS Numarası	25212-74-2



Şekil 5. PPS granül görünümü

PEEK, çok yüksek sıcaklıklara ve agresif kimyasallara dayanabilen, son derece yüksek performanslı bir termoplastiktir. Mekanik dayanımı çok yüksektir ve biyouyumlu olduğu için tıbbi implantlarda da kullanılır.

Tablo 8. PEEK Malzemesi Özellikleri

Özellik	Açıklama
Isıl Dayanım	260 °C'ye kadar sürekli kullanım
Kimyasal Direnç	Tüm organik çözücülere ve çoğu aside karşı dayanıklı
Mekanik Dayanım	Çok yüksek
Su Emilimi	Çok düşük
Fiyat	Çok yüksek (diğer polimerlere göre)
CAS Numarası	29658-26-2

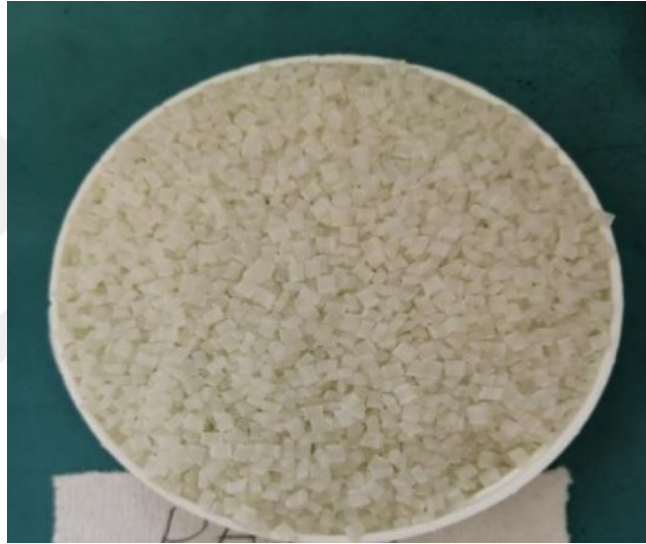


Şekil 6. PEEK malzemesi granül görünümü (Kurt Pelen, Ö. 2025)

PA66, mükemmel mekanik dayanımı, aşınma direnci ve iyi darbe dayanımı sunan kristalin bir poliamiddir. Nem emme özelliği yüksektir; bu da zamanla boyutsal değişime neden olabilir.

Tablo 9. PA66 malzemesi özellikleri

Özellik	Açıklama
Isıl Dayanım	80–120 °C arası
Kimyasal Direnç	Yağlara ve yakıtlara karşı iyi
Mekanik Dayanım	Yüksek
Nem Çekme Eğilimi	Yüksek
Aşınma Direnci	İyi
CAS Numarası	32131-17-2



Şekil 7. PA66 granül görünümü (Rezaei Ansaroudi, N. 2020)

Hafif ışık geçirgenliği, optik berraklık, yüksek darbe dayanımı, sürtünme direnci, düşük su emme, alev geciktirme kabiliyeti, termoform kabiliyeti, mükemmel erime işlemi kabiliyeti ve uygun fiyat polikarbonatın özellikleridir (Panda, A.K., Singh, R. K. ve Mishra, D. K. 2010). Polikarbonatlar uzun yapılı bir düzen (amorfe yapı) göstermezler, Van der Waals ve hidrojen etkileşimleri ile tutulurlar. Bu da polimerin ısıtma ile yumuşatılmasını ve eritilmesini sağlar. Böylece malzemelere mükemmel hasar toleransı özellikleri vererek yüksek darbe dayanımı ve kırılma direnci oluşumunu sağlar. PC sünekliğinin düşük sıcaklıklarda moleküler zincirlerin moleküler hareketi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Tablo 10. PC malzemesi özellikleri

Özellik	Açıklama
Isıl Dayanım	120–130 °C
Şeffaflık	%90'dan fazla ışık geçirgenliği
Mekanik Dayanım	Çok yüksek darbe dayanımı
UV Direnci	Düşük (katkı ile artırılabilir)
Elektriksel Yalıtım	İyi
CAS Numarası	25037-45-0



Şekil 8. PC malzemesi granül formu

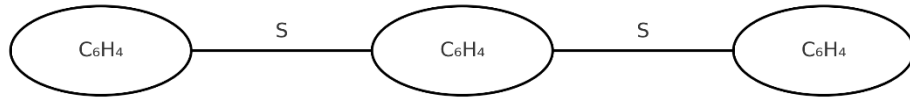
4.2. İkame Malzeme Seçimi ve Performansı

Su armatürü ve iç parçalarının üretiminde kullanılabilecek çeşitli mühendislik plastikleri arasında yapılan teknik, performans ve maliyet analizleri sonucunda PPS (Polifenilen Sülfid) malzemesi, ikame malzeme olarak en uygun seçenek olarak belirlenmiştir. PEEK, PA66 ve PC gibi alternatif mühendislik plastikleriyle karşılaştırıldığında PPS; yüksek sıcaklık dayanımı (200–240 °C), düşük su emilimi, kimyasallara karşı yüksek direnç, boyutsal kararlılık ve cam elyaf takviyesi ile arttırılmış mekanik mukavemeti sayesinde bu tür uygulamalar için ideal bir performans-maliyet dengesi sunmaktadır (Ghosh, 2011; Kohan, 1995). PEEK malzemesi üstün özellikler sunsa da yüksek maliyeti nedeniyle ekonomik olarak sürdürülebilir bir çözüm oluşturmamaktadır (Sinha, 2009). PA66 ve PC gibi polimerler ise PPS'ye kıyasla daha düşük ısı dayanım, yüksek nem çekme (PA66) ya da sınırlı kimyasal direnç (PC) gibi nedenlerle su armatürü gibi zorlu koşullara maruz kalan ürünlerde dayanıklılık ve hijyen açısından yetersiz kalmaktadır. PPS malzemesinin ayrıca enjeksiyon kalıplama ile yüksek hassasiyetli parça üretimine olanak tanınması ve içme suyu ile temas eden parçalarda gerekli olan sağlık standartlarını karşılayan formülasyonlara sahip olması (ör. NSF/ANSI 61) su armatürü uygulamaları için onu öne çıkaran temel etkenlerdendir (Mark & Gaylord, 1988).

4.3. PPS ve PPS GF30 Kompozit Malzemesi

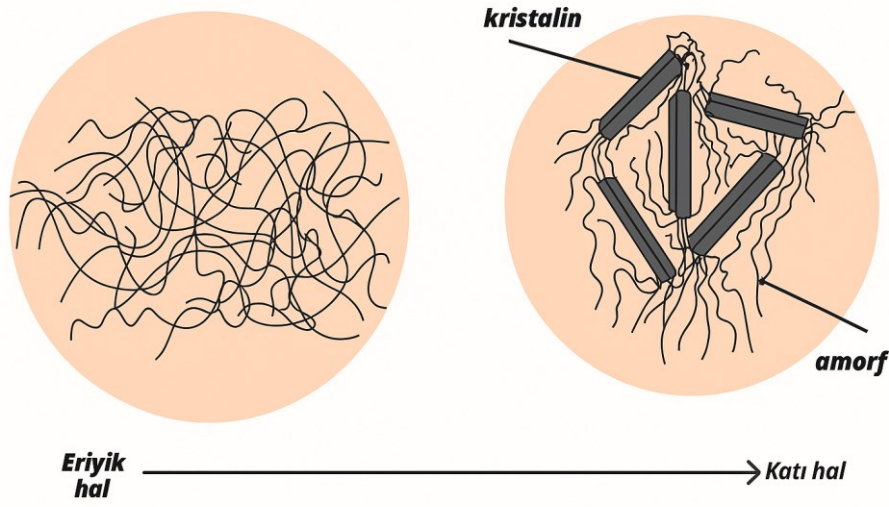
Polifenilen-Sülfid (PPS) aromatik halka ve sülfür atomlarının birbiri takip etmesiyle oluşan bir polimer malzemedir. İlk olarak 1988 yılında James Mason Crafts ve Charles Friedel tarafından keşfedilen PPS, o yıllardan beri büyük merak uyandırmış ve son zamanlarda birçok araştırmaya konu olmuştur. “Ryton” adıyla Phillips Petroleum Company tarafından ticari olarak seri üretimine başlanmıştır (Hearle & Morton, 2008). Aromatik halkaya kükürtün bağlanmasıyla çok kararlı bir bileşik oluşur. Bu yüzden PPS kimyasallık, alev direnci ve yüksek sıcaklık direnci bakımından çok iyi özelliklere sahiptir. Kükürt bağları içeren benzen halkaları sayesinde termal bozunmaya karşı dirençli bir yapıya sahip bu polimer aynı zamanda doğasından gelen bir yanmazlığa, termal stabiliteye ve kimyasallara karşı dayanıklı bir yapıya sahiptir (Ođian, 2004).

PPS Kimyasal Formül Şeması $(-[\text{C}_6\text{H}_4-\text{S}]_n-)$



Şekil 9. PPS malzeme kimyasal formül şeması

Polimeri oluşturan monomerin içerdiği kükürt atomu ve benzen halkalarının simetrik dizilimi sayesinde yüksek kristalizasyon derecesine izin vermektedir. Kükürt bağları içeren benzen halkaları sayesinde termal bozunmaya karşı dirençli bir yapıya sahip bu polimer aynı zamanda doğasından gelen bir yanmazlığa, termal stabiliteye ve kimyasallara karşı dayanıklı bir yapıya sahiptir. Polifenilen sülfür (PPS), maliyet/performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda polipropilen (PP), poliamid (PA) ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UHMWPE) gibi yaygın veya orta sınıf polimerlerden daha kapsamlı mekanik ve üstün ısıl özelliklere sahiptir (Zuo et al., 2019).



Şekil 10. PPS malzemenin eriyik halden katı hale geçişi (O dian, 2004)

Erime noktası yaklaşık 285-290 °C olan PPS polimeri 200 °C' ye kadar olan sıcaklıklarda sahip olduğu özelliklerinde herhangi bir kayıp gözlemlenmezken, uzun süreli uygulamalarda maksimum kullanım sıcaklığı 218-240 °C arasında değişmektedir. Bu polimer ortalama 200 C°'nin altındaki sıcaklıklarda hiçbir çözücü içerisinde çözünmemektedir. Fakat yüksek sıcaklıklarda organik çözücüler içerisinde çözünebilir (Long, 2007, p. 45). (Sinha, 2009, p. 102).

Yüksek yanmazlık direncine sahiptir ve UL-94 standardına göre V-0 yanmazlık sınıfındadır (Campo, 2008).

Ateşe ve tutuşmaya karşı mukavemetli olup, mükemmel derecede kimyasallara karşı mukavemet gösterir. 120-150 °C arasındaki kalıp derecesinde, çok büyük boyutsal kararlılığı olan parçalar üretilebilir ve parlak yüzey sağlanır. 65 °C'nin altında ise darbe dayanımı yüksek parçalar üretilir. Su absorpsiyonu son derece düşük olup iyi derecede elektriksel özelliklere sahiptir. Sıcak pres tekniği yüksek hacim ve basınç altında, karmaşık ya da düzlemsel cam elyaf takviyeli termoset veya termoplastik üretimi için uygun bir yöntemdir. Oldukça büyük parçalar mükemmel son bitirme yüzeyi ile kalıplanabilir. Genel olarak termoset reçineler kullanılır. Eş çalışan kalıplar, hidrolik kalıplama presine tespit edilir (Esatoğlu, 2018).

PPS'in mekanik özellikleri tüm yarı kristalin polimerlerde de olduğu gibi kristalinite derecesine ve yapının morfolojisine bağlıdır. Kristalinite derecesi arttıkça mekanik özelliklerde iyileşmeler görülür (Nohara et al., 2006).

PPS GF30 kompozit malzeme, saf PPS'in cam elyafı ile %30 oranında takviye edilmesiyle elde edilen yüksek performanslı bir polimer kompozittir. Cam elyaf katkısı, PPS'in çekme ve eğilme mukavemetini, boyutsal kararlılığını ve ısı direncini önemli ölçüde artırmaktadır. PPS GF30, özellikle yüksek sıcaklık altında sertlik ve dayanımın korunduğu uygulamalarda tercih edilmektedir. Ayrıca düşük sürünme (creep) eğilimi, aşınma direnci ve düşük termal genleşme katsayısı sayesinde metalik malzemelere alternatif olarak kullanılabilir. Su emme oranı son derece düşük olduğundan nemli ortamlarda boyutsal kararlılığını korur. Bu özellikleriyle PPS GF30 kompozit malzeme, otomotiv, elektrik-elektronik ve özellikle su armatürleri gibi yüksek hassasiyet ve uzun ömür gerektiren sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Zuo et al., 2019; Campo, 2008).

Tablo 11. PPS ve PPS GF30 malzemesi özellikleri

Özellik	PPS	PPS GF30
Yoğunluk (g/cm ³)	≈ 1.35	≈ 1.65
Cam Geçiş Sıcaklığı (T _g , °C)	≈ 85	≈ 90
Erime Sıcaklığı (T _m , °C)	≈ 285	≈ 290
Çekme Mukavemeti (MPa)	≈ 90	≈ 150–180
Elastisite Modülü (GPa)	≈ 3–4	≈ 10–12
Darbe Dayanımı	Orta	Orta–Düşük (cam elyaf nedeniyle)
Isıl Genleşme Katsayısı	Yüksek (daha fazla genişir)	Düşük (boyutsal kararlılık yüksek)
Kimyasal Direnç	Çok yüksek	Çok yüksek
Nem Alma Oranı (%)	< 0.1	< 0.1

4.3.1. Yoğunluk

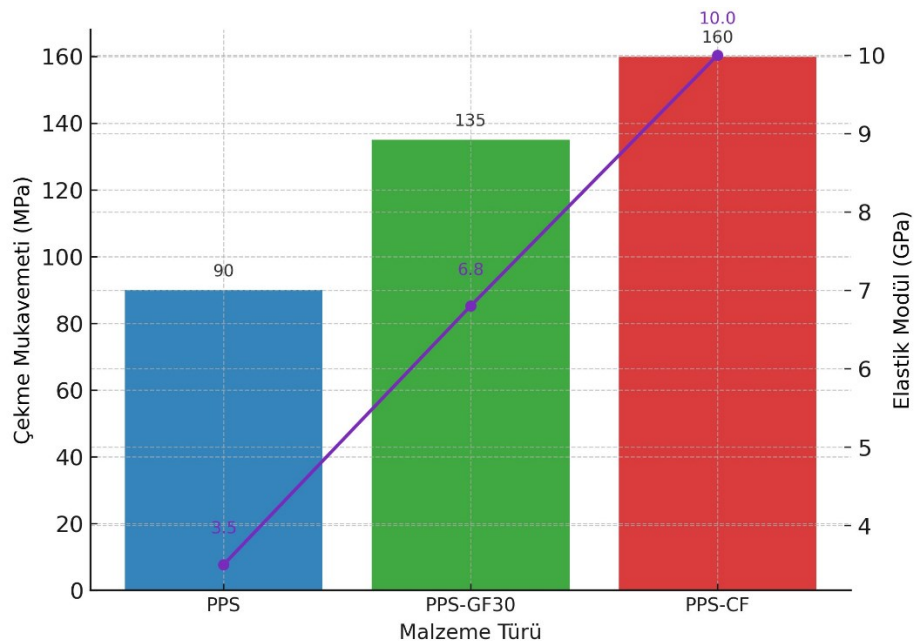
PPS malzemesi, yaklaşık 1.35 g/cm^3 yoğunluğa sahip olup, metal esaslı malzemelere göre oldukça hafif bir yapı sunar. Bu düşük yoğunluk, özellikle otomotiv ve su armatürü sektörlerinde ağırlık azaltımı ve buna bağlı olarak enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sağlar. Takviye edilmemiş haliyle 1.35 g/cm^3 civarındayken, cam elyaf gibi katkılarla bu değer artabilir.

4.3.2. Çekme Mukavemeti

PPS, takviye edilmemiş haliyle 70–130 MPa aralığında çekme mukavemeti sunarken, karbon fiber (CF) gibi takviyelerle bu değer 120–180 MPa 'a kadar çıkabilir. Bu, PPS' i birçok yapısal uygulama için yeterince mukavemetli ve dayanıklı bir mühendislik plastiği haline getirir. Takviyeli versiyonlar, metal yerine kullanılan uygulamalarda rahatlıkla tercih edilebilir.

4.3.3. Elastik Modül

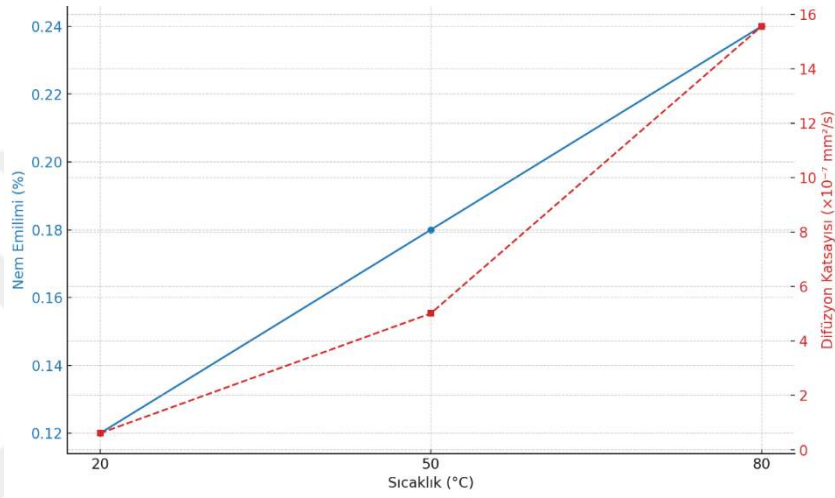
Malzemenin rijitliğini gösteren elastik modül, PPS için yaklaşık 3–6 GPa değerindedir. Bu değer, takviye katkılarıyla 8–15 GPa gibi oldukça yüksek seviyelere ulaşabilir. Bu durum, PPS'nin sertlik ve boyutsal kararlılık gerektiren uygulamalarda kullanımını mümkün kılar (Zuo et al., 2019).



Şekil 11. PPS ve türlerinin çekme mukavemeti ve elastik modülü

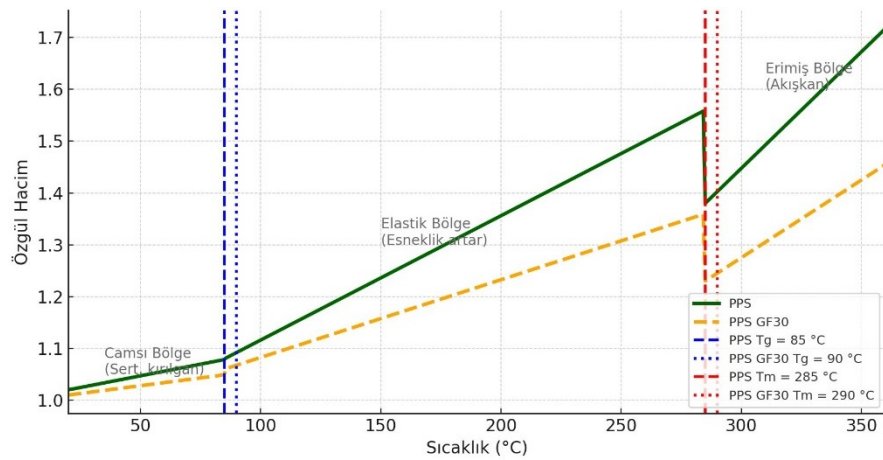
4.3.4. Cam Geçiş Sıcaklığı (T_g , °C)

Cam geçiş sıcaklığı (T_g), bir polimerin amorf (düzensiz) bölgelerinin ısı etkisiyle sert ve cam benzeri halden, daha yumuşak ve kauçuksu bir yapıya geçmeye başladığı sıcaklıktır. PPS için bu değer yaklaşık 90–100 °C arasındadır. Bu sıcaklığın önemi, polimerin uygulama alanlarında termal kararlılık, şekil sabitliği ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemesidir. PPS malzemesinin düşük nem alma eğilimi olduğu ama sıcaklıkla bu etkinin arttığı görülmektedir. (Wang et al., 2023)



Şekil 12. PPS malzemesinin sıcaklığa göre nem emilimi ve difüzyon katsayısı (Wang et al., 2023)

Cam elyaf katkısıyla PPS malzemenin cam geçiş sıcaklığı (T_g) ve erime sıcaklığı (T_m) bir miktar artmakta, böylece malzemenin ısı kararlılığı iyileştirilmektedir (O dian, 2004).



Şekil 13. PPS malzemesinin ve PPS GF30 kompozit malzemesinin ısı davranışı (O dian, 2004)

5) MATERYAL VE METOD

5.1 Materyal

Bu çalışmada, musluk iç gövde parçalarının üretiminde geleneksel olarak kullanılan pirinç malzeme yerine, yüksek performanslı bir mühendislik plastiği olan Polifenilen Sülfid (PPS) hammadde olarak seçilmiştir. Pirinç malzeme, işlenebilirliği ve mekanik dayanımı nedeniyle uzun yıllardır tercih edilse de, içerdiği kurşun oranı ve yüksek yoğunluğu nedeniyle çevresel ve ekonomik açıdan çeşitli dezavantajlara sahiptir. PPS ise, yüksek sıcaklık dayanımı, kimyasal direnç, boyutsal kararlılık ve düşük nem emme gibi üstün özellikleriyle özellikle sıcak suyla temas eden sıhhi tesisat bileşenleri için uygun bir alternatif oluşturmaktadır.

5.2 Yöntem

Çalışma kapsamında, PPS malzemenin musluk iç gövde üretim sürecine entegrasyonu plastik enjeksiyon yöntemi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, PPS granülleri kullanılarak iç gövde parçalarının üretimi sağlanmış ve elde edilen numuneler üzerinde bir dizi deneysel test uygulanmıştır. Test sürecinde parçaların ölçüsel doğruluğu, yüzey pürüzlülüğü ve malzeme bütünlüğü gibi performans kriterleri değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen testler ile PPS' in su armatürü uygulamalarında gerekli teknik standartları sağlayabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, çalışmada PPS ve pirinç malzemeler; üretim adımları, üretim süresi, maliyet, çevresel etki ve teknik performans açısından karşılaştırmalı olarak analiz edilecektir. Bu analizler sonucunda, PPS' in parça başına daha düşük ağırlık sunması, kalıp yatırımı gerektiren üretimlerde maliyet avantajı sağlaması ve çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu katkılar sunması nedeniyle önemli avantajlar sağlayacağı beklenilmektedir.

5.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

İç gövde parçalarının yüzey kalitesini değerlendirmek amacıyla yüzey pürüzlülüğü testleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, yüzeyin mikro düzeydeki düzensizliklerini nicel olarak belirlemek için Mitutoyo Surftest SJ-410 taşınabilir profilometre cihazı kullanılmıştır. Cihaz, hassas algılayıcı ucu ile yüzey boyunca belirli bir mesafede tarama yaparak, yüzey profilini ölçmekte ve bu profil üzerinden Ra (ortalama pürüzlülük), Rz (maksimum dalga yüksekliği) ve Rt (maksimum profil yüksekliği) gibi pürüzlülük parametrelerini hesaplamaktadır. Ölçümler, ilgili yüzeylerin fonksiyonel performansına etki edecek bölgelerde ve ISO 4287 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen Ra değerleri, sızdırmazlık ve montaj yüzeylerinde hedeflenen tolerans aralıklarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiş; üretim sürecinin yüzey kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Şekil 14. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

5.2.2. Akustik Testi

Akustik testinin yapıldığı akustik testi deney odası Şekil 14’ te görüldüğü gibidir. Şekilde görülen TS EN ISO 3822 standardına uygun olan deney odası ve kullanılan cihazların teknik bilgileri Tablo 12’ de verilmiştir.



Şekil 15. Akustik Deney Odası

Tablo 12. Akustik deney odası ve cihaz bilgileri

Deney Odasının Hacmi	45m³
Deney Duvarının Alanı	10,1m²
Akustik Analizörü	Brüel Kjaer 2250
Mikrofon	Brüel Kjaer 4950
Debimetre	ABB COPA – XE -DE43F
Basınç Ölçer	ABB 265GS
Hidrolik Direnç	Z Sınıfı Hidrolik Direnç
Bağlantı Tipi	Esnek hortum bağlantılı

5.2.3. Debi Testi

Ölçüm, soğuktan sığağa daha sonra sıcaıktan soğuğa doğru karıştııcılı batarya tamamen açık durumda iken yapılmaktadır. Debi değerleri, EN ISO 3822-4'e göre sınıflandırılmaktadır. Yeni standartlara göre ayrı debi sınıfı tanımlanmakta ve bataryanın bu debi sınıflarından birisine girmesini istemektedir. Test ve ölçümlerin yapıldığı ortam Şekil 16' da gösterilmiştir.



Şekil 16. Debi testi

Ölçümler Tablo 13' te verilen değerlere göre ölçüm başlangıç ayarları sağlanmıştır.

Tablo 13. Ölçüm başlangıç ayarları

	Sıcaklık Değeri	Debi Değeri
Soğuk Su	15°C	3bar
Sıcak Su	65°C	3bar

5.2.4 Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi

Mevcut standartlarda tanımlı olmayan bu test için Şekil 17 'de verilen cihaz E.C.A. Valfsel Armatür A.Ş. tarafından üretilmiş olup Tablo 14' te verilen değer koşullarına göre ürünler ve parçaları test edilmektedir.



Şekil 17. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç test cihazı

Tablo 14. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç koşulları

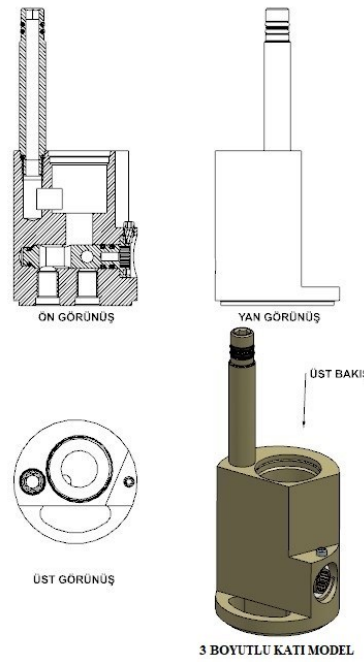
Basınç	Sıcaklık	Süre (dk)
10 bar	90°C	15
10 bar	75°C	30

5.3. Tasarım

Bu çalışmada alternatif malzeme olarak PPS kullanımı değerlendirilmeden önce, mevcut durumda su armatürü içerisinde kullanılan pirinç malzemeli iç gövde tasarımı incelenmiştir. Pirinç, özellikle yüksek dayanım, korozyon direnci ve işlenebilirlik özellikleri sayesinde uzun yıllardır su armatürü üretiminde tercih edilen geleneksel bir malzemedir.

Şekil 18’ de görülen iç gövde, pirinç malzemeye uygun olacak şekilde talaşlı imalat yöntemiyle üretilmek üzere tasarlanmıştır. Parçanın genel yapısı, içsel sıvı akışı yönlendirme işlevini yerine getirecek şekilde geometrik olarak optimize edilmiştir.

Bu tasarımın üç temel görünüşü (üstten, önden ve yandan) aşağıda sunulmuştur. Bu teknik görünüm, ilerleyen bölümlerde PPS ile yapılacak olan tasarımsal karşılaştırma için referans teşkil etmektedir.



Şekil 18. Pirinç iç gövde teknik çizim ve kesit görüntüleri

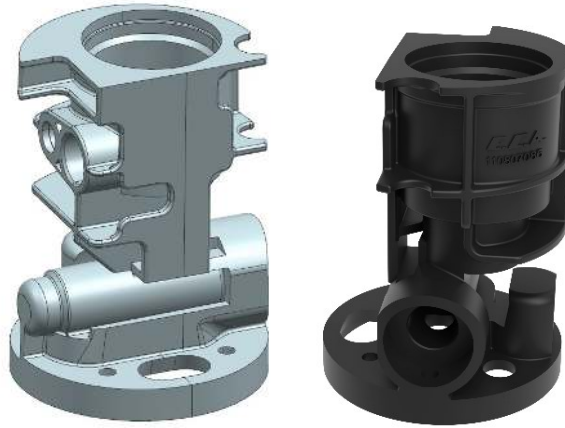
Parça, özellikle yüksek basınç ve sıcaklığa maruz kalan musluk sistemlerinin içerisinde uzun süreli kullanım için uygun olarak geliştirilmiştir. Ancak bu geleneksel tasarım, maliyet, yoğunluk ve çevresel etkiler bakımından bazı dezavantajlar da taşımaktadır. Bu nedenlerle, ilerleyen bölümlerde bu tasarımın PPS malzeme ile yeniden ele alınması değerlendirilmiştir.

5.4. Armatür İç Gövde Parçaları Tasarımı

Su armatürü iç gövde ve parçalarının tasarımı, geleneksel olarak kullanılan pirinç malzemeden mühendislik plastiği olan cam elyaf takviyeli PPS' e geçiş doğrultusunda yeniden ele alınmıştır. Bu çalışmada, mevcut pirinç iç gövde parçaları, aynı işlevselliği sağlayacak şekilde cam elyaf takviyeli PPS malzeme için yeniden tasarlanmıştır. Tasarım süreci Siemens Unigraphics NX programı üzerinden gerçekleştirilmiş olup, cam elyaf takviyeli PPS malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri göz önünde bulundurularak kapsamlı bir tasarım yapılmıştır. Pirinç malzemeye özgü duvar kalınlıkları ve işleme toleransları yerine, enjeksiyon kalıplama için optimize edilmiş ince duvar yapıları tercih edilmiştir. Malzeme yapısına uygun olarak bağlantı bölgeleri ve akış kanalları optimize edilmiş, keskin köşe geçişlerinden kaçınılarak kalıplanabilirlik artırılmıştır. Özellikle cam elyaf katkılı PPS-GF30 kullanımı sayesinde, yüksek sıcaklık ve basınca karşı dayanım sağlanırken, yapısal rijitlik korunmuştur. Tasarım süreci boyunca hem işlevsellik hem de üretilebilirlik dikkate alınarak parça, performans testlerinden geçmeye uygun şekilde son hâline getirilmiştir. Ayrıca metalden plastiğe geçişte karşılaşılabilecek montaj ve sızdırmazlık sorunlarını önleyecek şekilde gerekli yapısal düzenlemeler yapılmıştır.

5.4.1. İç Gövde Tasarımı

İç gövde parçası, su akış yolunu yönlendiren ve sistemin diğer elemanlarını barındıran ana taşıyıcı yapı olarak tasarlanmıştır. Pirinç malzemedan PPS' e geçiş sürecinde, malzeme özellikleri göz önüne alınarak model, Siemens NX ortamında yeniden yapılandırılmıştır. Yaklaşık olarak 47×47×62 mm boyutlarında olan bu parça, enjeksiyon kalıplamaya uygun duvar kalınlıkları (~2–2.5 mm) ile modellenmiş, köşeli yapılar yerini yumuşak geçişlere bırakmıştır. Yüzey alanı 20.659 mm², hacmi ise 22.597 mm³ olan bu gövde, PPS-GF30 ile üretilecek şekilde tasarlanarak yüksek sıcaklık ve basınca karşı dayanıklılık sağlanmıştır. Parçanın yüzeyinde suyun düzgün yönlendirilmesini sağlayan iç geçişler yer almakta, bağlantı bölgeleri ve montaj yüzeyleri yüksek hassasiyetli toleranslarla modellenmiştir. Ayrıca, karışım mili ve aktarım milinin bu gövde ile birlikte çalışmasını sağlayacak yuvalar, minimum sürtünme ve maksimum sızdırmazlık prensibine göre konumlandırılmıştır.



Şekil 19. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu iç gövde tasarımı görselleri

Tablo 15. İç gövde tasarımı teknik özellikler

Özellik	Değer
Parça Adı	İç Gövde
Malzeme	PPS-GF30 (Cam Elyaf Takviyeli Polifenilen Sülfid)
Üretim Yöntemi	Enjeksiyon Kalıplama
Boyutlar (X × Y × Z)	46.8 mm × 46.8 mm × 62.3 mm
Yüzey Alanı	20,659 mm ²
Hacim	22,597 mm ³
Ağ Detay Sayısı (Üçgen)	44,212 adet

5.4.2. Karışım Çubuğu Tasarımı

Karışım suyu aktarım mili, sıcak ve soğuk suyun istenilen oranlarda karıştırılmasının ardından yönlendirilmesini sağlayan ve sistem içindeki akışı kontrol eden elemandır. Yaklaşık olarak $23.8 \times 17.6 \times 72.5$ mm boyutlarında ve $4,053 \text{ mm}^3$ hacminde olan bu parça, pirinç yerine PPS-GF30 (cam elyaf takviyeli polifenilen sülfid) malzeme ile yeniden tasarlanmıştır. Enjeksiyon kalıplamaya uygun olarak geliştirilen model, Siemens NX ortamında detaylandırılmış ve içerisindeki sıvı geçiş kanalları, yüzey kalitesi yüksek olacak şekilde modellenmiştir. Parça, iç gövdeyle birlikte çalışacak şekilde hassas toleranslarla yerleştirilen geçmeli yüzeyler ve sızdırmazlık elemanı o-ring kanalları içermektedir. 8,474 adet üçgen yüzeyden oluşan 3D model, özellikle uzunlamasına silindirik yapıların yüksek hassasiyetle tanımlanmasını sağlamaktadır. Montaj esnasında aksel kaçıklık oluşmaması ve sızdırmazlık sağlanması amacıyla kılavuz tırnaklar ve destek yüzeyleri modele entegre edilmiştir.



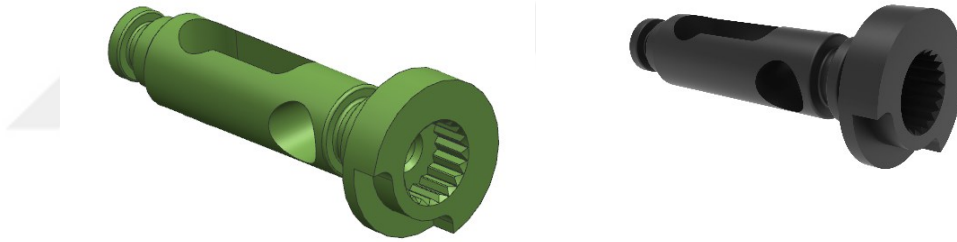
Şekil 20. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu karışım çubuğu tasarımı görselleri

Tablo 16. Karışım çubuğu tasarımı teknik özellikler

Özellik	Değer
Parça Adı	Karışım Suyu Aktarım Mili
Malzeme	PPS-GF30 (Cam Elyaf Takviyeli Polifenilen Sülfid)
Üretim Yöntemi	Enjeksiyon Kalıplama
Boyutlar (X × Y × Z)	23.8 mm × 17.6 mm × 72.5 mm
Yüzey Alanı	5,135 mm ²
Hacim	4,053 mm ³
Ağ Detay Sayısı (Üçgen)	8,474 adet

5.4.3. Karışım Mili Tasarımı

Karışım mili, iç gövde içerisinde sıcak ve soğuk suyun oranını mekanik olarak ayarlayan ana hareketli parçadır. Yaklaşık $15.7 \times 40.0 \times 15.6$ mm boyutlarında ve $1,701 \text{ mm}^3$ hacminde olan bu parça, pirinç yerine cam elyaf takviyeli PPS (GF30) malzeme ile yeniden tasarlanmıştır. Siemens NX ortamında oluşturulan model, düşük sürtünme katsayısı ve termal genleşme değerleri göz önünde bulundurularak enjeksiyon kalıplamaya uygun hale getirilmiştir. Silindirik yapılı gövde üzerinde, sızdırmazlığı sağlayacak O-ring yatakları ve yönlendirme kanalları modellenmiş, yüzey kalitesi enjeksiyon sonrası deformasyonu en aza indirecek şekilde optimize edilmiştir. Parçanın yüksek hassasiyet gerektiren bölümleri, iç gövdeyle uyumlu şekilde eş merkezli yerleştirilmiş, bağlantı yüzeylerinde minimum boşluk hedeflenmiştir. Modeldeki 6,340 üçgenlik ağ yoğunluğu, özellikle yuvarlak geçişlerde ve hassas silindirik bölgelerde yüksek yüzey doğruluğu sağlamaktadır.



Şekil 21. Siemens NX ortamında modellenmiş 3 boyutlu karışım mili tasarımı görselleri

Tablo 17. Karışım mili tasarımı teknik özellikler

Özellik	Değer
Parça Adı	Karışım Mili
Malzeme	PPS-GF30 (Cam Elyaf Takviyeli Polifenilen Sülfid)
Üretim Yöntemi	Enjeksiyon Kalıplama
Boyutlar (X × Y × Z)	15.7 mm × 40.0 mm × 15.6 mm
Yüzey Alanı	2,065 mm ²
Hacim	1,701 mm ³
Ağ Detay Sayısı (Üçgen)	6,340 adet

5.5. Pirinç Malzemeden Üretim Aşamaları

Pirinç iç gövde parçalarının hassas ölçülerde ve yüksek yüzey kalitesinde üretilmesi için Mazak CNC tezgâhlarında talaşlı imalat yöntemleri uygulanmaktadır. Üretim süreci, genellikle sıcak dövme ile ön şekli verilmiş pirinç yarı mamullerin çubuk formunda hazırlanmasıyla başlar. Bu çubuklar, otomatik çubuk besleme ünitesi aracılığıyla tezgâha alınır. Parça, flanş yüzeyi referans alınarak sıfırlama (zero setting) işlemi yapılır ve tüm boyutsal işlemler bu referansa göre gerçekleştirilir.

İlk işlem olarak, parçanın giriş yüzeyi yüzey tornalama (facing) ile düzeltilir. Bu adım, sonraki operasyonlar için düzgün bir düzlemsel referans yüzeyi oluşturur. Ardından, CNC torna operasyonları ile parçanın dış silindirik geometrisi ve varsa flanş detayları kademeli olarak işlenir. Bu aşamada, conta oturma yüzeyleri ve geçme bölgeleri, yüksek yüzey kalitesi hedefiyle (örn. $Ra \leq 1.6 \mu m$) işlenir.

Parçanın iç kanalları, merkezden itibaren matkap veya U-drill takımları ile delinerek oluşturulur. Kanalların çap ve derinlik toleransları, su akış yollarının düzgün ve kesintisiz olması için Mazak CNC tezgâhının yüksek tekrarlanabilirliği sayesinde hassas biçimde korunur. İç geometride çap geçişleri veya konik bölgeler varsa, bu bölgeler adım adım işlenerek talaş kaldırma miktarı ve yüzey kalitesi optimize edilir.

Gövde üzerindeki bağlantı noktaları için CNC kontrollü dış frezeleme veya kılavuz çekme işlemleri gerçekleştirilir. Böylece su tesisatı bağlantılarına uygun dış profilleri elde edilir. O-ring veya conta yuvaları gerekiyorsa, kanal açma takımları ile çap ve derinlik toleranslarına uygun yivler işlenir. Yan bağlantı delikleri, canlı takımlı Mazak CNC tezgâhında açılır; gerektiğinde havşa açma veya çapraz delik delme işlemleri de aynı bağlama içerisinde yapılır.

İşlem sırasının sonunda, tüm keskin kenarlar pah kırma (ör. C0.2–C0.5) işlemiyle yumuşatılır ve montaj kolaylığı ile kullanıcı güvenliği sağlanır. Delik ağzlarındaki çapaklar özel kesici uçlar ve takım yolları ile giderilir. Nihai parça, otomatik ölçüm ve kalite kontrol sürecinden geçirilir: boyutsal ölçümler dijital kumpas, master veya CMM ile; dış kontrolleri vida masterları ile; yüzey kalitesi ve görsel bütünlük ise optik denetim ile kontrol edilir.

Uygun bulunan parçalar, fonksiyonel bütünlüğü, sızdırmazlık performansını ve montaj uyumluluğunu sağlayacak şekilde bir sonraki üretim veya montaj aşamasına sevk edilir. Mazak CNC tezgâhlarının yüksek hassasiyet, otomasyon kabiliyeti ve işlem tekrarlanabilirliği, sürecin güvenilir ve seri üretime uygun şekilde yürütülmesine imkân tanımaktadır.



Şekil 22. Mazak CNC tezgahı

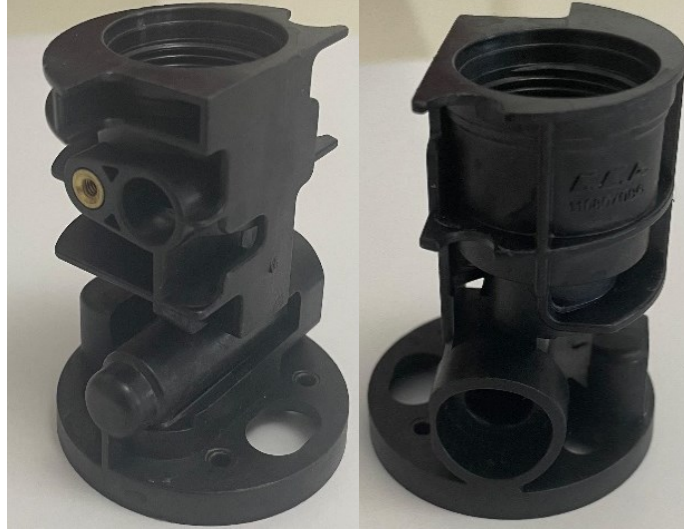
5.6. PPS Malzemedan Üretim Aşamaları

PPS (Polifenilen Sülfid) esaslı iç gövde parçalarının üretimi, yüksek sıcaklığa ve kimyasallara dayanıklı özellikleri nedeniyle enjeksiyon kalıplama yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, karmaşık geometrilere sahip termoplastik parçaların hassas ve seri şekilde üretilmesini mümkün kılmaktadır. İlk aşamada, PPS hammadde granülleri, kurutma ünitesinde yaklaşık 120–150°C sıcaklıkta ve 60 dakika sürede tutularak nemden arındırılır. Bu işlem, malzemenin kristal yapısının bozulmasını önlemek ve işleme sırasında oluşabilecek hataları engellemek amacıyla gerçekleştirilir.

Malzeme ihtiyacına göre, PPS'e %30 (GF30) veya %40 (GF40) oranında cam elyaf katkısı yapılarak mekanik dayanımı, boyutsal kararlılığı ve ısıl deformasyon direnci artırılır. Cam elyaf katkılı PPS kompozitler, özellikle sıcak suyla sürekli temas eden iç gövde gibi parçalarda termomekanik stabilite sağlamak açısından tercih edilmektedir.

Kurutulmuş PPS granülleri, vida tipi enjeksiyon makinesinin haznesine alınarak yaklaşık 300–330°C sıcaklıkta eritilir. Bu sıcaklık aralığı, PPS 'in eriyik akışkanlığını artırarak kalıp içindeki tüm detaylara ulaşmasını sağlar. Erimiş malzeme, yüksek basınç altında (genellikle 80–150 MPa) kalıp boşluğuna enjekte edilir. Kalıp, parçanın dış geometrisine tam olarak uygun olacak şekilde iki parçalı çelik yapıda tasarlanmıştır. Enjeksiyon sonrası kısa bir süre (tipik olarak 10–20 saniye) parça kalıp içinde soğutulur ve kristalize olmaya bırakılır. Soğutma işlemi, kalıp içerisindeki su kanallarıyla sağlanır. Soğutma süresinin etkin kontrolü, boyutsal kararlılık ve yüzey kalitesi açısından kritik önem taşımaktadır.

Parça soğuduktan sonra mekanik veya pnömatik iticiler yardımıyla kalıptan çıkarılır. Takiben, çapak oluşumunun önlenmesi amacıyla kenar bölgeler ve delik girişleri hafif çapak alma işlemlerine tabi tutulur. PPS iç gövde, doğrudan nihai ürün olarak kullanılabilirdiği gibi, gerektiğinde ek bağlantı detaylarının delinmesi, sızdırmazlık testlerinin yapılması veya montaj öncesi yüzey muayenelerinin gerçekleştirilmesi gibi ikincil işlemlere de alınabilir.



Şekil 23. PPS-GF30 malzemesinden üretilen iç gövde parçası



Şekil 24. PPS-GF30 malzemesinden üretilen karışım çubuğu parçası



Şekil 25. PPS-GF30 malzemesinden üretilen karışım mili parçası

6. DENEYSEL SONUÇLAR

6.1. İç Gövde Grubu Parçalarının İşlenme Kabiliyeti

PPS malzemeden tasarlanan iç gövde grubu parçaları olan iç gövde, karışım çubuğu ve karışım mili için plastik enjeksiyon yöntemiyle üretim yapılabilmesi amacıyla özel kalıplar tasarlanmış ve imal edilmiştir. Kalıp imalatları, yüksek ısı iletkenlik ve aşınma direnci gereksinimleri doğrultusunda genellikle P20, H13 veya benzeri sertleştirilebilir kalıp çelikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalıplarda, parça geometrilerine uygun olarak çoklu itici pimler, yüzeysel havalandırma kanalları ve sıkı toleranslı plaka yapıları uygulanmıştır. Ayrıca, PPS malzemenin yüksek kalıplama sıcaklıklarına (280–320°C) ihtiyaç duyması nedeniyle, kalıplarda etkili bir soğutma sistemi kurulmuştur. Bu sistem, kalıp içindeki sıcaklığı dengede tutmak için içten kanallı su soğutmalı devreler ile desteklenmiştir.

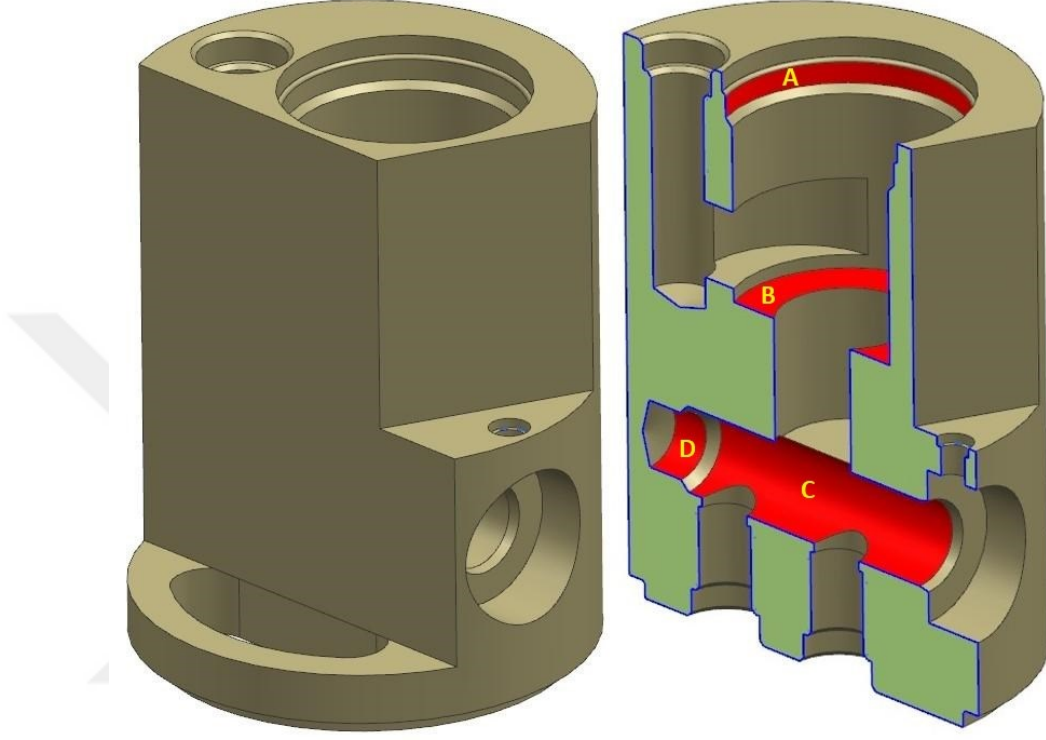
Kalıp üretimi ve ilk numune enjeksiyon işlemleri İspanya menşeli Citec firması tarafından gerçekleştirilmiş, ardından elde edilen numune parçalar tarafımıza iletilmiştir. Yapılan ön değerlendirmelerde, PPS malzemenin karmaşık iç gövde geometrilerinde enjeksiyon kalıplama açısından yüksek boyutsal doğruluk, yüzey kalitesi ve form tutarlılığı sağladığı gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, enjeksiyon yöntemiyle PPS malzemeden seri üretim yapılmasının teknik olarak mümkün ve uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.2. İç Gövde Grubunda Bulunan Parçaların Yüzey Pürüzlülükleri

Yüzey pürüzlülüğü testleri genellikle Ra (ortalama pürüzlülük), Rz (maksimum dalga yüksekliği), Rt (maksimum yükseklik) ve Rq (kök ortalama kare) gibi parametrelerle değerlendirilmektedir. Ra, evrensel olarak tanınan ve en yaygın kullanılan pürüzlülük parametresidir (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025). İç gövde grubu parçaları tasarımında iç gövde ve karışım milinin sızdırmazlık sağlayacak yüzeylerine ve döndürme hareketi yapacak karışım milinin yüzeylerine Ra değerleri verilmiştir.

6.2.1. Pirinç İç Gövde Parçası Yüzey Pürüzlülükleri

Pirinç malzemeden üretilen i gövde parçasının fonksiyonel performansını doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biri olan yüzey pürüzlülüğü lmleri Şekil 26’da verilen kırmızı işaretli yüzeyler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 26. Pirinç i gövde 3 boyutlu ve kesit görünümü

Ölçümler, Mitutoyo Surftest SJ-410 cihazı kullanılarak, ISO 4287 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Yüzeyler A, B, C ve D olarak işaretlenmiştir. lmleri yapabilmek için üretilen parça üzerinde Şekil 27’te verildiği gibi kesitler alınmıştır.



Şekil 27. Pirinç i gövde kesitleri

Ölçüm sonuçları Tablo 18’ de verilmiştir.

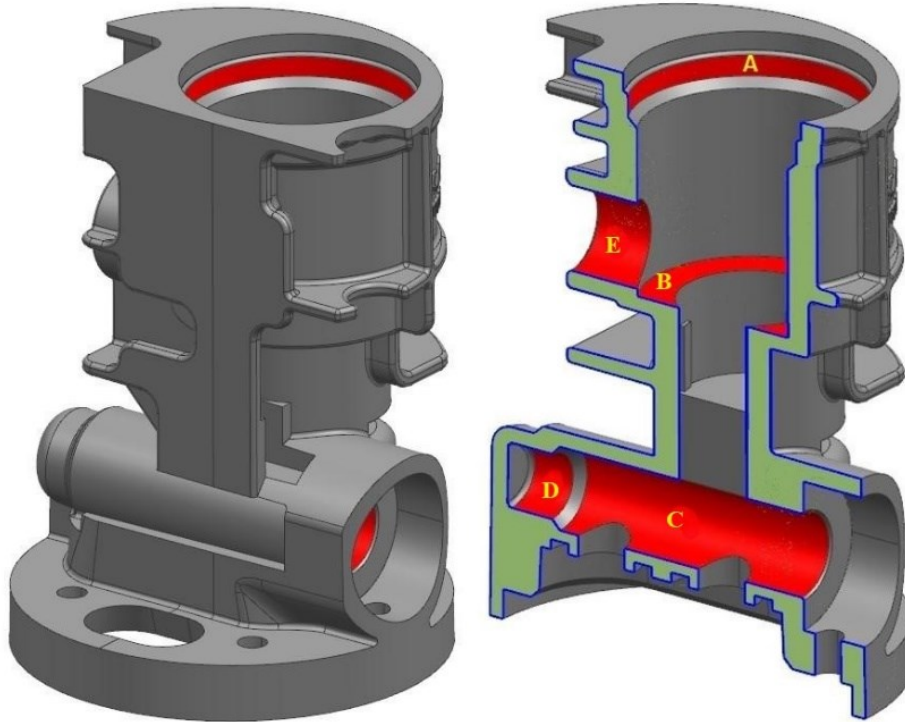
Tablo 18. Pirinç iç gövde yüzey pürüzlülüğü değerleri

Yüzey İşaret Bölgesi (Referans Değer)	Ölçülen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Sonuç
A (Ra=0.8 μm)	0.33 μm	0.33<0.8 ✓
B (Ra=0.8 μm)	0.67 μm	0.67<0.8 ✓
C (Ra=0.8 μm)	0.69 μm	0.69<0.8 ✓
D (Ra=0.8 μm)	0.63 μm	0.63<0.8 ✓

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında tüm yüzeyler Ra<0.8 μm olarak uygun gelmektedir.

6.2.2. PPS İç Gövde Parçası Yüzey Pürüzlülükleri

PPS GF30 kompozit malzemeden üretilen iç gövde parçasının fonksiyonel performansını doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biri olan yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Şekil 28’te verilen kırmızı işaretli yüzeyler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 28. PPS iç gövde 3 boyutlu ve kesit görünümü

Ölçüm sonuçları Tablo 19’ da verilmiştir.

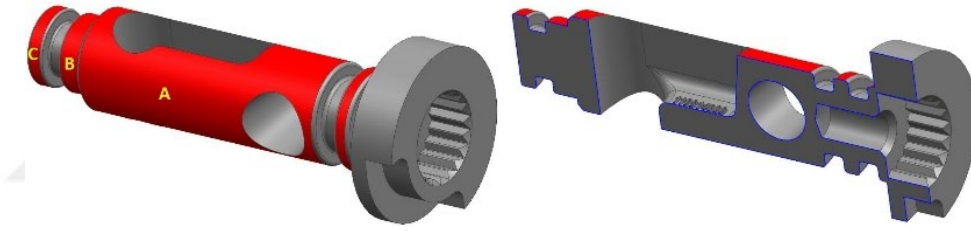
Tablo 19. PPS iç gövde yüzey pürüzlülüğü değerleri

Yüzey İşaret Bölgesi (Referans Değer)	Ölçülen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Sonuç
A (Ra=1.2 µm)	1.10 µm	1.10<1.2 ✓
B (Ra=0.4 µm)	0.20 µm	0.20<0.4 ✓
C (Ra=1.2 µm)	0.36 µm	0.36<1.2 ✓
D(Ra=0.8 µm)	0.58 µm	0.58<0.8 ✓
E (Ra=1.6 µm)	0.27 µm	0.27<1.6 ✓

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında tüm yüzeyler uygun gelmektedir.

6.2.3. PPS Karışım Mili Parçası Yüzey Pürüzlülükleri

PPS malzemeden üretilen karışım mili parçası yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Şekil 29’da verilen kırmızı işaretli yüzeyler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 29. PPS karışım mili 3 boyutlu ve kesit görünümü

Ölçüm sonuçları Tablo 20’ de verilmiştir.

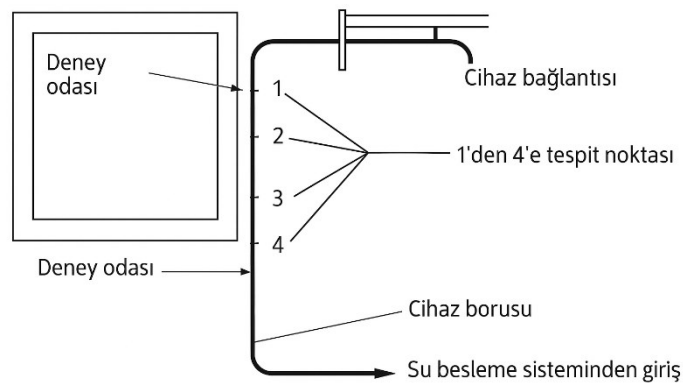
Tablo 20. PPS karışım mili yüzey pürüzlülüğü değerleri

Yüzey İşaret Bölgesi (Referans Değer)	Ölçülen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Sonuç
A (Ra=0.4 µm)	0.125 µm	0.125<0.4 ✓
B (Ra=0.4 µm)	0.129 µm	0.129<0.4 ✓
C (Ra=0.4 µm)	0.129 µm	0.129<0.4 ✓

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında tüm yüzeyler Ra<0.4 µm olarak uygun gelmektedir.

6.3. Fotoselli Lavabo Bataryası Akustik Değeri

Fotoselli lavabo bataryalarında özellikle akustik değ er önemlidir. Akustik bir ses bilimi olarak tanımlanır. Akustik bilimi, açık alan, kapalı alan, boru ve boru gibi birçok ortamda sesin yayılımı ile ilgilenir. Su tesisatında en önemli gürültü kaynakları armatür g r lt leridir (Tu  an,2019). Armat rden akan suyun oluşturduğu türbülans bir gürültüye sebep olmakta, bu da kullanıcıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu testler, su akışından kaynaklanan titreşimlerin ve seslerin değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir. Testler, yankısız veya düşük yansıtıcı özelliğe sahip bir odada gerçekleştirilir. Bataryanın  alı ması sırasında çıkan seslerin seviyesi (dB olarak) kaydedilir. TS EN ISO 3822-1 standardı, akustik ölçümünün yapılması için gereken bir akustik odasını ve bu odaya çekilecek tesisatın özelliklerini tanımlamaktadır. Deney yapılacak cihaz, odanın duvarına sabitlenmiş bir deney borusunun, bir başka deyişle su borusunun ucuna monte edilir. Duvar, deney duvarı, oda ise deney odası olarak isimlendirilir (Karabacaklar Bayramoğlu,  . 2025).



Şekil 30. Akustik deney odası şeması

Aletten üretilen gürültü, deney borusundan deney duvarına iletilir. Deney duvarından deney odasına doğru hava ile yayılan ses ölçülür. Farklı laboratuvarlarda mukayese edilebilir ölçmeler yapmak için aletten üretilen gürültü, kurulum gürültü standardından üretilen gürültü ile mukayese edilir. TS EN ISO 3822 standardı, tesis edilen düzenek vasıtasıyla musluk ve bataryaların gürültü seviyelerinin ölçülmesi ile ilgili şartları belirler. Yapılacak gürültü ölçümündeki su basıncı dinamik basınç olarak 3 bar; su sıcaklığı da en çok 25 ° C olmalıdır (Coşan, 2014). Bu standardına göre deney odası, en az 30 m³ hacminde olmalıdır.

Yeni kurulacak bir laboratuvar için yaklaşık 50 m³'lük bir hacim tavsiye edilmektedir. Deney odasının zıt iki yüzeyi arasındaki mesafe, en az 2,3 m olması gerekmektedir (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025).



Şekil 31. Akustik ölçüm odası ve deney borusu

Bu çalışmada, fotoselli lavabo bataryalarının üretiminde kullanılan pirinç iç gövde grubu ile, alternatif olarak seçilen mühendislik plastiği PPS malzemesinden üretilen iç gövde grubuna sahip bataryalar karşılaştırılmış; her iki malzeme türüyle üretilen bataryalar üzerinde akustik performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 32. Akustik deneyi

Tablo 21. Pirinç iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası akustik ölçüm değerleri

Ölçme Koşulları		0,3 MPa Akış Basıncı		
		Soğuk	Sıcak	Karışım
Max. Açık	Q (Debi) (l/dk)	4,8	4,5	3,8
Max. Ses Seviyesi	L _{ap} (Aletsel Ses Basınç Seviyesi)	7	6	9
Akustik Grubu	L _{ap} ≤ 20	Grup I		

Tablo 22. PPS GF30 iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası akustik ölçüm değerleri

Ölçme Koşulları		0,3 MPa Akış Basıncı		
		Soğuk	Sıcak	Karışım
Max. Açık	Q (Debi) (l/dk)	4,9	5,4	5,5
Max. Ses Seviyesi	L _{ap} (Aletsel Ses Basınç Seviyesi)	15	12	12
Akustik Grubu	L _{ap} ≤ 20	Grup I		

Elde edilen akustik ölçüm sonuçlarına göre, pirinç malzemeden üretilen iç gövde grubuna sahip bataryalarda soğuk, sıcak ve karışım su modlarında sırasıyla 7, 6 ve 9 dB(A) değerleri ölçülürken; PPS malzemeden üretilmiş bataryalarda bu değerler sırasıyla 15, 12 ve 12 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Pirincin yüksek yoğunluğu ve malzemenin ses iletimindeki düşük rezonans özellikleri, sesin yayılmasını ve titreşim kaynaklı akustiği azaltıcı bir rol oynamaktadır (Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. 2025). Buna karşın, PPS grubunun ise daha yüksek debi performansı ile öne çıktığı için akışkan geçişi sırasında daha fazla türbülans oluşturduğunu ve bunun sonucunda daha yüksek seviyede akustik enerji yayılımına neden olduğunu görülmektedir. Ancak her iki batarya grubu da TS EN ISO 3822 standardında belirtilen ve 20 dB(A)'nın altındaki değerlerle tanımlanan Akustik Grup I sınıflandırmasına uygunluk göstermektedir.

6.4. Fotoselli Lavabo Bataryası Debi Değeri

TS EN 15091 standardı, sıhhi tesisat armatürleri elektronik açılıp kapanan ürünler için geçerli bir standarttır. Bu standart ürünlerin tasarımı, üretimi, performansı, güvenliği ve debi kapasitesi için gereklilikleri belirler. Her bataryanın çeşidine uygun belirli bir debi aralığı mevcuttur. Bataryaların minimum debi değerlerine ulaşması, maksimum debi sınırını aşmaması gerekir. Bu değer, musluğun belirli bir su basıncı altında kaç litre su verdiğini tanımlar. Ölçüm, litre/dakika (l/dk) biriminde yapılır. Debi testleri genellikle 3 bar (0.3 MPa) statik su basıncında yapılır.

Pirinç iç gövdeli fotoselli lavabo bataryası için yapılan ölçümlere göre; L_{ap} : 9 dB olduğu için mamulün akustik grubu: Grup I'dır. Debi değerleri ile bakıldığında işaretleme I/S olarak yapılmalıdır.

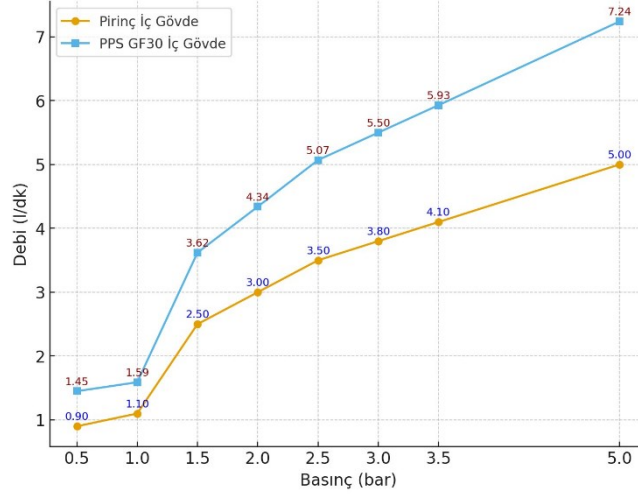
Tablo 23. Pirinç iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası debi ölçüm değerleri

Basınç (bar)	Debi Değeri (l/dk)
0.5	< 1,0
1.0	1,1
1.5	2,5
2.0	3,0
2.5	3,5
3.0	3,8
3.5	4,1
5.0	5,0

PPS GF30 iç gövdeli fotoselli lavabo bataryası için yapılan ölçümlere göre; L_{ap} : 15 dB olduğu için mamulün akustik grubu: Grup I'dır. Debi değerleri ile bakıldığında işaretleme I/S olarak yapılmalıdır.

Tablo 24. PPS GF30 iç gövde gruplu fotoselli lavabo bataryası debi ölçüm değerleri

Basınç (bar)	Debi Değeri (l/dk)
0.5	1.45
1.0	1.59
1.5	3.62
2.0	4.34
2.5	5.07
3.0	5.5
3.5	5.93
5.0	7.24



Şekil 33. Pirinç ve PPS GF30 iç gövdeleri basınç-debi karşılaştırılması

Yapılan debi ölçümleri karşılaştırıldığında PPS iç gövdeli bataryanın daha yüksek su akışı sağladığı gözlemlenmiştir. Özellikle 3,0 bar basınç altında pirinç iç gövdeli bataryada debi değeri 3,8 l/dk iken, PPS GF30 iç gövdeli bataryada bu değer 5,5 l/dk olarak ölçülmüştür. Debi değerinin artması PPS GF30 kompozit malzeme ile üretilen iç gövde parçalarının tasarlanması sırasında pirinç iç gövdeye göre daha fazla suyun geçeceği alanın artması sağlanarak debi değeri arttırılmıştır.

6.5. Yüksek Basınç ve 90°C Sıcak Su Testi

PPS malzemeden üretilmiş plastik iç gövde grubuna sahip mamuller üzerinde uygulanan bu test, herhangi bir standart prosedüre dayanmamakta olup özel test koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Numuneler, 90 °C sıcaklıktaki su ve 10 bar dinamik basınç altında 1 saat süreyle teste tabi tutulmuştur. Uygulamada, 15 dakikalık test süresinin yeterli olacağı öngörülse de daha kapsamlı değerlendirme yapılabilmesi adına süre 1 saate çıkarılmıştır. Test sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda laboratuvar görüşü ve önerileri Şekil 34’ te sunulmaktadır.

Laboratuvar Görüş ve Önerileri Laboratory Opinions and Suggestions

- : - Numune 0,5, 3 ve 5 bar dinamik su basınçları ile beslenerek su akışı yapılmış olup herhangi bir sızıntı veya deformasyon görülmemiştir.
- Numuneden 1 saat boyunca 90 °C sıcaklıkta, 10 bar dinamik basınçta su akıtılmış olup herhangi bir sızıntı veya deformasyon görülmemiştir.

Şekil 34. Yüksek basınç ve 90°C sıcak su testi laboratuvar görüş ve önerileri

6.6. Karşılaştırma

Pirinç ve PPS GF30 malzemeden üretilen iç gövde parçaları, farklı üretim teknikleri gerektirmekte olup bu yöntemler, hem proses yapısı hem de üretim verimliliği açısından önemli farklılıklar göstermektedir. Pirinç malzeme ile üretilen iç gövde parçaları genellikle sıcak dövme yöntemiyle şekillendirilmekte ve ardından CNC otomat tezgâhlarında çok kademeli talaşlı imalat süreçlerine tabi tutulmaktadır. Bu süreçte dış çap tornalama, iç kanal delme, dış açma ve conta yuvası oluşturma gibi işlemler birden fazla takım ile ardışık olarak gerçekleştirilir. Bu yöntem yüksek mekanik dayanım sağlasa da üretim süresi uzun ve talaş israfı fazladır. Öte yandan, PPS GF30 kompozit malzeme ile üretilen iç gövde parçaları enjeksiyon kalıplama yöntemiyle, özellikle iki gözlü kalıplar kullanılarak, daha kısa çevrim süresi ve daha az enerji tüketimiyle seri şekilde üretilebilmektedir. PPS GF30 enjeksiyon süreci, termoplastiklerin şekillendirilmesine özgü olarak eritme, kalıplama ve soğutma aşamalarından oluşmakta ve herhangi bir son işlem gerektirmeden boyutsal olarak kararlı ürünler elde edilebilmektedir. Bu yönüyle bakıldığında, pirinç üretiminde mekanik işleme kabiliyeti ve dayanım ön plandayken, PPS GF30 kompozit malzeme ile yapılan üretimde ise üretim hızı, malzeme verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörler öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, her iki üretim yöntemi de kendi malzeme özelliklerine göre optimize edilmiş olup, üretim stratejilerinin belirlenmesinde bu farklılıkların dikkate alınması gerekmektedir.

6.6.1. PPS ve Pirinç Malzemenin İmalat Süreçleri

Pirinç ve PPS malzemeler, kimyasal bileşimleri ve üretim teknikleri bakımından tamamen farklı endüstriyel süreçlerle elde edilmektedir.

Pirinç (Cu-Zn alaşımı), başlıca bakır ve çinko metallerinin ergitilerek belirli oranlarda karıştırılması yoluyla üretilen bir metal alaşımdır. İmalat süreci, cevherden çıkarılan saf bakır ve çinkonun yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 900–1000°C) ergitilmesi, ardından alaşım oranına göre karıştırılması ile başlar. Oluşan ergimiş pirinç, sürekli döküm yöntemiyle külçe veya çubuk formunda katılaştırılır. Katılaştıran yarı mamuller, daha sonra sıcak veya soğuk haddeleme, ekstrüzyon ya da dövme gibi plastik şekil verme işlemlerine tabi tutularak istenen boyutsal forma getirilir. Nihai kullanım alanına göre pirincin kimyasal bileşimi (örneğin alüminyumlu, kurşunlu veya silisyumlu pirinç türleri) ve mekanik özellikleri özelleştirilebilir.

PPS (Polifenilen Sülfid) ise tamamen sentetik yollarla elde edilen bir mühendislik termoplastiğidir. PPS üretimi, genellikle sodyum sülfür ile p-diklorobenzenin yüksek sıcaklık ve basınç altında polimerizasyonu yoluyla gerçekleştirilir. Bu süreç, inert atmosfer altında gerçekleşen yoğunlaştırma reaksiyonları ile lineer PPS zincirlerinin oluşmasıyla başlar. Oluşan ham polimer, ardından ekstrüder sistemlerinde eritilerek granül (pellet) formuna dönüştürülür. Bu granüller, nihai ürünlerin şekillendirilmesinde enjeksiyon kalıplama veya ekstrüzyon gibi yöntemlerle kullanıma hazır hâle getirilir. PPS üretim sürecinde nem kontrolü, kristal yapı düzenlenmesi ve katkı malzemeleri ile (örneğin cam elyaf takviyesi) özelleştirme gibi adımlar da kritik rol oynamaktadır.

Bu iki malzemenin üretim süreçleri arasındaki temel fark, pirincin metalürjik, PPS'in ise kimyasal polimerizasyon esasına dayanmasıdır. Bu fark, sadece hammadde temininde değil, üretim hattı tasarımı, enerji gereksinimi ve çevresel etki açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Tablo 25. Pirinç ve PPS malzeme imalat süreci karşılaştırılması

Üretim Aşaması	Pirinç	PPS GF30
Hammadde Temini	Bakır ve Çinko Cevherleri	Petrokimyasal Türevler
Birincil İşleme	Ergitme ve Alaşım Hazırlığı	Polimerizasyon Reaksiyonu
Şekil Verme Yöntemi	Haddeleme, Dövme, Ekstrüzyon	Ekstrüzyon ve Granül Üretimi
Son Ürün Formu	Çubuk / Levha / Tel	Granül (pellet) formu
Enerji Tüketimi	Yüksek (fırın ve ergitme işlemleri)	Orta (kimyasal işlem ve ekstrüzyon)
Çevresel Etki	Cevher çıkarımı ve yüksek karbon salımı	Kimyasal proses kaynaklı kontrollü emisyon

6.6.2. Malzeme Karşılaştırılması

PPS ve pirinç, su armatürü bileşenlerinin üretiminde kullanılan ancak kimyasal yapı, fiziksel özellikler ve çevresel etkiler açısından birbirinden oldukça farklı iki malzemedir. Pirinç, metal esaslı bir alaşım olup yüksek mekanik dayanım, iyi işlenebilirlik ve sızdırmazlık uygulamalarında güvenilirlik sunmasıyla öne çıkar. Ancak yüksek yoğunluğu ($\sim 8.4 \text{ g/cm}^3$), talaşlı imalat sırasında oluşan malzeme kaybı ve cevher bazlı üretimin yüksek enerji gereksinimi gibi dezavantajları bulunmaktadır. PPS ise yarı kristalin yapıda, kimyasal dirençli ve ısıya dayanıklı bir mühendislik termoplastiğidir. Düşük yoğunluğu ($\sim 1.35 \text{ g/cm}^3$) sayesinde parça ağırlığını ciddi oranda azaltmakta ve enjeksiyon kalıplama ile minimum atıkla seri üretime olanak tanımaktadır. Ayrıca PPS, içme suyu ile temas eden uygulamalarda düşük ekstrakte edilebilirlik ve stabil termal performans gibi sağlık açısından kritik avantajlara sahiptir. Buna karşın, darbe dayanımı metal malzemelere kıyasla düşüktür ve sıcaklık artışları karşısında boyutsal deformasyon riski mevcuttur. Bu yönleriyle değerlendirildiğinde, pirinç daha geleneksel ve dayanıklı bir çözüm sunarken; PPS, hafiflik, üretim verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi modern mühendislik beklentilerine daha iyi yanıt vermektedir.

Tablo 26. PPS ve pirinç malzeme özellikleri tablosu

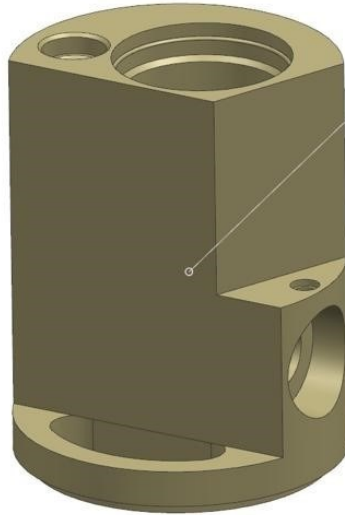
Özellik	Pirinç	PPS
Malzeme Türü	Metal alaşımı (Cu-Zn)	Yarı kristalin termoplastik
Yoğunluk (g/cm^3)	~ 8.4	~ 1.35
Mekanik Dayanım	Yüksek	Orta – Yüksek (takviyeli ise daha iyi)
Kimyasal Direnç	Orta	Çok yüksek
İşlenebilirlik	Talaşlı imalata uygun	Enjeksiyon kalıplama ile şekillenir
Üretim Enerji Tüketimi	Yüksek (ergitme gerektirir)	Orta (kimyasal sentez ve eritme)
Geri Dönüştürülebilirlik	Yüksek (metal hurda geri kazanımı)	Kısıtlı (termoplastik olarak tekrar şekillendirilebilir)
Ekstrakte Edilebilirlik	Orta – kontrol gerektirir	Düşük – içme suyu onaylıdır
Çevresel Sürdürülebilirlik	Düşük	Orta – Düşük atık ve daha hafif

6.6.3. PPS GF30 ve Pirinç İç Gövde Grubu Tasarımlarının Geometrik Karşılaştırması

Bu çalışmada, su armatürlerinde kullanılan iç gövde grubu, karışım çubuğu ve karışım mili olmak üzere toplam üç parçanın, pirinç ve PPS GF30 malzemelerle tasarlanmış halleri geometrik özellikler açısından karşılaştırılmıştır. Her iki malzeme türü için aynı işlevi görecektir şekilde modellenen parçalar Siemens NX yazılımından alınan verilere göre değerlendirilmiştir. İç gövde grubu ve parçalarının geometrik özellikleri Tablo 27’de verilmiştir.

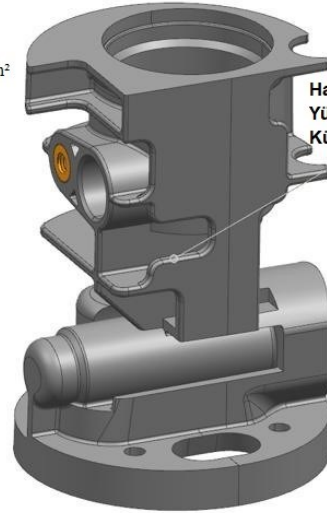
Tablo 27. PPS ve Pirinç Malzemelerin Karşılaştırmalı Geometrik Özellikleri

Parça Adı	Malzeme	Hacim (cm ³)	Yüzey Alanı (cm ²)	Kütle (g)
İç Gövde	Pirinç	51,92	161,76	436,6
İç Gövde	PPS GF30	22,32	210,81	30,13
Karışım Çubuğu	Pirinç	2,64	26,48	20,7
Karışım Çubuğu	PPS GF30	4,05	51,35	5,47
Karışım Mili	Pirinç	1,67	21,88	14,1
Karışım Mili	PPS GF30	1,70	20,65	2,30
TOPLAM	Pirinç	56,23	210,12	471,4
TOPLAM	PPS GF30	28,07	282,81	37,9



Hacim : 51,92cm³
Yüzey Alanı : 161,76cm²
Kütle : 436,6 g

İç Gövde Grubu - Pirinç



Hacim : 22,32cm³
Yüzey Alanı : 210,81cm²
Kütle : 30,13 g

İç Gövde Grubu - PPS

Şekil 35. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan iç gövde grubu



Şekil 36. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan karışım çubuğu



Şekil 37. Pirinç ve PPS malzemeden tasarlanan karışım mili

Elde edilen sonuçlara göre pirinçten tasarlanan parçaların toplam kütlesi 471,4 gram iken, PPS malzeme ile tasarlanan karışıkklarının toplam kütlesi 37,9 gramdır. Bu durum, %91,96 oranında bir ağırlık azalması sağlandığını göstermektedir. Toplam hacim değerleri karşılaştırıldığında, pirinç parçalarda 56,23 cm³, PPS parçalarda ise 28,07 cm³ hacim ölçülmüş ve bu da %50,1 oranında bir hacim iyileştirmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca, PPS parçalar 282,81 cm² toplam yüzey alanına sahipken, pirinç parçalar 210,12 cm² yüzey alanı sunmaktadır. Bu da %34,6 oranında bir yüzey alanı artışı anlamına gelir.

Bu sonuçlar, PPS GF30 kompozit malzemesi ile daha detaylı ve karmaşık yüzey geometrilerinin tasarlanabilir olduğunu ve üretim açısından daha esnek formların mümkün hale geldiğini göstermektedir. Sonuç olarak, PPS GF30 kompozit malzemenin kullanımı yalnızca parçaların toplam ağırlığını ciddi oranda azaltmakla kalmamış, aynı zamanda daha kompakt ve detaylı tasarımların da mümkün hale gelmesini sağlamıştır. Bu bulgular, PPS GF30 gibi cam elyaf takviyeli mühendislik plastiklerinin geleneksel pirinç malzemenin yerine geçebilecek potansiyele sahip olduğunu, özellikle de hafiflik, üretim verimliliği ve tasarım esnekliği gibi kriterlerin ön planda olduğu uygulamalarda önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

6.6.4. Maliyet Süreçleri

PPS GF30 ve pirinç malzemelerin üretim süreçleri, hammadde temininden nihai ürüne kadar farklı kaynak girdileri ve enerji gereksinimleri nedeniyle maliyet açısından önemli farklılıklar göstermektedir. Pirinç üretimi, cevher bazlı metalürjik işlemleri içerdiği için yüksek sıcaklıkta ergitme, alaşım hazırlığı ve mekanik şekillendirme aşamalarında yoğun enerji tüketimi gerektirir. Ayrıca, talaşlı imalatla şekillendirme sırasında oluşan malzeme kaybı, işçilik süresi ve takım aşınmaları toplam üretim maliyetini artırmaktadır. Buna karşın, PPS GF30 kompozit malzemesinin kimyasal sentez yoluyla elde edilmekte olup granül formda doğrudan enjeksiyon kalıplama için kullanılabilir. Enjeksiyon kalıplama süreci, kısa çevrim süresi ve otomasyon kolaylığı sayesinde işçilik maliyetlerini düşürmekte, ayrıca talaş oluşmadığı için malzeme verimliliği artırılmaktadır. Bununla birlikte, PPS hammaddesinin kilogram başına maliyeti, pirince kıyasla daha yüksektir; bu nedenle PPS kullanımı, ancak yüksek üretim hacmi ve uzun vadeli ürün performansının gerekli olduğu durumlarda ekonomik avantaj sağlayabilmektedir. Sonuç olarak, düşük hacimli ve yüksek dayanım gerektiren uygulamalarda pirinç daha uygun maliyetli bir seçenektir; yüksek adetli, hassas geometrili ve düşük atıklı üretimlerde PPS daha verimli bir alternatif sunmaktadır.

Tablo 28. Pirinç ve PPS maliyet karşılaştırması

Maliyet Kalemi	Pirinç	PPS
Birim Hammadde Maliyeti (TL/kg)	150	250
İşleme Maliyeti (TL/adet)	12,5	6
Enerji Tüketimi (kWh/adet)	2,8	1,6
Fire Oranı (%)	18	3
Toplam Üretim Süresi (dk/adet)	7,5	2,2

Firma ERP sistemi (SAP) üzerinden elde edilen maliyet verileri, PPS malzemenin pirinç malzemeye kıyasla iç gövde ve yardımcı bileşenlerin üretiminde önemli düzeyde maliyet avantajı sağladığını ortaya koymaktadır. Hesaplamalara göre, pirinç malzemedan üretilen iç gövdenin birim maliyeti 378,23 TL iken, aynı parça PPS malzeme ile yalnızca 56,07 TL maliyetle üretilebilmektedir. Bu durum, PPS malzeme kullanımıyla iç gövde üretiminde yaklaşık %85,18 oranında bir maliyet tasarrufu sağlandığını göstermektedir. Benzer şekilde, karışım çubuğu bileşeni için pirinç malzeme ile maliyet 23,23 TL iken, PPS malzeme kullanımı bu değeri 8,88 TL'ye düşürmekte ve %61,76 oranında bir avantaj sunmaktadır. Karışım mili bileşeninde ise pirinç malzeme ile oluşan 59,49 TL birim maliyet, PPS ile 9,34 TL'ye kadar gerilemekte; bu da %84,30 oranında maliyet avantajı anlamına gelmektedir. Pirinç malzemedan oluşan grubun toplam birim maliyeti 460,95 TL iken PPS malzemedan oluşan grubun maliyeti 74,29 TL'ye düşmekte; dolayısıyla sistem düzeyinde %83,88 oranında toplam maliyet indirimi elde edilmektedir. Tüm bu karşılaştırmalar, PPS malzemenin hem ana gövde hem de yardımcı parçalar açısından üretim ekonomisine ciddi katkılar sağladığını göstermekte ve yüksek hacimli üretimlerde bu farkın toplam üretim maliyetleri üzerinde belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 29. Pirinç ve PPS parçaların maliyet karşılaştırması

Parça Adı	Pirinç Maliyeti (TL)	PPS Maliyeti (TL)	Maliyet Avantajı (%)
İç Gövde	378,23	56,07	85,18
Karışım Çubuğu	23,23	8,88	61,77
Karışım Mili	59,49	9,34	84,3
Toplam	460,95	74,29	83,88

Özellikle en yüksek maliyet kalemi olan iç gövde parçasında %85,18 oranında maliyet düşüşü sağlanması, PPS malzemenin büyük hacimli ve kompleks parçalar için ekonomik açıdan ne denli avantajlı olduğunu göstermektedir.

PPS' in enjeksiyon kalıplama gibi yüksek verimli üretim tekniklerine uygunluğu ve düşük özgül ağırlığı sayesinde, sadece hammadde giderlerinde değil, aynı zamanda üretim sürecinde de enerji ve zaman tasarrufu elde edilmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlar, PPS malzemenin teknik performans kriterlerinin yanı sıra maliyet etkinliği açısından da pirinç malzemeye alternatif olarak değerlendirilebileceğini güçlü bir şekilde desteklemektedir.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, fotoselli lavabo bataryalarında kullanılan iç gövde parçalarının üretiminde geleneksel pirinç malzeme yerine Polifenilen Sülfid (PPS) malzemesinin kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. PPS esaslı parçalar enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş, ardından fotoselli armatür sistemine entegre edilerek akustik performans, debi, yüzey pürüzlülüğü ve yüksek sıcaklık-basınç testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular, PPS malzemenin hem üretilebilirlik hem de fonksiyonel performans açısından başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

- Fotoselli armatürlerin genel yapısında, temas gerektirmeyen kullanım, hijyen ve su tasarrufu gibi unsurlar ön plandadır. Bu tür sistemlerde kullanılan malzemenin yalnızca mekanik değil, aynı zamanda sensör ve valf gruplarıyla uyumlu şekilde çalışması gerekmektedir. PPS ile üretilen iç gövde parçalarının, solenoid valf sistemleriyle tam uyum içinde çalıştığı gözlemlenmiştir; sistemin otomatik açma-kapama işlevlerinde herhangi bir gecikme, sızıntı veya akustik sapma tespit edilmemiştir. Bu bulgu, PPS malzemenin yalnızca geleneksel armatürlerde değil, yeni nesil fotoselli sistemlerde de güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

- Maliyet yönünden değerlendirildiğinde, PPS hammaddesinin birim fiyatının düşük olması ve enjeksiyon sürecinin yüksek üretim adetlerine uygunluğu, pirinç malzemeye kıyasla önemli bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca üretim süresinin kısalığı ve enerji tüketiminin düşüklüğü, sürdürülebilir üretim hedefleriyle de örtüşmektedir. Bununla birlikte, kalıp yatırım maliyetleri ilk etapta daha yüksek olsa da uzun vadede birim maliyetlerin azalacağı öngörülmektedir.

- Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde, PPS parçaların işleme sonrası elde ettiği Ra değerlerinin, pirinç parçalarla aynı seviyede veya daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, sızdırmazlık, akış düzeni ve hijyen açısından kritik olan iç gövde geometrilerinde PPS' in kullanılabilirliğini pekiştirmektedir.

- Fotoselli armatürlerin su tasarrufu sağlaması, kullanıcı ergonomisine katkı sunması ve özellikle pandemi sonrası dönemde hijyen avantajları ile öne çıkması, bu alandaki malzeme seçimini daha da kritik hale getirmiştir. Bu bağlamda PPS gibi yüksek performanslı mühendislik plastikleri, sadece üretim kolaylığı ve maliyet avantajı sunmakla kalmamakta, aynı zamanda kullanıcı deneyimi, hijyen ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da katkı sağlamaktadır.

- PPS malzeme, yalnızca üretim aşamasında enerji verimliliği sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda daha düşük karbon ayak izi bırakmaktadır. Metal esaslı üretimlerde yüksek sıcaklıkta döküm, talaş kaldırma ve kaplama gibi işlemler enerji yoğun süreçlerdir. PPS' in enjeksiyonla şekillendirilebilmesi, üretim sırasında çevreye salınan sera gazı miktarını düşürmektedir. Ayrıca PPS, termoplastik bir malzeme olması sayesinde belirli oranlarda geri dönüştürülebilmekte, bu da çevre dostu üretim politikaları açısından avantaj sunmaktadır. Kurşun içermemesi ve atık yönetiminde toksik risk taşımaması, PPS' i çevresel sürdürülebilirlik açısından güçlü bir alternatif hâline getirmektedir.

-İçme suyu ile doğrudan temas eden uygulamalarda malzeme seçimi yapılırken, yalnızca mekanik ve kimyasal performans değil, insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, geleneksel olarak kullanılan pirinç alaşımlarının içerdiği kurşun oranı, zamanla suya sızarak sağlık açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir. Özellikle çocuklar ve yaşlı bireyler için kurşun maruziyeti; nörotoksik etkiler, gelişim bozuklukları ve kardiyovasküler problemler gibi birçok olumsuz sonuca yol açabilmektedir. PPS malzeme ise kimyasal olarak inert yapısı, düşük migrasyon oranı ve içme suyu ile temasa uygunluk açısından NSF/ANSI 61, WRAS, FDA gibi uluslararası sağlık ve hijyen standartlarıyla uyumlu olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada kullanılan PPS hammaddesi, sertifikalı içme suyu uygulamaları için formüle edilmiş olup, üretim sonrası elde edilen numunelerde koku, tat değişimi veya suya geçen zararlı bir bileşen tespit edilmemiştir. Bu özellikleri sayesinde PPS, iç gövde gibi suyla sürekli temas hâlindeki bileşenlerde sadece teknik yeterliliğiyle değil, insan sağlığına olan güvenli katkısıyla da öne çıkmaktadır.

- PPS malzemenin önemli avantajlarından biri de yüksek elektriksel yalıtkanlık değerine sahip olmasıdır. Bu özellik, özellikle fotoselli armatür sistemlerinde bulunan kızılötesi sensörler ve selenoid valf gibi düşük voltajlı elektronik bileşenlerin güvenli çalışması açısından büyük önem taşımaktadır. PPS, olası bir elektrik kaçağında akımı iletmez ve elektriği suya aktarma riski taşımaz. Bu yönüyle hem kullanıcı güvenliği sağlanmakta hem de sistemdeki elektronik kart ve kontrol ünitesi gibi bileşenlerin arızalanma riski azaltılmaktadır. Geleneksel pirinç gibi iletken malzemelerin aksine, PPS su-elektrik temasına karşı pasif güvenlik katmanı görevi görmektedir. Bu durum, özellikle kamusal alanlarda yaygın olarak kullanılan fotoselli sistemlerde kritik bir avantaj sunar.

Sonuç olarak, PPS GF30 kompozit malzeme ile üretilmiş parçaların, fotoselli lavabo bataryalarında fonksiyonel ve yapısal olarak başarılı şekilde çalıştığı, alternatif bir iç gövde çözümü sunduğu deneysel olarak doğrulanmıştır.

8. ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında PPS malzeme ile üretilen iç gövde parçalarının mekanik, akustik, termal ve hidrolik performansları detaylı testlerle değerlendirilmiş ve pirinç malzeme ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, gelecekte yapılacak çalışmalar ve endüstriyel uygulamalar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Uzun süreli yaşlandırma testleri yapılmalıdır, PPS malzeme kısa süreli sıcaklık, basınç ve debi testlerinde başarı göstermiştir. Ancak, uzun vadeli hidrotermal yaşlanma, sıcak-soğuk çevrim testleri, UV ışıyım dayanımı ve kimyasal etkileşim gibi çevresel etkiler altında performans kaybı incelenmeli, yaşam ömrü tahminleri yapılmalıdır.

- Cam veya karbon elyaf takviyeli PPS alternatiflerinin değerlendirilmesi kapsamında PPS'nin saf formu yerine GF (glass fiber) ya da CF (carbon fiber) katkılı versiyonları kullanılarak hem mekanik dayanım hem de boyutsal kararlılık artırılabilir. Bu tür kompozitlerin içme suyu uygulamalarına uygunluğu da hijyen ve migrasyon testleriyle desteklenmelidir.

- Farklı armatür parçalarına uyarlabilirlik incelenmelidir, bu çalışmada PPS malzeme yalnızca iç gövde grubu parçaları için uygulanmıştır. Ancak, fotoselli armatürlerde yer alan gövde, perlatör grubu, valf yuvaları ve bağlantı parçaları gibi diğer bileşenlerin de PPS veya benzeri insan sağlığına zararı olmayan mühendislik plastikleri ile üretilmesi, sistemin genel performansı ve çevresel etkileri açısından incelenmelidir.

- Armatürlerin dış gövdeleri, yani doğrudan görünen yüzeylerde yer alan parçaların PPS malzeme veya belirlenmiş diğer mühendislik plastiklerinden tasarlanarak üretilmesi; bu gövdeler üzerinde başta krom kaplama olmak üzere paslanmaz çelik görünümlü, PVD altın görünümlü, mat siyah ve mat beyaz kaplama gibi çeşitli yüzey kaplama uygulamalarının uygulanabilirliğinin araştırılması önerilmektedir.

9. KAYNAK

Erol, İ. (2019). Armatürlerde Ni/Cr kaplama kalınlığının korozyon dayanımına etkisi (Yüksek lisans tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi).

Simsir, H., & Eryürek, B. (2020). Evaluation of corrosion resistance of lead-free brasses for drinking water installations. *Journal of Materials Processing Technology*, 282, 116643.

Monka, P. P., Monkova, K., Pantazopoulos, G., Toulfatzis, A. I., & Papadopoulou, S. (2023). Evaluation of the machinability of CW614N brass alloy. *Procedia Structural Integrity*, 51, 57–61.

Davis, J. R. (2001). *Copper and Copper Alloys*. ASM International.

Pahlavanpour, B., & Riedel, H. (2020). Understanding the corrosion-resistant properties of heat-treated brass alloys. *Plumbing & Mechanical Engineer*.

Cheng, P. Y., Kao, H. W., & Hsieh, T. K. (2014). Influence of lead content on the mechanical properties of brass alloys. *Journal of Materials Science and Engineering A*, 590(1), 59–65.

Güder, F., Bayram, A., & Gültekin, F. (2021). Microstructure and mechanical properties of lead-free brass alloys. *Materials Science and Engineering A*, 803, 140651.

Rout, S. K., Pandey, P., & Sahu, S. (2012). High temperature oxidation and corrosion of copper-based alloys. *Journal of Materials Science & Technology*, 28(7), 670–680.

Sharma, S., & Soni, M. (2015). A study on the mechanical properties of brass alloys in high-stress conditions. *International Journal of Advanced Materials Research*, 14(2), 85–91.

Zhang, Z., Cheng, Y., & Wu, H. (2011). Study of corrosion behavior of brass alloys in seawater. *Corrosion Science*, 53(9), 2957–2964.

Esatoğlu, L. (2018). Elyaf takviyeli PPS kompozitlerinin sürtünme ve aşınma karakterizasyonu (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Kewekordes, T., Wille, S., & Kern, M. (2018). Wear of polyetherketoneketones: Influence of titanium dioxide content and antagonistic material. *Dental Materials*, 34(3), 560–567.

Odian, G.G., Principles of polymerization, Wiley-Interscience, 2004.

Long, A. C. (Ed.). (2007). Composites forming technologies. Woodhead Publishing.

Sinha, S. K. (2009). Tribology of polymers and their composites: Environmental effects. Indian Institute of Technology Kanpur.

Pelto-Huikko, A., Salonen, N., & Latva, M. (2015). Dezincification of faucets with different brass alloys. Journal of Materials in Civil Engineering, 27(6), 04014185.

Amery, L., Tobiasson, J., & Kumpel, E. (2023). Water lead levels in Massachusetts schools and early education and childcare facilities. AWWA Water Science, 5(5), e1358.

Mens, J., De Jee, A., Friction and wear behavior of 18 polymers in contact with steel in environments of air and water. Wear 149, 255-268, 1991.)

Chen, Z., Liu, X., Li, T., Friction and wear mechanisms of PA6/PPS blend reinforced with carbon fiber, Journal of applied polymer science, Vol. 105, 602-608, 2007.

Campo, E. A. (2008). Selection of Polymeric Materials. William Andrew Publishing, 103-140. ISBN 9780815515517.

Nohara, L., Nohara, E., Moura, A., Gonçalves, J., & Rezende, M. (2006). Study of Crystallization Behavior of Poly(phenylene sulfide).

Kızıl, A. (2019). Doğal Mineral ve Elyaf Takviyeli Poli(Fenilen Sülfid) Matrisli Kompozitlerin Üretimi ve Özelliklerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 576692.

Montagna, L. S., Kondo, M. Y., Callisaya, E. S., Mello, C., Souza, B. R., Lemes, A. P., Botelho, E. C., Costa, M. L., Alves, M. C. S., Ribeiro, M. V., Rezende, M. C. (2022). A review on research, application, processing, and recycling of PPS based materials. Polímeros Ciência e Tecnologia, 32(1), e2022005

Ece KALAYCI*, Osman Ozan AVİNÇ, Arzu YAVAŞ, Polifenilen Sülfid (PPS) Lifleri, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2016) 88-103

Kishore, V., Chen, X., Hassen, A. A., Lindahl, J., Kunc, V., & Duty, C. (2020). Post-process annealing of large-scale 3D printed polyphenylene sulfide composites. *Additive Manufacturing*, 32, 101-110.

Fitzharris, E. R., Watt, I., Rosen, D. W., & Shofner, M. L. (2018). Interlayer bonding improvement of material extrusion parts with polyphenylene sulfide using the Taguchi method. *Additive Manufacturing*, 24, 287–297.

Wang, W.-J., et al. Hydrothermal aging of short glass fiber reinforced polyphenylene sulfide composites and property prediction. *Polymer Degradation and Stability*, 217, 110503 (2023).

Dedeakayoğulları, T., & Kaçal, C. (2020). İmalat teknolojileri ve uygulamaları. *İmalat Teknolojileri ve Uygulamaları*, 1(1), 1-12.

Gómez, C., & Pérez-Lombard, L. (2020). Environmental performance of water-saving technologies in buildings: A case study of sensor taps. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101938.

Lee, S., Kim, H., & Park, J. (2021). Intelligent water-saving systems in public facilities: A review on sensor-based tap technologies. *Journal of Building Engineering*, 35, 102047.

Shen, Y., Zhang, Y., & Wang, H. (2019). Hygienic and environmental benefits of touchless faucets in hospital settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2111.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2018). *WaterSense at Work: Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities*.

World Health Organization (WHO). (2020). *Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19: Interim guidance*.

Karabacaklar Bayramoğlu, Ö. (2025). 3D metal yazıcı ile üretilebilen armatür tasarımı ve karakterizasyonu (Yüksek lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon ve İmalat Programı). Manisa, Türkiye.

Mark, H.F., Geylord, N. G.: "Polymer Science", Encyclopedia of Polymer Science and Technology, U.S.A., 2, (1988) 332-357.

Yıldırım, K.; Aydın, N.; Çelikkilek, A.; Güçer, Ş.: "Kaliteli Yaşam İçin Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları"; Kimya Teknolojileri, 17 (2002) 25-35.

Kohan, M.I. "Nylon Plastics Handbook", Verlag, Munich (1995) 5-45.

Ghosh, M. K. (2011). High Performance Polymers: Their Origin and Development. Springer.

Zhao, L., Zhang, X., & Huang, Y. (2017). Development of high-performance PPS materials for fluid handling systems. Materials Science Forum, 898, 112–118.

Kim, S., & Park, J. (2020). Evaluation of hydrothermal stability and mechanical properties of PPS composites for plumbing applications. Polymer Testing, 85, 106430. (2016).

ISO 21003-1: Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings — Part 1: General. International Organization for Standardization.

Chen, Y., Liu, H., & Wang, J. (2021). Performance analysis of engineering plastics in potable water systems: A sustainable material approach. Journal of Applied Polymer Science, 138(7), 4951–4962.

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2020). Food contact substances notification.

European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of the European Union.

Kurt Pelen, Ö. (2025). Polieter eter keton (PEEK) esaslı polimer kompozitlerin hazırlanması ve özelliklerinin geliştirilmesi.

Rezaei Ansaroudi, N. (2020). hBN ve MWCNT katkılı PA66/cam nanokompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi.

Hearle, J. W. S., & Morton, W. E. (2008). Physical properties of textile fibres (4th ed., pp. 65–72). Woodhead Publishing (Elsevier).

Zuo, P., Tcharkhtchi, A., Shirinbayan, M., Fitoussi, J., & Bakir, F. (2019). Overall investigation of poly(phenylene sulfide) from synthesis and process to applications—a review. *Macromolecular Materials and Engineering*, 304(5), 1800686.

Taşyürek, K. (2023). Karbon elyaf takviyeli polifenilen sülfür termoplastik kompozit malzemenin grafen ve çinko borat ile kaplanarak alev geciktirici özelliğinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı).

Panda, A. K., Singh, R. K., & Mishra, D. K. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 233–248.