

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**DÜŞEY AÇIKLIKLI TERSİP BENTLERİNİN TUZAKLAMA
KAPASİTESİNİN İNCELENMESİ**

İBRAHİM AD

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Nuray GEDİK (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Emel İRTEM
Dr. Öğr. Üyesi Didem YILMAZER

BALIKESİR, NİSAN - 2025

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Düsey Açıklıklı Tersip Bentlerinin Tuzaklama Kapasitesinin İncelenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

İbrahim AD

ÖZET

**DÜŞEY AÇIKLIKLI TERSİP BENTLERİNİN TUZAKLAMA KAPASİTESİNİN
İNCELEMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İBRAHİM AD
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NURAY GEDİK)
BALIKESİR, NİSAN - 2025**

Tersip bentleri, taşkın afetinin kontrol edilebilmesi için inşa edilen çok önemli yapılardan biridir. Ancak klasik tersip bentleri, taşkın havzasında bulunan ve afet anında sürüklenmeye başlayan odunsu malzemeyi tutma konusunda çok etkili olmamaktadır. Odunsu malzeme suyun yüzeyinde hareket etmekte olduğundan, tersip bentlerinin üzerinden kolayca aşarak mansabında bulunan köprü ve menfez gibi yapıları tıkararak taşkın zararının artmasına sebep olmaktadır. Geçirgen tersip bentleri, belli boyutlardaki malzemeyi yakalamayı, daha küçük boyutlardaki malzemeyi ise geçirmeyi sağlayan yapılardır ve odunsu malzemeyi tuzaklamakta da etkilidirler. Ancak yoğun miktarda gelen odunsu malzeme kısa sürede geçirgen tersip bentlerini tıkararak klasik tersip bendi gibi davranmasına sebep olmakta bu yapıyı ana işlevinden uzaklaştırmaktadır. Bu çalışmanın amacı geçirgen tersip bentlerindeki odunsu malzemeyi tuzaklamak için literatürde bulunan bentlerin tuzaklama kapasitelerini deneysel olarak karşılaştırmaktır. Bu amaçla iki farklı geçirgen tersip bendinin tuzaklama kapasitesi deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan bentlerden biri ayaklı geçirgen tip bent olup, diğeri aynı açıklık genişliklerine sahip olacak şekilde V şeklinde tasarlanmıştır. Düşük debi değerleri ile odunsu malzeme miktarlarında ayaklı geçirgen tip bendinin, yüksek debi değerleri ile odunsu malzeme miktarında V şeklindeki geçirgen tersip bendinin tuzaklama oranının daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha sonra yapılacak çalışmalarda farklı tipte tersip bentleri, farklı uzunluk ve açıdaki V tipi tersip bendi ile çalışmalar yapılması ve deneysel çalışmaların sayısal modellerle karşılaştırılması önerilmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Düşey açıklıklı tersip bendi, deneysel çalışma, taşkın, odunsu malzeme, tuzaklama kapasitesi

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE TRAPPING CAPACITY OF VERTICAL SLIT CHECK DAMS

MSC THESIS

IBRAHİM AD

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NURAY GEDİK)

BALIKESİR, APRIL - 2025

Check dams are one of the most important structures constructed to control flood disasters. However, classical check dams are not very effective in retaining the woody material in the flood basin which starts to drift during the disaster. Since the woody material is moving on the surface of the water, it easily overflows over the check dams and blocks the structures such as bridges and culverts in the downstream and causes the damage of the flood to increase. Open check dams are structures that allow the capture of material of certain sizes and the passage of material of smaller sizes, and they are also effective in trapping woody material. However, large amounts of woody material can clog the open check dams in a short time and cause it to behave like a classical check dam, distracting this structure from its main function. The study is to experimentally compare the trapping capacities of different check dams found in the literature for trapping woody materials in open check dams. For this purpose, the trapping capacity of two different open check dams was experimentally investigated. One of the check dams used in the study is a slit-type open check dam, and the other is designed in a V-shape with the same opening widths. It was observed that the trapping rate of the slit-type open check dam was higher at low discharge values and low woody material amounts, while the trapping rate of the V-shaped open check dam was higher at high discharge values and larger amounts of woody material. Future studies are recommended to investigate different types of check dams, V-shaped check dams with varying lengths and angles, and to compare experimental results with numerical models.

KEYWORDS: Vertical slit check dam, experimental study, flood, woody material, trapping capacity

Science Code / Codes : 91133, 91134

Page Number : 53

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Taşkın Koruma Yapıları	2
1.1.1 İslah Sekileri.....	3
1.1.2 Taban Kuşakları ve Britler	3
1.1.3 Tersip Bentleri.....	5
1.1.3.1 Yapımında Kullanılan Malzemeye Göre Tersip Bentleri.....	6
1.1.3.1.1 Kargir, Beton ve Betonarme Tersip Bentleri	6
1.1.3.1.2 Toprak Tersip bentleri	8
1.1.3.1.3 Tel Kafes (Fildöfer) Tersip bentleri.....	8
1.1.3.2 Depoladıkları Malzemeye Göre Tersip Bentleri	9
1.2 Çalışmanın Amacı.....	12
2. LİTERATÜR TARAMASI	13
3. YÖNTEM	19
3.1 Model Teorisi.....	19
3.2 Hidrolik Model Çalışmaları	19
3.3 Geçirgen Tersip Bendi Modelleri	22
3.4 Odunsu Malzeme Özellikleri	23
3.5 Deney Programı	23
4. BULGULAR	27
4.1 Birinci Grup Deney Sonuçları (Q_{m50} Debisi).....	27
4.2 İkinci Grup Deney Sonuçları (Q_{m500} Debisi)	34
4.3 Üçüncü Grup Deney Sonuçları (Karışım Senaryoları)	43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
6. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Türkiye’de 1940-2023 arası meteorolojik afetlerin yıllık dağılımları.....	1
Şekil 1.2: Türkiye’de 2023 yılındaki şiddetli yağış/sel afetinin illere göre dağılımı	2
Şekil 1.3: Kademeli ıslah sekileri.....	3
Şekil 1.4: Taban kuşakları.....	4
Şekil 1.5: Britler.....	4
Şekil 1.6: Tersip bendi.....	5
Şekil 1.7: Kargir tersip bendi.....	6
Şekil 1.8: Kargir Tersip bendinde yatay hatlı uygulaması.....	7
Şekil 1.9: Beton tersip bendi ve düşü havuzu.....	7
Şekil 1.10: Toprak gövdeli tersip bendi.....	8
Şekil 1.11: Tel kafes tersip bendi.....	9
Şekil 1.12: Tel kafes tersip bendi yapım süreci	9
Şekil 1.13: a-f geçirgen tersip bendi, g moloz bariyeri, h çelik bariyer.....	11
Şekil 1.14: Güneysu Deresi üzerinde yapılmış geçirgen tersip bentleri.....	12
Şekil 3.1: Deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	20
Şekil 3.2: Deney düzeneğinin plan ve yan görünüşü	20
Şekil 3.3: Deney düzeneğinin fotoğrafları.....	21
Şekil 3.4: Tersip bendi modelleri.....	22
Şekil 3.5: Tersip bendi modelinin deney düzeneğine bağlanması.....	22
Şekil 3.6: Odunsu malzemeler.....	23
Şekil 3.7: Deney kayıtlarından örnekler.....	25
Şekil 4.1: 6 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	29
Şekil 4.2: 8 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	29
Şekil 4.3: 9.5 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	30
Şekil 4.4: 6 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	30
Şekil 4.5: 9 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	31
Şekil 4.6: 12 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	31
Şekil 4.7: 30 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	32
Şekil 4.8: 60 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	32
Şekil 4.9: 100 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	33
Şekil 4.10: Bütün odunsu malzemeler için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	33
Şekil 4.11: Bütün odunsu malzemeler için su yüksekliği karşılaştırması.....	34
Şekil 4.12: 6 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	37
Şekil 4.13: 8 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	37
Şekil 4.14: 9.5 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	38
Şekil 4.15: 6 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	38
Şekil 4.16: 9 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	39
Şekil 4.17: 12 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	39
Şekil 4.18: 30 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	40
Şekil 4.19: 60 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	40
Şekil 4.20: 100 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	41
Şekil 4.21: Bütün odunsu malzemeler için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	41
Şekil 4.22: Bütün odunsu malzemeler için su yüksekliği karşılaştırması.....	42
Şekil 4.23: Üçüncü grup deneyler için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	44
Şekil 4.24: Üçüncü grup deneyler için memba su yüksekliği karşılaştırması.....	44

Şekil 4.25: Her deney grubu için tuzaklama oranı karşılaştırması.....	45
Şekil 4.26: Her deney grubu için memba su yükseklikleri karşılaştırması.	45
Şekil 4.27: Odunsu malzemenin Bent-1'in üzerinden aşması.	46
Şekil 4.28: Bent-2'nin odunsu malzemeyi tuzaklaması.	46

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Projelendirilen geçirgen tersip bentleri.	11
Tablo 3.1: Odunsu malzeme miktarı.	23
Tablo 3.2: Ilıca deresi yinelemeli taşkın debileri.	24
Tablo 3.3: Deney matrisi.	25
Tablo 3.4: Deney senaryoları.....	26
Tablo 4.1: Bent-1'e ait deney sonuçları (Q_{m50}).	27
Tablo 4.2: Bent-2'ye ait deney sonuçları (Q_{m50}).	28
Tablo 4.3: Bent-1'e ait deney sonuçları (Q_{m500}).	35
Tablo 4.4: Bent-2'ye ait deney sonuçları (Q_{m500}).	36
Tablo 4.5: Bent-1'e ait karışım senaryosu deney sonuçları.....	43
Tablo 4.6: Bent-2'ye ait karışım senaryosu deney sonuçları.....	43

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca her daim yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Nuray GEDİK'e,

Tezime Jüri olarak yaptığı katkıları sebebiyle Prof. Dr. Emel İRTEM ile Dr. Öğr. Üyesi Didem YILMAZER'e,

Tez sürecinde karşılaştığım bütün zorlukları aşmak için elinden gelen her türlü desteği sunan Doç. Dr. Altuğ YAVAŞ'a,

Hep yanımda olan ve gerek teorik, gerek deney sürecinde, gerekse insani açıdan elinden gelen her türlü fedakârlığı yapan, yüksek lisans arkadaşım İsmail Furkan ÇİĞDEM'e,

Deney düzeneğinin tasarım ve imalatı başta olmak üzere malzeme, ekipman ve teknik anlamda her türlü desteği sunan değerli arkadaşım Ahmet KUŞÇUOĞLU ve MK Makina Konveyör Mer. İt.İh. Paz. San. Tic. Ltd. Şti.'nin yöneticisi İlker KARANFİL'e,

Tezim boyunca bana her türlü desteği sunan, beni sürekli motive eden ve gerektiğinde akademik olarak da eleştiri ve görüşlerini paylaşan kıymetli eşim Dr. Öğr. Üyesi Vahide Nilay KIRTAK AD'a sonsuz teşekkürler.

Ve canım kızlarım Asya ve Aslı... Bu tezi size ve annenize ithaf ediyorum. İyi ki varsınız.

Balıkesir, 2025

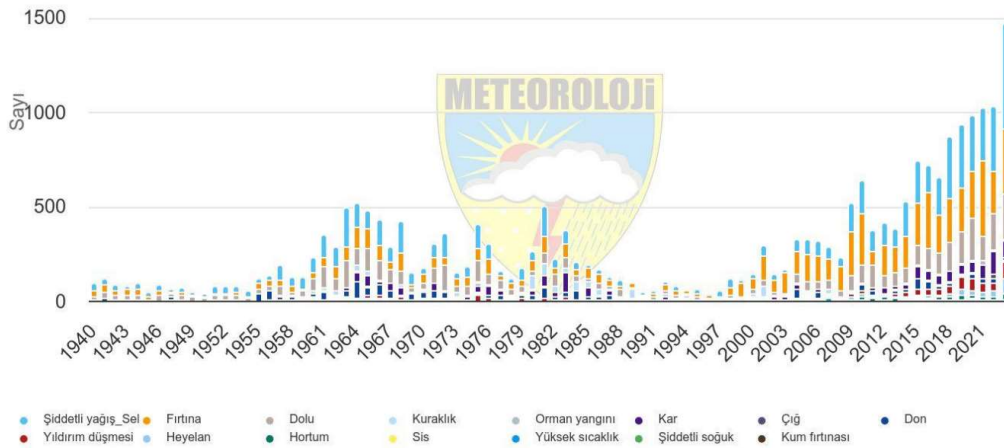
İbrahim AD

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar, deprem, taşkın, fırtına gibi doğal afetler can ve mal kayıplarına sebep olmuş olup, birçok toplumda ekonomik ve sosyal izler bırakmışlardır. Geçmişte meteorolojik kaynaklı afetlere daha az rastlanırken, günümüzde nüfus artışı, kontrolsüz yapılaşma, elverişsiz tarım uygulamaları, ormanların tahrip edilmesi, küresel ısınma gibi sebeplerden ötürü hızla artmaktadır (Yaşar Korkanç ve Korkanç, 2006).

Nüfusun hızla artması yerleşim yerlerinin plansız bir şekilde artmasına sebep olmuş, bilinçsizce yapılan inşaatlar sonucunda ormanlar tahrip edilerek toprak; beton veya asfaltla kaplanmıştır. Bu da topraktaki sızma oranını düşürerek hızlı ve ani yağışların hemen akışa geçmesine ve dere yataklarının taşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca ormanların tahrip edilmesi heyelan olaylarının da artmasına sebep olmaktadır. Bu konuda ABD’de yapılan araştırmaya bir göre; içine yol yapılmış olan ormanlık alanlarda, yol yapılmayan alanlara göre 315 kez fazla heyelan meydana geldiği görülmektedir (Aytemur, 2021).

2023 yılında dünyada meydana gelen doğal afet sayısı son 20 yıllık ortalamanın üzerindeyken, Türkiye’de 1940 yılından bu yana en yüksek değer olarak kayda geçmiştir. Özellikle 2000’li yıllara kadar düzensiz bir profil çizen taşkın sayılarında, 2000’li yıllardan sonra belirgin bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 1.1). Bu afetlerin meydana gelme sıklığı olarak da en büyük oranın aşırı yağış kaynaklı sev ve taşkın olayları olduğu görülmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü-MGM, 2024).



Şekil 1.1: Türkiye’de 1940-2023 arası meteorolojik afetlerin yıllık dağılımları (MGM, 2024).

kuşakları ve britler olarak sınıflandırılabilir. Yine dere yataklarının ıslah edilmesi, düzenlenmesi ve taşkın koruma duvarları yapılması da taşkının dere yatağının içerisine hapsedmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.1.1 Islah Sekileri

Islah sekileri, derelerde taban eğimini düşürerek suyun sürüklenme gücünü düşürerek hızını azaltmayı amaçlayan ve dere eksenine dik olarak inşa edilen yapılardır. Tek yapılabildiği gibi kademeli olarak da yapılabilmektedir (Şekil 1.3). Islah sekileri yapıldıktan sonra dere yatağından gelen su sekiye çarparak enerjisi düşer ve taşıdığı sürüntü malzemelerini rezervuarında biriktirir. Rezervuarında biriktirdikleri malzeme ile dere yatağının eğimini düşürür, büyük boyutlu malzemeyi durdurur ve heyelan riski olan yamaçları destekler. Beton, kargir, tel kafes (fildöfer), toprak, ahşap gibi birçok farklı malzemeden yapılabilmektedir. Malzeme seçiminde projenin debileri, bölgedeki malzeme ve ekonomik kriterler rol almaktadır (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.3: Kademeli ıslah sekileri (DSİ, 2019).

1.1.2 Taban Kuşakları ve Britler

Taban kuşakları hareketli malzemeyi durdurmak, oyulmaları engellemek ve dere eğimini dengelemek için yapılan yapılardır (Şekil 1.4). Aynı zamanda daha önce birikmiş olan

sedimentin mansaba taşınmasını da önlerler. Yükseklikleri çok düşük olan bu yapılar dere eğimine dik olarak inşa edilirler. Britler de taban kuşaklarına çok benzeyen yapılar olmalarına rağmen sediment sorunu olmayan yerlerde, sadece taban oyulmalarını engellemek için inşa edilirler (Şekil 1.5) (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.4: Taban kuşakları (DSİ, 2019).



Şekil 1.5: Britler (DSİ, 2019).

1.1.3 Tersip Bentleri

Fazla miktarda sediment taşıyan akarsularda, sedimenti mansaba ilemeden tutmaya çalışan ve dere eksenine dik olarak yapılan yapılara tersip bendi denir (Şekil 1.6). Suyla sürüklenen malzeme, suyun bende çarpmasıyla çökelir ve rezervuarda birikir. Tersip bentlerinin asıl işlevi koruyucu nitelikte olmakla birlikte suyun enerjisini kırma, dere yatağı eğimini azaltma gibi ıslah sekisine benzer görevler de yapmaktadır. Tersip bentlerinin rezervuarı dolduğunda ana işlevini yerine getiremeyip ıslah sekisi olarak çalışmaya devam eder. Bu sebeple rezervuardaki malzemeler düzenli olarak boşaltılmalıdır (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.6: Tersip bendi (DSİ, 2019).

Tersip bentleri suda asılı duran ya da suyla birlikte sürüklenen sedimenti yakalama konusunda son derece başarılıdır. Ancak yukarı havzanın ağaçlık olması durumunda dere yatağına inen odunsu malzemeyi yakalama konusunda verimli değildir. Çünkü odunsu malzeme suyun yüzeyinde hareket eder ve suyun bende çarpma anında yüzeyde kalmaya devam eder. Daha sonra bendin üzerinden aşarak mansapta bulunan köprü ve menfez gibi yapıları tıkayarak taşkınlara sebep olabilir.

Tersip bentleri yapımında kullanılan malzemeye ya da depoladıkları malzemeye göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (DSİ, 2019).

1.1.3.1 Yapımında Kullanılan Malzemeye Göre Tersip Bentleri

1.1.3.1.1 Kargir, Beton ve Betonarme Tersip Bentleri

Kargir tersip bentleri, hem estetik hem de ekolojik olarak en uygun tersip bentleridir (Şekil 1.7). Tersip bendinin inşa edileceği vadi çok geniş olmadığı ve yakınlarda uygun kaya malzeme bulunduğu tercih edilirler. Aşınmaya karşı son derece dayanıklıdırlar. Ancak belirli bir yükseklikten sonra stabiliteyi arttırmak için yatay hatıllar atılması gerekebilir (Şekil 1.8). Hatıllar atılırken beton prizini almadan üzerindeki taşların yerleştirilmesi, soğuk derz olmaması açısından önemlidir. Soğuk derz oluşursa, hatıl betonu ile taşlar arasında yeterince sürtünme oluşmayacağı için tersip bendi blok halinde devrilebilir (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.7: Kargir tersip bendi (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.8: Kargir tersip bendinde yatay hatlı uygulaması (DSİ, 2019).

Kaya malzeme bulunmaması ya da ekonomik olmaması durumunda beton tersip bentleri tercih edilmektedir (Şekil 1.9). Beton ya da kargir tersip bentleri yapılırken, savaktan aşan suyun bendin mansabında oluşturacağı oyulmayı engellemek için mutlaka düşü havuzu yapılmalıdır. Bu düşü havuzları da yine kargir ya da beton malzemeyle yapılabilir.



Şekil 1.9: Beton tersip bendi ve düşü havuzu (DSİ, 2019).

1.1.3.1.2 Toprak Tersip bentleri

Tersip bendi yapılacak vadinin geniş olması, kaya-beton malzeme bulunmaması veya nakliyesinin pahalı olması gibi sebeplerden dolayı toprak gövdeli tersip bentleri de yapılabilmektedir. Toprak bentlerde savak ve düşü havuzu yine beton ya da kargir yapılmalıdır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Toprak gövdeli tersip bendi (Dinçsoy, 2008).

1.1.3.1.3 Tel Kafes (Fildöfer) Tersip bentleri

İçine kaya doldurulan tel kafeslerin üst üste konulmasıyla oluşturulan modüler tersip bentleridir (Şekil 1.11). Genellikle kum ve çimento temininin zor olduğu bölgelerde uygulanır. Kaya malzemeleri birbirine bağlayan şey etrafındaki tel kafestir (sandık) (Şekil 1.12). Özellikle iri malzeme taşıyan derelerde çok çabuk zarar görebilirler ve tamirleri zordur. Bu sebeple genellikle acil olarak yapılması gereken yerlerde geçici bir bent tipidir (DSİ, 2019).



Şekil 1.11: Tel kafes tersip bendi (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1.12: Tel Kafes tersip bendi yapım süreci (Dinçsoy, 2008).

1.1.3.2 Depoladıkları Malzemeye Göre Tersip Bentleri

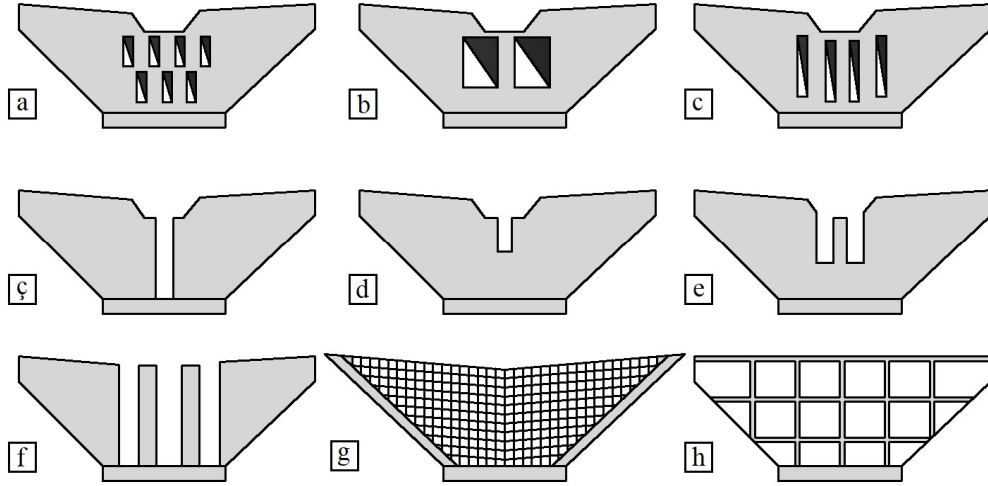
Klasik tersip bentlerinin rezervuarı taşkın anında her türlü rüsubatın tutulması sebebiyle hızlıca dolabilmektedirler. Bu da mansapta sorun teşkil etmeyen rüsubatın da tutularak, yıkıcı etkiye sahip odunsu malzeme ya da büyük kaya parçalarının mansaba geçmesine sebep olabilmektedir. Bu tür kaba malzemeler taşkın esnasında mansapta bulunan köprü ve

menfezleri tıkayarak ve yerleşim yerlerine zarar vermektedir. Bu sebeple bu tür kaba malzemelerin akarsuyun daha üst kotlarında tutulması için geçirgen (süzücü) tersip bentleri inşa edilmektedir.

Klasik tersip bentlerinin odunsu malzemeyi tuzaklayamamasından dolayı son yıllarda dünyada demir profilli ızgaralı veya beton ayaklara sahip geçirgen tersip bentleri tercih edilmeye başlanmıştır. Geçirgen tersip bentleri, büyük taşkınlar sırasında taşınan kök, dal, ağaç gövdesi gibi odunsu malzeme ile sedimenti kontrol ederek akarsu havzasının yönetimi ve geliştirilmesine katkıda bulunurlar. Sedimentler düşük akımlarda geçirgen tersip bendinin aralıklarından geçerken, büyük akımlarda memba tarafında birikme meydana getirirler. Bu yapılar, belli çaptaki malzemenin geçişine imkân verip, belli çaptakileri tuzaklayarak nehir yatağının beslenmesini ve doğal yapısını korumasını sağlamaktadırlar. Ayrıca mansap tarafındaki oyulmaların da önüne geçilmekte, iri malzemelerin taşkın anında tutularak mansapta yer alan köprü, menfez gibi yapılarının tıkanması engelleyerek taşkın zararlarını önemli ölçüde azaltır (Akçalı, 2022).

Geçirgen tersip bentleri sıralı olarak inşa edildiklerinde taşınan sediment membadan mansaba doğru bir granülometrik olarak tuzaklanabilmekte ve istenilen ebatlardaki malzemelerin geçişine olanak sağlanmaktadır. Bu tür projelerde nehir yatağı bir bütün olarak ele alınarak, sorun çıkarma ihtimali olan büyük malzemeler daha üst kotlarda tutulabilmekte ve taşkın sularının enerjisi kırılarak mansapta yer alan tesislerin zarar görmesi engellenebilmektedir (Çelik vd., 2017).

Şekil 1.13'te de görüleceği üzere geçirgen tersip bentleri, tuzaklanmak istenen malzemenin özelliği ya da boyutuna göre çok farklı tiplerde yapılabilmektedir. Geniş diş aralıkları ile sadece kaba malzemeyi tuzaklamayı hedefleyen bentler olmakla birlikte, daha küçük malzemeyi tuzaklamak için kullanılan moloz bariyerleri (ağ) yapılar da bulunmaktadır.



Şekil 1.13: a-f geçirgen tersip bendi, g moloz bariyeri, h çelik bariyer (DSİ, 2019).

Ülkemizde işletmede olan birçok geçirgen tersip bendi bulunmaktadır. İlk örnekleri 2000’li yılların başında görülmekle birlikte kendisine yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır (Çelik ve diğ., 2017). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Taşkın Eylem Planı (2014-2018) planında kapsamlı olarak ele alınan geçirgen tersip bentler, pilot bölge olarak DSİ 22.Bölge Müdürlüğü (Trabzon) seçilerek uygulamaya konulmuştur. Uygulama için 15 farklı dere seçilmiş, bu dereler toplam 26 adet geçirgen tersip bendi çalışmalarına başlanmıştır (Tablo 1.1). Bu proje kapsamında üç farklı tip geçirgen tersip bendi yapılmıştır (Şekil 1.14) (Çelik vd., 2017).

Tablo 1.1: Projelendirilen geçirgen tersip bentleri (Çelik ve diğ., 2017).

Tesis Yeri	Dere Adı	Yapı Adeti
Giresun - Merkez	Gökgöz Deresi	1
Giresun - Espiye	Henek Deresi	2
Giresun - Dereli	Sipahi Deresi	1
Giresun - Dereli	Semail Deresi	2
Giresun - Bulancak	Bostanlı Deresi	2
Giresun - Görele	Bayazıt Köyü	1
Rize - Çayeli	Büyükdere	3
Rize - Merkez	Taşlıdere	3
Rize - Güneysu	Güneysu Dere	3
Rize - Merkez	Askaroz Deresi	1
Rize - Çayeli	Şairler Deresi	2
Rize - Ardeşen	Durak Deresi	1
Gümüşhane - Merkez	Karamustafa Deresi	1
Gümüşhane - Torul	Herek Deresi	2
Trabzon - Maçka	Kalkanlı Dere	1



Şekil 1.14: Güneysu Deresi üzerinde yapılmış geçirgen tersip bentleri (DSİ, 2019).

1.2 Çalışmanın Amacı

Klasik tersip bentlerinin, taşkın havzasında bulunan ve afet anında sürüklenmeye başlayan odunsu malzemeyi tutma konusunda çok etkili olmadığı bilinmektedir. Odunsu malzeme suyun yüzeyinde hareket etmekte olduğundan, tersip bentlerinin üzerinden kolayca aşarak mansabında bulunan köprü ve menfez gibi yapıları tıkayarak taşkın zararının artmasına sebep olmaktadır. Her ne kadar geçirgen tersip bentleri ağaç gövdesi, dal, kök ...vb odunsu malzemeyi yakalayabilse de, yoğun miktarda gelen odunsu malzeme ile kısa sürede tıkanarak klasik tersip bendi gibi davranmaktadır. Bu da yapıyı ana işlevinden uzaklaştırmaktadır. Bu çalışma, geçirgen tersip bentlerindeki odunsu malzemeyi tuzaklamak için literatürde bulunan bentlerin tuzaklama kapasitelerini deneysel olarak karşılaştırmayı amaçlamaktadır. İki farklı geçirgen tersip bendinin tuzaklama kapasitesinin belirlenmesi için bir dizi deneysel çalışma yapılarak sonuçlar irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Dünyada ve ülkemizde geçirgen tersip bentleriyle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bazıları deneysel model, bazıları sayısal model, bazıları ise literatür araştırması şeklinde olmuştur. Bentlerde genel olarak katı madde ve odunsu malzeme birlikte kullanılmış olsa da az sayıda sadece odunsu malzeme tuzaklamasına odaklanmış çalışma bulunmaktadır.

Wright (2010) çalışmasında askeri üslerde erozyon kontrolü için tersip uygunluğunu değerlendirmiştir. Beş farklı tersip bendi türü kullanılarak, askeri eğitim alanlarında oluşan sediment kaybının azaltılması hedeflenmiştir. Sonuçlar, tüm yapıların sediment miktarını başarılı bir şekilde azalttığını göstermiştir.

Schwindt vd. (2015) dağlardaki akarsuların sediment geçişini etkileyen geçirgen tersip bentlerinin tasarım kriterlerini deneysel olarak değerlendirmiştir. Çeşitli geometrilerdeki geçirgen tersip bentleri test edilerek, geçiş kapasitesinin artırılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, mevcutta kullanılmakta olan ampirik formüllerdeki orifis katsayısının güncellenmesi gerektiğini önermektedir.

Schwindt vd. (2016) tersip bentlerindeki açıklık oranının sediment geçişine olan etkisi deneysel olarak incelemiştir. Geçirgen tersip bentleri, taşkın koruma amaçlı kullanılırken aynı zamanda sediment birikimini de etkiler. Tersip bentlerindeki açıklıkların genişliği, gereğinden daha fazla ya da daha az sediment biriktirilmesine yol açabilir.

Schalco vd. (2021) odunsu malzemenin sediment tuzaklama kapasitesine olan etkisini deneysel olarak incelemiştir. Taşkınlar esnasında sediment değil, odunsu malzemeler de bentleri tıkayabilmekte, bu da bentlerin tasarımını etkilemektedir. Sonuçlar, akış kesitinin %20'sini tıkayan odunsu malzemenin sediment taşınımını %50 oranında azalttığını göstermiştir.

Kim vd. (2021) Güney Kore'nin Ulleung-do Adası'ndaki taşkın olaylarını incelemiş ve bu taşkınlar için farklı tersip bendi tiplerinin akışı azaltma ve taşkından korunma etkisini analiz etmiştir. Klasik ve geçirgen tersip bentlerinin, taşkın afetinin yol açtığı hasarı önemli ölçüde azalttığını gözlemiştir.

Borja vd. (2021) dünya genelinde yapılmış olan tersip bentlerinin işlevselliğini ve ne kadar etkin olduğuna yönelik bir inceleme yapmakta ve bu projelerin başarısızlıkları ile bunların nedenlerini ele almaktadır. Kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve tersip bentlerinin hidrolojik, jeomorfolojik ve ekolojik olarak inceleyerek uzun vadeli etkinliğine dair bilgi boşlukları ortaya konulmuştur.

Chan vd. (2020) geçirgen tersip bentleri için yeni bir boşaltma modeli öneren deneysel bir çalışma yapmıştır. Geçirgen tersip bendi trapez bir savak ve altındaki dikdörtgen boşluktan oluşmaktadır. Bu bent için iki akış koşulu belirlenmiş ve deşarj için iki denklemin bir kombinasyonu önerilmiştir. Sonuçlar, kesit oranı ile deşarj katsayısının büyük oranda ilişkili olduğunu göstermiştir.

Petrus vd. (2020) dere yatağı eğiminin taşkın üzerindeki etkisini belirlemeyi açıklayan deneysel bir çalışma yapmıştır. Deneyler 12 m boyunda, 30 cm x 32,5cm boyutundaki dikdörtgen bir kanalda gerçekleştirilmiştir. Kanalin en sonuna yerleştirilen klasik tersip bendiyle, üç farklı kanal eğimi kullanılarak sediment ve odunsu malzeme tuzaklamaları incelenmiştir. Deneyler sonucunda, daha dik yatak eğimlerinin daha fazla moloz taşıdığı görülmüş, eğim ile taşınan tortu miktarı arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Hashimoto vd. (2016) ızgara tip geçirgen tersip bentlerinde tortu ve odun akışının davranışları deneysel olarak incelemiştir. Deneyler, odun parçalarının farklı hızlarda hareket ettiğini, ızgara önünde birikerek ızgarayı tıkadığını ve bu durumun tortu birikimini arttırdığını ortaya koymaktadır.

Maricar vd. (2011) Japonya'nın Yamaguchi bölgesinde meydana gelen bir taşkında, art arda yerleştirilmiş iki tersip bendinin sediment ve odunsu malzeme birikimine etkisini analiz etmiştir. İki tersip bendinin de moloz birikim profilini büyük ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir.

Piton vd. (2022) büyük kayalar, kanyon gibi doğal veya yarıklı tersip bendi gibi yapay geçitlerde sıkışarak taşkın akışı hızı ile etkileşimi modellemek için sayısal bir model kullanarak yeni bir bent tipi önererek daralma noktasında kayaç tuzaklamasını öngören bir istatistiksel model geliştirmiştir. Bu bent modelinden akışı güvenilir bir şekilde kontrol etmek için yatay elemanların gerekli olduğunu bulunmuştur.

Razmkhah vd. (2015) trapez savaklı klasik tersip bendinin sediment tutma oranını belirlemek amacıyla deneysel bir çalışma yapmıştır. Deneysel üç farklı tersip bendi modeli, üç farklı debi ve üç farklı kanal eğimi kullanılarak yapılarak sediment tutma oranı diyagramlar kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar, kanal eğiminin azalması ve bent yüksekliğinin artmasının sediment tutma oranını arttırdığını göstermiştir.

Piton vd. (2020) geçirgen tersip bentlerinde biriken odunsu malzemenin taşkın sırasındaki akış seviyesi üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel dört farklı tersip bendi ile çalışılmış, her biri için odunsu malzemenin su derinliğindeki artışını hesaplamak için boyutsuz katsayılar kullanılarak bir analiz yapılmıştır. Akış derinliğinin klasik (trapez savaklı) tersip bendinde %5 ila %40, yatay ve düşey yarıklı bentlerde %20 ila %60, ayaklı tersip bentlerinde %50-%200 oranında artabileceği görülmüştür. Ayrıca taşma yükseklikleri odunsu malzeme çaplarının 3 ila 5 katından daha yüksek olduğunda odunsu malzemelerin yapıların üzerinden aşabileceği vurgulanmıştır.

Şişman (2009) akarsu hidrolisinde deşarj ölçümü için kullanılan dikdörtgen kesitli savakların performansını incelemiştir. Farklı savak yükseklik ve genişliği için deşarj ve su yükseklikleri ölçülmüş olup, belirli bir yükseklikten sonra deşarj-yükseklik ilişkisinin değişmediği gözlemlenmiştir. Deneysel sonucunda boyutsuz bir boşaltma katsayısı ve ampirik bir ifade geliştirilmiştir.

Piton (2016) geçirgen tersip bentlerinin sediment taşınımındaki düzenleyici etkisini incelemiş ve taşkın kontrolü sağlarken ekolojik etkileri en aza indiren çözüm yöntemleri önermiştir.

Li vd. (2019) taşkınlarla birlikte sürüklenen sediment taşınımını düzenlemekte kullanılan pencere tipi açıklıklı geçirgen tersip bentlerinin sediment tutma ve akışı düzenleme performansını deneysel olarak incelemiştir. Bunun sonucunda iki adet ampirik ifade geliştirilmiştir.

Rossi vd. (2020) taşkın esnasında sürüklenen sediment ile odunsu malzemenin tuzaklanması arasındaki ilişkiyi deneysel olarak incelemiştir. Deneysel tek yarıklı bir bent kullanılmıştır. Bütün etkileri açık bir şekilde gözlemlenmek için homojen bir sediment modeli kullanılmıştır. Ayrıca odunsu malzemeyi daha efektif tuzaklamak için bendin önüne eğimli çubuk yüzeyler

eklenerek deneyler yapılmış, bu çubukların eğimleri değiştirilerek bendin odunsu malzeme yakalama verimliliği artırılmaya çalışılmıştır.

Schwindt vd. (2018) küçük taşkınlarda mansap bölgesinde bulunan ekolojik morfolojik dengeyi korumak için, kılavuz kanalı bulunan bir geçirgen tersip bendi modelini deneysel olarak incelemektedir. Bu model büyük ve tehlikeli taşkınlarda sediment taşınımını engellerken, küçük taşkınlarda istenmeyen yakalamayı önlemektedir.

Schalko vd. (2019) nehirlerde biriken odunsu malzemelerin memba bölgesindeki su yüksekliğine etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneyler sabit ve hareketli bir kanalda yapılmış ve değişken katı madde ve odunsu malzeme ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda durgun su yükselmesini tahmin etmek için bir denklem ve birikme faktörü oluşturulmuştur.

Sun vd. (2018) taşkın tehlikesinin azaltılmasında yaygın olarak kullanılan kırıli geçirgen tersip bentlerinin sediment tutma ile akış düzenleme özelliklerini belirlemeye yönelik ampirik denklemler elde etmek için bir takım deneyler yapmış, bu deneylerle taşkın debisinin pik deşarjı ile sediment tutma oranlarını ölçmüştür. Sediment tutma oranı açıklıkla azalmış, sediment konsantrasyonu artmıştır. Sonuçlar, ampirik denklemler kullanılarak hesaplanan değerlerin, deneysel çalışmaları ile uyum içinde olduğunu ve sapmanın kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Sun vd. (2021) tersip bentlerinin sediment yakalama ve akış düzenleme performansını deneysel olarak incelemiştir. Deneylerde bir klasik tersip bendi, üç adet de geçirgen tersip bendi modeli kullanılmıştır. Deneyler sonucunda geçirgen tersip bentlerinin, klasik tersip bentlerine göre akış süresini daha uzatıp akıntının hızını düşürdüğü için daha işlevsel olduğu görülmüştür. Yatay açıklıklara sahip bentlerin ise dikey ya da dikdörtgen pencere tiplerine göre akış düzenleme oranının daha düşük olduğu görülmüştür.

Furlan vd. (2019) ayaklarla desteklenmiş dolusavaklarda büyük odun kaynaklı tıkanma olasılıklarını deneysel olarak incelemiştir. Dolusavak gibi kritik yapılar tıkanıldığında deşarj kapasitesi azalır, rezervuar su seviyesinde artış meydana gelebilir. Çalışmanın doğruluğu için yapılan deneyler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Güven aralıklarını hesaplamak için iki istatistiksel yöntem uygulanmıştır.

Shima vd. (2016) çelik geçirgen tersip bentleri kullanılarak taşkın tehlikelerinin önlenmesi ve azaltılmasını deneysel olarak incelemiştir. İlk olarak saha gözlemleri yapılarak, tehlikeli taşkınların çelik geçirgen tersip bentleri tarafından tuzaklandığı gerçek vakalar incelenmiştir. Bunun için dört farklı senaryoya belirlenmiş ve çelik geçirgen tersip bendinin bu senaryolara göre güvenliği incelenmiştir. Çelik geçirgen tersip bentleri, taşkın tehlikelerinin önlenmesi ve azaltılmasında etkili bir çözüm sunduğu görülmüştür.

Ruiz-Villanueva vd. (2016) büyük odunsu malzemelerin davranışını inceleyerek nehir havzalarındaki birikimlerinin ve hareketlerinin incelenmesi için yapılan çalışmaları değerlendirmiştir. Klasik ve geçirgen tersip bentlerinin, odunsu malzemenin kontrollü bir şekilde taşınması ve depolanması için çok büyük öneme sahip olduğu görülmüştür.

Schalko vd. (2018) taşkın esnasında sürüklenen büyük odunsu malzemelerin, nehirlerin üzerindeki yapıları tıkayarak memba kısmındaki su yüksekliğinin arttırmasını ve dere yatağındaki oyulmalarını deneysel olarak incelemiştir. Hareketli bir kanalda, yağış akış koşulları ve yatak malzemesi değiştirilerek deneyler tekrarlanmıştır. Çalışma, odunsu malzeme birikimlerinin neden olduğu oyulmanın, memba su yükselmesini azalttığı hipotezini doğrulamaktadır.

Piton vd. (2015) geçirgen tersip bentleri ile ilgili literatürü gözden geçirmektedir. İlk bölümde bu yapıların genel işlevlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde açıklık şekillerine göre hidrolik tasarım kriteri önerileri yapılmıştır. Üçüncü bölümde sediment biriktirme dinamikleri ele alınmış, son bölümde ise bir tasarım prosedürü önerilmiştir.

Anılan vd. (2023) odunsu malzemenin geçirgen tersip bentlerini tıkamasını önlemek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Dağlık bölgelerde meydana gelen taşkınlarda, sürüklenen odunsu malzemeler menfez, köprü gibi kesitleri tıkayarak ciddi tehlikelere neden olmaktadır. Bu nedenle nehirdeki odunsu malzemelerin tutulması çok önemlidir. Geçirgen tersip bentleri, odunsu malzemenin tuzaklanması için yaygın kullanan yapılardır. Ancak bu yapılar da büyük taşkınlarda odunsu malzeme ile tıkaandıklarında işlevlerini yerine getirememektedir. Çalışmanın sonucunda yeni bir geçirgen tersip bendi modeli önerilmiştir.

Aytemur (2021) farklı boyutlardaki geçirimli tersip bentlerinin, farklı akış koşullarındaki hidrolik davranışını incelemiştir. Sonuçlar ışığında bazı tasarım ilkeleri belirlenmesi amacıyla deneysel ve numerik model çalışmaları yapılmıştır. Nehir rejimi akımı için farklı debilerde hidrolik özellikleri incelenmiş, özgül enerjinin debi ve su derinliğiyle değişimi, enerji kayıpları belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel 400cm uzunluğunda, 40 cm genişliğinde ve 30 cm yüksekliğinde dikdörtgen kesitli bir kanal kullanılmış ve bu kanalın içerisine ayaklı geçirgen tersip bendi modeli konulmuştur. Deneysel sonuçlar sayısal olarak FLOW-3D HAD programı ile analiz edilmiştir. Bent modellerinin akımın enerjisini önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Tip-1 ve Tip-2 bentleri hidrolik sıçrama ve su yüzü dalgalanmaları sebebiyle sayısal modelle uyum sağlayamamış olsa da Tip-3 bendi ile ilgili deney verileri sayısal modelle tam uyum sağlamıştır.

Akçalı (2022) odunsu malzeme sebebiyle işletme aşamasında hızla tıkanıp işlevini yerine getiremeyen geçirgen tersip bentlerine alternatif olarak tasarlanan gemiburnu modeli geçirgen tersip bendini deneysel olarak incelemiştir. Yapının gemi burnu şeklinde modellenmesi sayesinde bendin önüne gelen odunsu malzeme, suyun hareketi ile devinime girerek bendin yan kısımlarına doğru hareketlenerek tıkanmanın önlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel 1400 cm uzunluğunda, 80 cm genişliğinde ve 25 cm yüksekliğinde dikdörtgen kesitli bir kanal kullanılmış ve bu kanalın içerisine üç farklı tipte geçirgen tersip bendi modeli konulmuştur. Farklı uzunluk ve çaptaki odunsu malzeme konsantrasyonu için altı farklı senaryo ile çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlar gemiburnu geçirgen tersip bendi tipinin hızlı tıkanma ve üstten aşma sorununa karşı diğer bentlere göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Karşlıoğlu (2024) tersip bentlerinin kararsız akış altındaki davranışlarını HEC-RAS programı ile sayısal olarak analiz etmiştir. Analizlerde klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen tersip bentleri kullanılmış olup kararsız akış altında nehir yataklarında meydana gelen oyulmalar, akış değişimi ve sediment hareketleri incelenmiştir. Sonuçlar imalat yapılan bölgenin mansabında, yarı geçirgen ile dalgakıran tip geçirgen tersip bentlerinde, klasik tersip bendi ile ayaklı geçirgen tersip bentlerine göre daha az oyulma meydana geldiğini göstermiştir.

3. YÖNTEM

3.1 Model Teorisi

İnşaat mühendisliği alanında fiziksel bir olayla ilgili laboratuvar deneyleri yapılmak istendiğinde, gerçek yapılar ile onları etkileyen fiziksel büyüklükleri laboratuvar şartlarına uyarlamak gerekmektedir. Laboratuvarda kullanılmak üzere uyarlanan büyüklüklere “model”, modelin temsil ettiği doğadaki olaya ise “prototip” denilmektedir (Sümer vd.,1983). Modeller, prototiplerine geometrik, kinematik ya da dinamik olarak benzetmek zorundadır. Bu benzerlikler model teorisi ile açıklanmaktadır. Model büyüklüğünün prototip büyüklüğüne oranı, o sistemin ölçeği anlamına gelmektedir. Örneğin L uzunluğunun ölçeği Denklem 3.1’deki gibi ifade edilmektedir.

$$L_r = \frac{L_m}{L_p} \quad (3.1)$$

Burada L_r uzunluk ölçeğini, L_m model uzunluğunu, L_p ise prototip uzunluğunu göstermektedir.

Model teorisi, büyük yapıların ve sistemlerin test edilmesinin çok pahalı veya zor olduğu durumlarda, laboratuvar ortamında kontrollü testler yapılmak istendiğinde ve farklı tasarımların hızlı bir şekilde karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Temel olarak Froude ve Reynolds olmak üzere iki farklı model bulunmaktadır. Serbest yüzeyli akımlarda Froude modeli kullanılırken, basınçlı akımlarda Reynolds modeli kullanılmaktadır (Sümer vd.,1983). Bu çalışmada serbest yüzeyli akım kullanılarak deney yapıldığı için Froude modeli kullanılmıştır. Froude modelinde sırasıyla hız ölçeği Denklem 3.2, zaman ölçeği Denklem 3.3 ve debi ölçeği Denklem 3.4’deki gibi ifade edilmektedir.

$$V_r = L_r^{1/2} \quad (3.2)$$

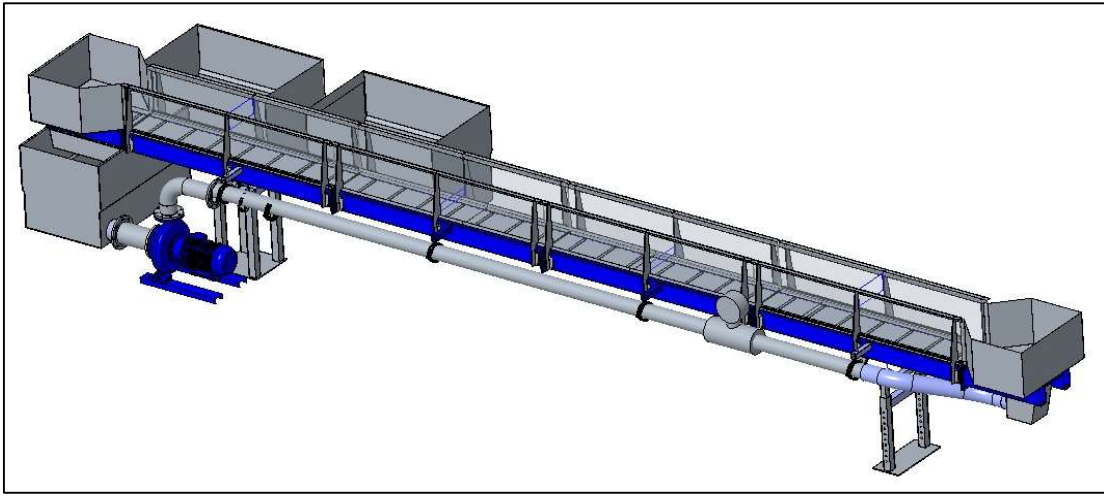
$$T_r = L_r^{1/2} \quad (3.3)$$

$$Q_r = L_r^{5/2} \quad (3.4)$$

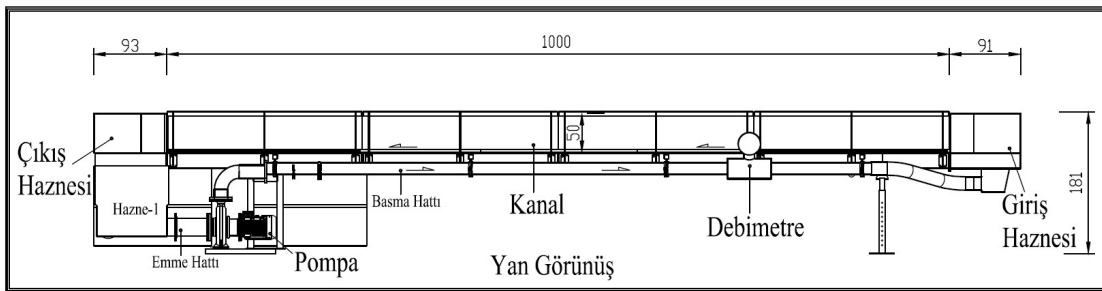
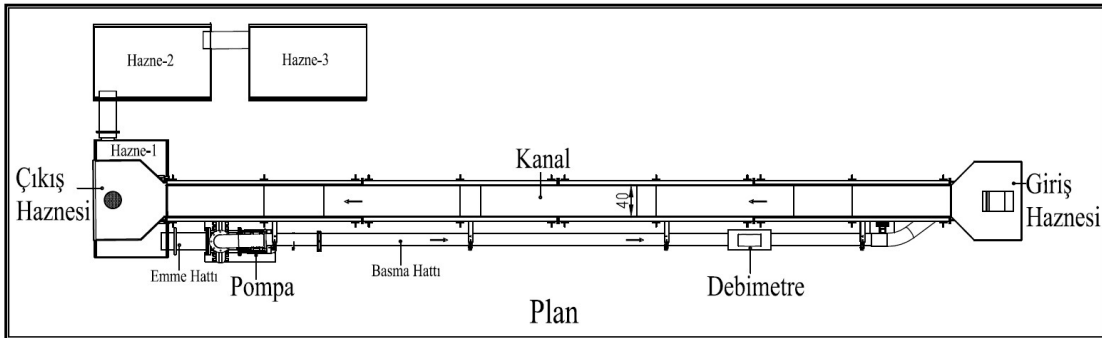
3.2 Hidrolik Model Çalışmaları

Geçirgen tersip bentleri ile ilgili deneyler için Balıkesir Üniversitesi hidrolik deney laboratuvarında 10 m uzunluğunda, 40 cm genişliğinde ve 50 cm yüksekliğinde dikdörtgen

kesitli, eğimi ayarlanabilen ve yanları cam bir kanal oluşturulmuştur (Şekil 3.1). 10 m'lik kanalın giriş ve çıkış ağzında devir daim olan suyu toplayıp düzenlemek için iki adet hazne bulunmaktadır. Giriş haznesinden önce kanala, sonra ise çıkış haznesine ulaşan su, odunsu malzemelerin yakalanması için çıkış haznesinin altındaki delikten önce altındaki eleğe, oradan da birbirine bağlı olan üç adet haznenin içine dökülür. Bu haznelerden emme hattı vasıtasıyla suyu çeken pompa $\text{Ø}150$ 'lik çelik borular yardımıyla suyu yeniden giriş haznesine basar. Basma üzerinde bulunan elektromanyetik debimetre ile geçen suyun debisi ölçülür (Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Deney düzeneğinin şematik gösterimi.



Şekil 3.2: Deney düzeneğinin plan ve yan görünüşü.



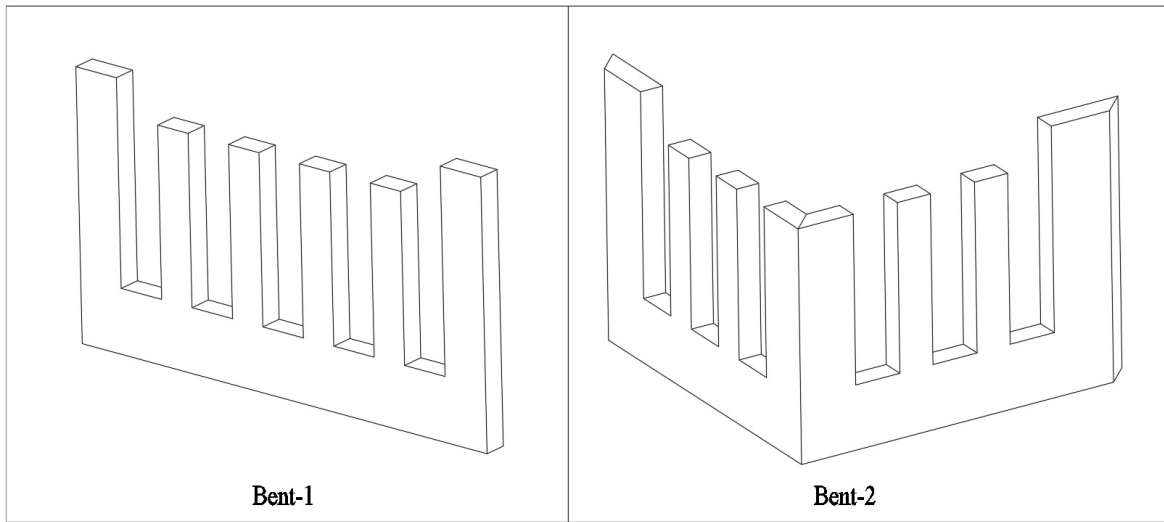
Şekil 3.3: Deney düzeneğinin fotoğrafları.

Deneyde $Q=216,90 \text{ m}^3/\text{h}$ debiyi $H_m=3,5 \text{ m}$ yüksekliğe basabilen 3 kW gücünde ve 1000 rpm devirli bir pompa ile $30\sim 600 \text{ m}^3/\text{h}$ arasını $\%0,2\sim 0,5$ hassasiyetle ölçen DN150 bağlantılı elektromanyetik debimetre kullanılmıştır (Şekil 3.3).

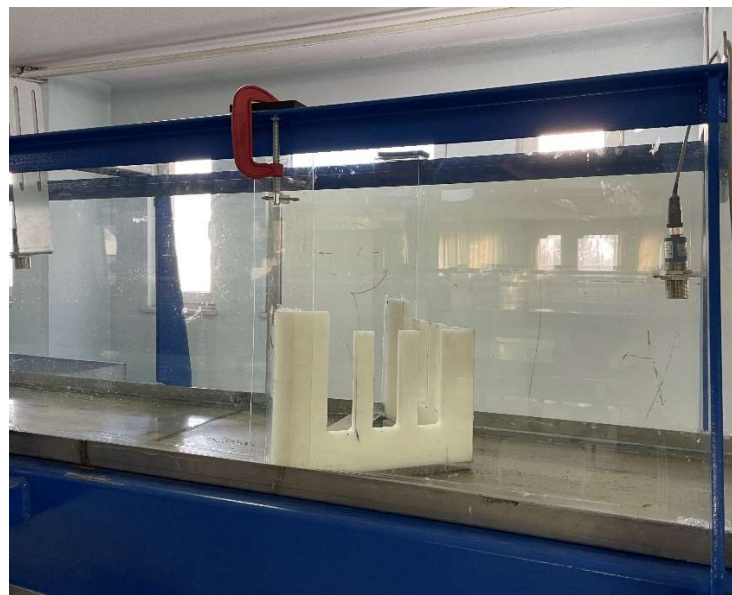
Su yükseklikleri ölçümü, tersip bendi modelinin membanda tepki süresi 32 milisaniye olan Microsinic mic+25/iu/tc ultrasonik seviye ölçer sensör ile yapılmıştır. Deneyler esnasında modelin davranışını gözlemlemek amacıyla bir adet kamera ile 1080p 60 kare/s görüntü kaydı alınmıştır.

3.3 Geçirgen Tersip Bendi Modelleri

Geçirgen tersip modelleri 2 cm kalınlığında, geçirimsiz, suya dayanıklı ve kolay şekil verilebilen PE300 polietilen malzemeden yapılmıştır. Tersip bendi modeli olarak alt kısmı dolu gövdeli klasik tersip bendi, üst kısmı ayaklı geçirgen tersip bendi modelleri kullanılmıştır. İlk tersip bendi, doğrusal eksenli olup kanal eksenine dik olarak yerleştirilmiştir. İkinci tersip bendi ise ilk tersip bendi ile benzer boşluk oranına ve aynı ayak aralığı-yüksekliği değerlerine sahip V şeklinde bir banttır (Şekil 3.4, Şekil 3.5). Tersip bentleri tasarımları yapılırken, bentteki ayak aralığı-yüksekliği değerlerinin aynı olmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede geometri değişiminin ile tuzaklama kapasitesine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 3.4: Tersip bendi modelleri.



Şekil 3.5: Tersip bendi modelinin deney düzeneğine bağlanması.

3.4 Odunsu Malzeme Özellikleri

Odunsu malzeme olarak özgül ağırlığı $0,64 \text{ g/cm}^3$ olan, çapları 6 mm, 8 mm ve 9,5 mm olan ahşap çubuklar kullanılmıştır (Şekil 3.6). Her bir çaptaki çubuklardan 6 cm, 9 cm ve 12 cm boyunda kullanılmıştır. Toplamda kullanılan odunsu malzeme miktarı Tablo 3.1’de gibi gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Odunsu malzeme miktarı.

	6 mm	8 mm	9,5 mm
6 cm	100 adet	100 adet	100 adet
9 cm	100 adet	100 adet	100 adet
12 cm	100 adet	100 adet	100 adet



Şekil 3.6: Odunsu malzemeler.

3.5 Deney Programı

Deney parametresi olarak Çanakkale ili Ayvacık sınırında bulunan Ilica Deresi havzası dikkate alınmıştır. Ilica Deresi için Devlet Su İşleri’nden alınan yinelemeli taşkın debileri Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.2: Ilıca deresi yinelemeli taşkın debileri.

Yinelemeli Dönem (yıl)	2	5	10	25	50	100	500	1000	10000
Debi (m ³ /s)	34,67	55,79	70,38	89,39	103,83	118,47	151,75	166,08	213,69

DSİ Genel Müdürlüğü “Akarsu Islahı, Taşkın ve Rüşubat Kontrol Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İşi Genel Teknik Şartnamesi”ne göre taşkın kontrol yapılarını yerleşim yerleri dışında Q_{10} yinelemeli taşkın debisine hava payı eklenerek Q_{50} yinelemeli taşkın debisi ile karşılaştırılmakta ve büyük olan değer kullanılmaktadır. Yerleşim yerleri içinde ise Q_{100} yinelemeli taşkın debisine hava payı eklenerek Q_{500} yinelemeli taşkın debisi ile karşılaştırılmakta ve büyük olan değer kullanılmaktadır. Bu sebeple deney debileri olarak Ilıca deresine ait Q_{50} ve Q_{500} yinelemeli taşkın debileri kullanılmıştır. Söz konusu debiler 1/35’lik ölçekli olarak hesaplanarak model debileri, $Q_{m50}= 51,204 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $Q_{m500}=75,406 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak belirlenmiştir. Her bir tersip bendi için bu debi değerlerine göre deneyler yapılmıştır.

Deneyler temel olarak üç gruba ayrılmıştır.

İlk grup deneyler Q_{m50} debisi ile her odunsu malzeme çapı ve boyu için üç farklı malzeme sayısına göre yapılmıştır ($N= 30$, $N=60$ ve $N=100$ adet). Odunsu malzemeler her bir deney için, taşkın anında dere yatağında bulunduğu düşünen ağaç veya tomrukları temsil etmesi için toplam odunsu malzeme sayısının 2/3’ü kanal yatağına rastgele yerleştirilmiştir. Geriye kalan 1/3’ünün ise daha üst havza ve yan derelerden gelen materyali temsil etmesi için, deneyin 15. saniyesinde yarısı, 30. saniyede ise diğer yarısı kanala bırakılmıştır. 15 sn ve 30 sn değerleri, 15. saniyede bente çarpan suyun geriye doğru kabararak düzgün bir su yüzü profili oluşturmasının tamamlanması, 30. saniyede ise proje debisinin sabit ve kararlı hale gelmesi dikkate alınarak seçilmiştir. Toplam deney süresi 1 dk olarak belirlenmiştir. 1. dakikanın sonunda deney sonlandırılmış ve akış sonlandıktan sonra tuzaklanan ve geçen malzemeler sayılmıştır. Deney süresince memba kısmındaki iki adet ultrasonik seviye ölçer ile su yükseklikleri ölçülmüştür. Deney sonunda bendin mansabına geçen odunsu malzeme sayıları kaydedilmiştir. Her bir bent tipi için Tablo 3.3’deki deney matrisinde de görüldüğü 27 farklı deney tasarlanmıştır. Bu deneyler üç kez tekrarlanmış olup toplamda her bir debi ve bent tipi için 81 adet deney yapılmıştır. Bu aşamada iki bent tipi için toplamda 162 adet deney yapılmıştır. Analizler yapılırken her üç deney tekrarında bulunan değerlerin aritmetik ortalaması kabul edilmiştir. Bütün deneyler için 1080p 60 kare/s görüntü kaydı alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Deney kayıtlarından örnekler.

Tablo 3.3: Deney matrisi.

Deney No	Odunsu Malzeme		
	D (mm)	L (cm)	N (adet)
1	6	6	100
2	6	9	100
3	6	12	100
4	8	6	100
5	8	9	100
6	8	12	100
7	9.5	6	100
8	9.5	9	100
9	9.5	12	100
10	6	6	60
11	6	9	60
12	6	12	60
13	8	6	60
14	8	9	60
15	8	12	60
16	9.5	6	60
17	9.5	9	60
18	9.5	12	60
19	6	6	30
20	6	9	30
21	6	12	30
22	8	6	30
23	8	9	30
24	8	12	30
25	9.5	6	30
26	9.5	9	30
27	9.5	12	30

İkinci grup deneylerde Q_{m500} debisi kullanılarak her bir bent tipi için Tablo 3.3'deki deney matrisinde de görüldüğü 27 farklı deney tasarlanmıştır. Bu deneyler de üç kez tekrarlanmış

olup toplamda her bir debi ve bent tipi için 81 adet deney yapılmıştır. Bu aşamada iki bent tipi için toplamda 162 adet deney yapılmıştır. Buradaki amaç debi değişiminin tuzaklama oranlarına ve memba su yüksekliklerinin incelenmesidir.

Üçüncü grup deneylerde ise yine Q_{m500} debisi kullanılarak üç farklı karışım senaryosu belirlenmiştir (Tablo 3.4). Burada daha fazla odunsu malzeme söz konusu olduğunda, bentlerin olası bir tıkanma ve/veya bent üzerinden suyun aşma durumlarındaki performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Öte yandan tuzaklama kapasitelerinde debinin mi, odunsu malzeme miktarının mı etkili olduğunun incelenmesi amaçlanmıştır. Senaryo-1 de 6 cm uzunluğundaki odunsu malzemenin, Senaryo-2 de 9 cm uzunluğundaki odunsu malzemenin, Senaryo-3'te ise 12 cm uzunluğundaki odunsu malzemenin ağırlıkta olması istenmiştir. Her üç senaryoda da toplam odunsu malzeme uzunluğu aynı tutulmuştur. Yani karışımda ağırlığı arttırılan odunsu malzeme toplam uzunluğu, o deneyde atılan toplam odunsu malzeme uzunluğuna oranı sabit tutulmuştur. Böylece her üç senaryoda da aynı miktarda odunsu malzeme hacmi üzerinden karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Odunsu malzeme çapının etkisini ihmal edilebilecek düzeye indirmek için, Tablo 3.4'te belirtilen bütün odunsu malzeme miktarında 6 mm, 8 mm ve 9.5 mm çapındaki odunsu malzemelerden eşit olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Örneğin Senaryo-2'deki 40 adet 6 cm'lik odunsu malzeme belirlenirken 13 adet 6 mm çapında, 14 adet, 8 mm çapında, 13 adet 9.5 mm çapında odunsu malzeme ile karışım oluşturulmuştur.

Deneyler yapılırken bütün odunsu malzemeler kanal yatağına serilmiştir. Q_{m500} debisi ile deneye başlanmış ve 1 dakika boyunca aynı debi verilmeye devam edilmiştir. 1. dakikanın sonunda deney sonlandırılmış ve akış sonlandıktan sonra tuzaklanan ve geçen malzemeler sayılmıştır. Deney süresince memba kısmındaki iki adet ultrasonik seviye ölçer ile su yükseklikleri ölçülmüştür. Deney sonunda bendin mansabına geçen odunsu malzeme sayıları kaydedilmiştir. Her deney üç kez tekrarlanmış olup bulunan değerlerin aritmetik ortalaması kabul edilmiştir. Bu aşamada her bir bent tipi için 9 adet olmak üzere toplamda 18 adet deney yapılmıştır. Bütün deneyler için 1080p 60 kare/s görüntü kaydı alınmıştır.

Tablo 3.4: Deney senaryoları.

Senaryo No	6 cm	9 cm	12 cm
1	300 adet	44 adet	42 adet
2	40 adet	220 adet	40 adet
3	40 adet	40 adet	175 adet

4. BULGULAR

Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'teki matrislerde görüldüğü üzere bu çalışma kapsamında toplamda 342 adet deney yapılmıştır. Her deneyden üç tekrar yapılmış olup bu sonuçların ortalaması alınmıştır. Memba su yüksekliği için ise her iki ultrasonik seviye ölçerden alınan verilerin ortalaması alınmış olup, daha sonra bu iki seviye ölçerin de ortalaması alınarak memba su yüksekliği tespit edilmiştir.

4.1 Birinci Grup Deney Sonuçları (Q_{m50} Debisi)

Birinci grup deney sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Bent-1'e ait deney sonuçları (Q_{m50}).

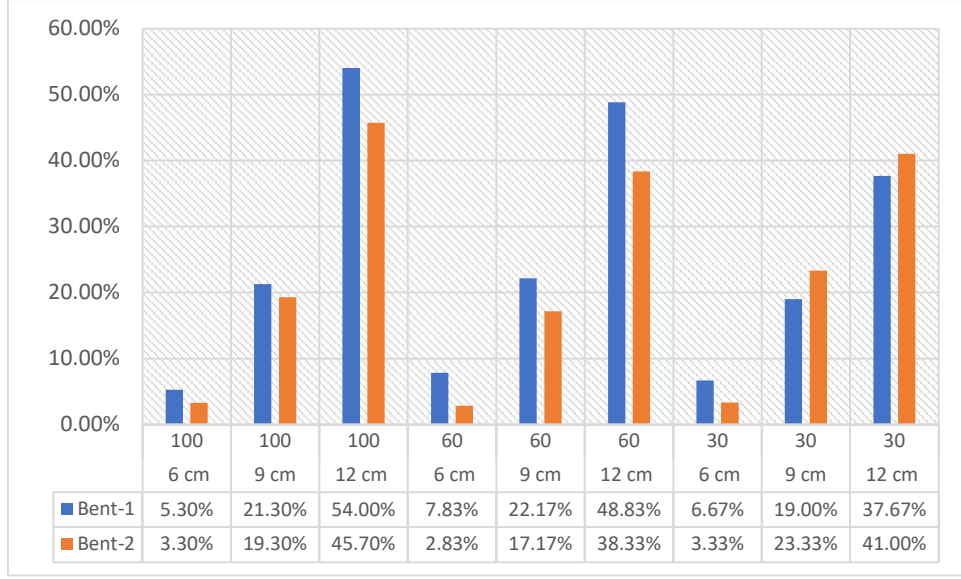
Deney No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Memba Su Yüksekliği Ort. (cm)
	D (mm)	L (cm)	N (adet)			
1	6	6	100	5.30	5.30	15.95
2	6	9	100	21.30	21.30	16.95
3	6	12	100	54,00	54.00	18.15
4	8	6	100	8.70	8.70	16.25
5	8	9	100	23.70	23.70	17.45
6	8	12	100	41.70	41.70	18.75
7	9.5	6	100	14,00	14.00	16.7
8	9.5	9	100	39.30	39.30	17.95
9	9.5	12	100	65.30	65.30	18.45
10	6	6	60	4.70	7.83	16.5
11	6	9	60	13.30	22.17	17.15
12	6	12	60	29.30	48.83	17.9
13	8	6	60	5.70	9.50	16.4
14	8	9	60	18.70	31.17	17.65
15	8	12	60	22,00	36.67	17.65
16	9.5	6	60	11,00	18.33	16.5
17	9.5	9	60	14.70	24.50	17.2
18	9.5	12	60	22.70	37.83	17.6
19	6	6	30	2,00	6.67	16.1
20	6	9	30	5.70	19.00	16.55
21	6	12	30	11.30	37.67	16.3
22	8	6	30	2.70	9.00	15.85
23	8	9	30	7.30	24.33	16.5
24	8	12	30	11.30	37.67	16.85
25	9.5	6	30	3.70	12.33	15.9
26	9.5	9	30	6,00	20.00	16.6
27	9.5	12	30	12.70	42.33	17.7

Tablo 4.2: Bent-2'ye ait deney sonuçları (Q_{m50}).

Deney No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Membra Su Yüksekliği Ort. (cm)
	D (mm)	L (cm)	N (adet)			
1	6	6	100	3.30	3.30	15.3
2	6	9	100	19.30	19.30	16.5
3	6	12	100	45.70	45.70	17.2
4	8	6	100	3.70	3.70	16
5	8	9	100	26,00	26.00	17.1
6	8	12	100	50.70	50.70	17.55
7	9.5	6	100	4,00	4.00	16.1
8	9.5	9	100	17.70	17.70	17.25
9	9.5	12	100	58,00	58.00	18.25
10	6	6	60	1.70	2.83	15.95
11	6	9	60	10.30	17.17	16.35
12	6	12	60	23,00	38.33	16.95
13	8	6	60	1.70	2.83	15.95
14	8	9	60	16.70	27.83	16.95
15	8	12	60	19.30	32.17	17.3
16	9.5	6	60	2,00	3.33	15.95
17	9.5	9	60	12.70	21.17	16.85
18	9.5	12	60	20.30	33.83	17.45
19	6	6	30	1,00	3.33	16
20	6	9	30	7,00	23.33	16.2
21	6	12	30	12.30	41.00	16.5
22	8	6	30	1,00	3.33	15.9
23	8	9	30	4,00	13.33	16.1
24	8	12	30	14.30	47.67	16.8
25	9.5	6	30	0.70	2.33	15.8
26	9.5	9	30	4.30	14.33	16.2
27	9.5	12	30	10,00	33.33	16.8

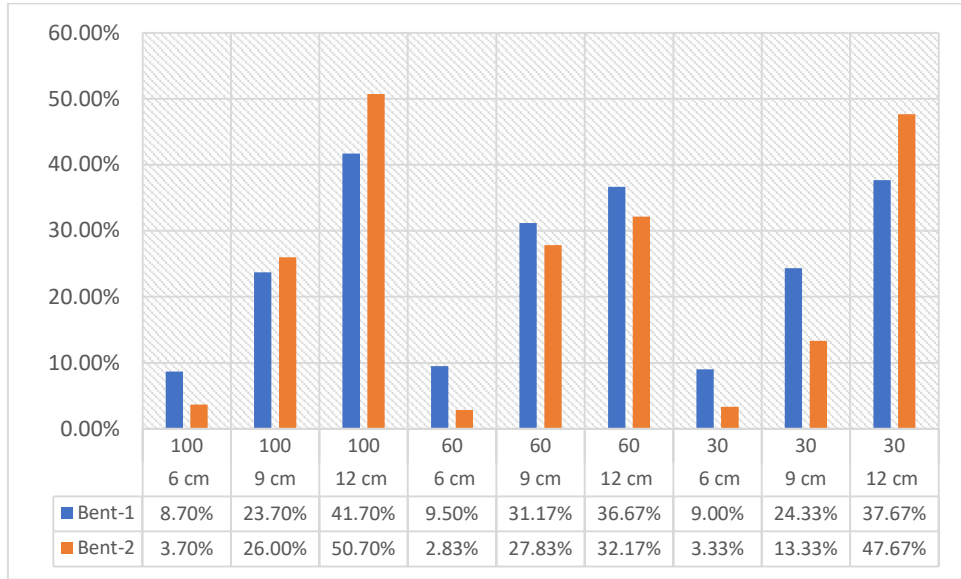
Bu tablodaki tuzaklama oranı, her bir odunsu malzeme çapı, uzunluğu ve miktarı için bent önünde tuzaklanan malzemenin o deneyde toplam salınan odunsu malzemenin sayısına oranını ifade etmektedir.

Q_{m50} debisinde Bent-1 ve Bent-2 (Şekil 3.4), her odunsu malzeme çapı, uzunluğu ve miktarı için karşılaştırılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).



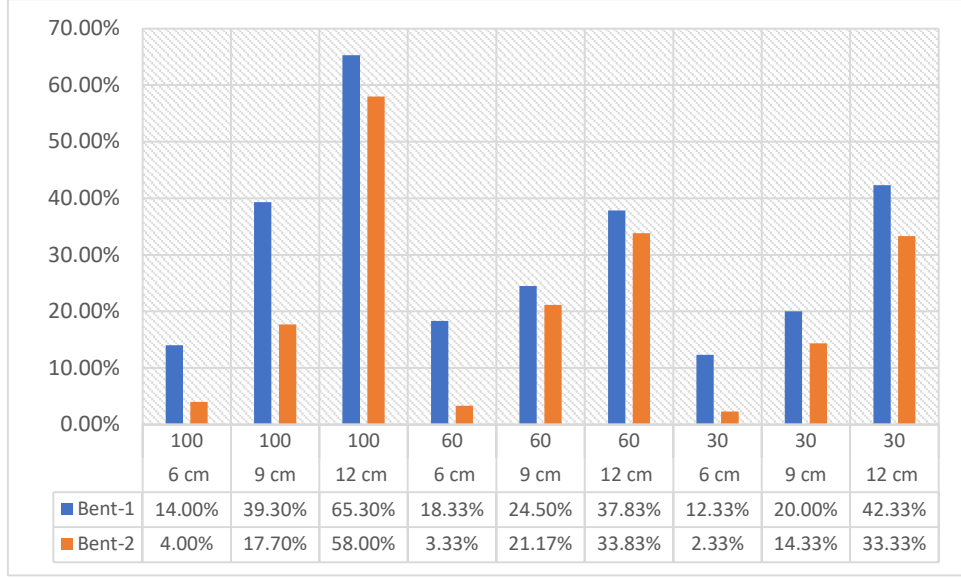
Şekil 4.1: 6 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

6 mm çapında odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %24,75, Bent-2 için ise %21,59 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1).



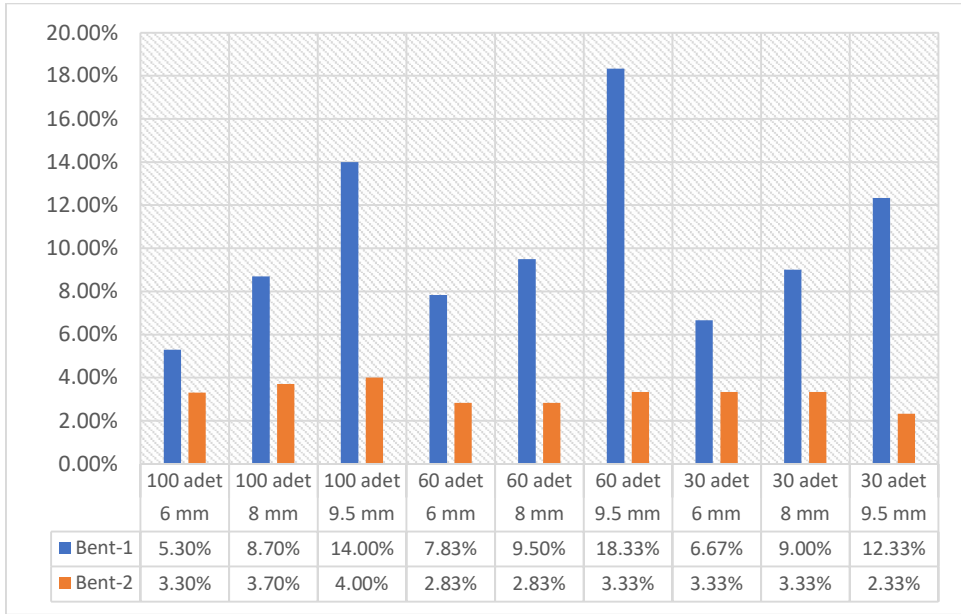
Şekil 4.2: 8 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

8 mm çapında odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %24,71, Bent-2 için ise %23,06 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2).



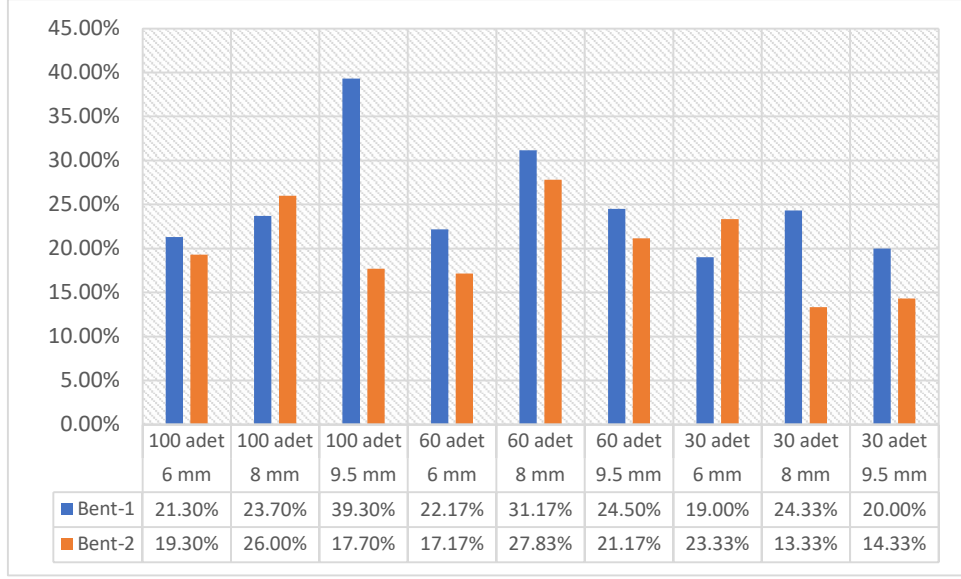
Şekil 4.3: 9.5 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

9.5 mm çapında odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %30,44, Bent-2 için ise %20,89 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).



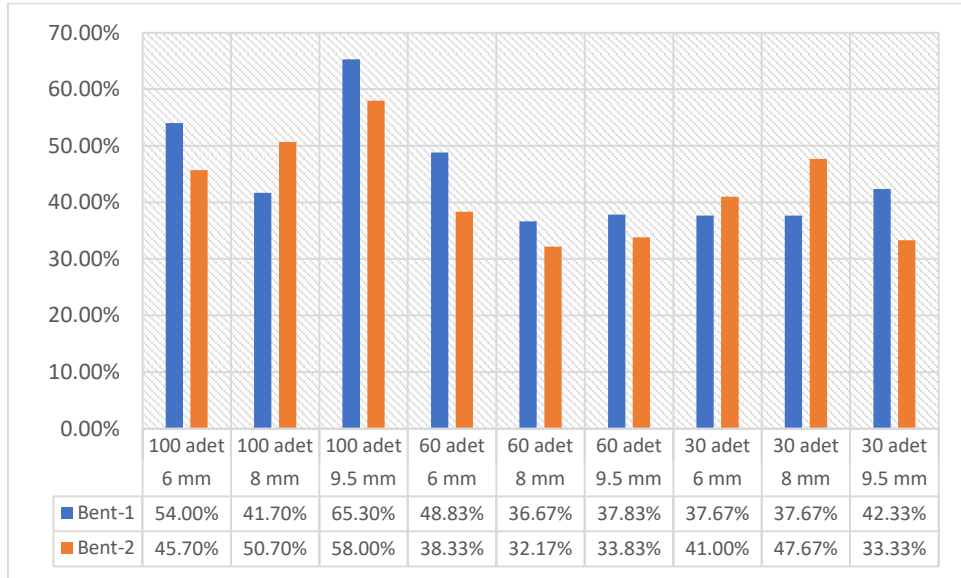
Şekil 4.4: 6 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

6 cm uzunluğunda odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %10,19, Bent-2 için ise %3,22 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).



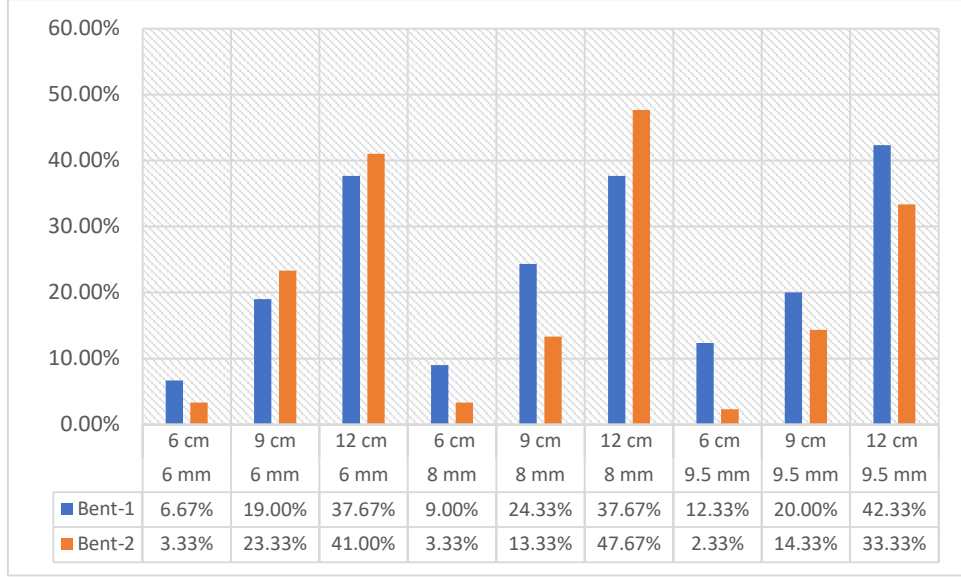
Şekil 4.5: 9 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

9 cm uzunluğunda odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %25,05, Bent-2 için ise %20,02 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).



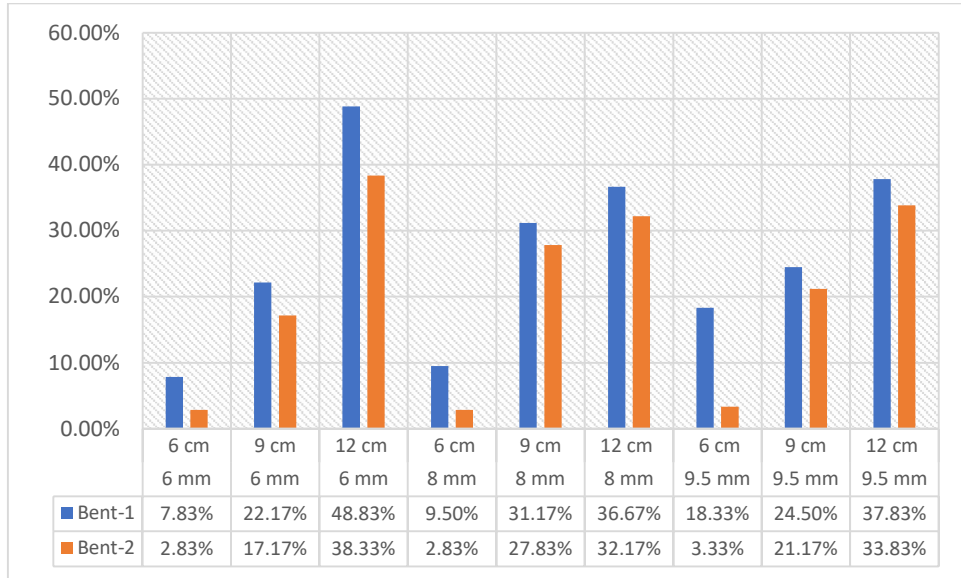
Şekil 4.6: 12 cm uzunluğunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

12 cm uzunluğunda odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %44,67, Bent-2 için ise %42,30 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6).



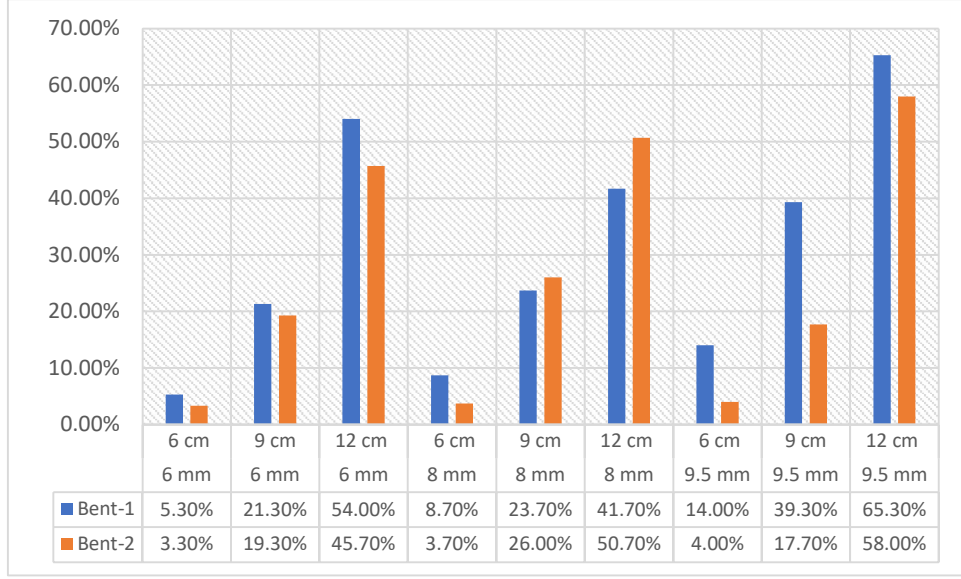
Şekil 4.7: 30 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

30 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %23,22, Bent-2 için ise %20,22 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.8: 60 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

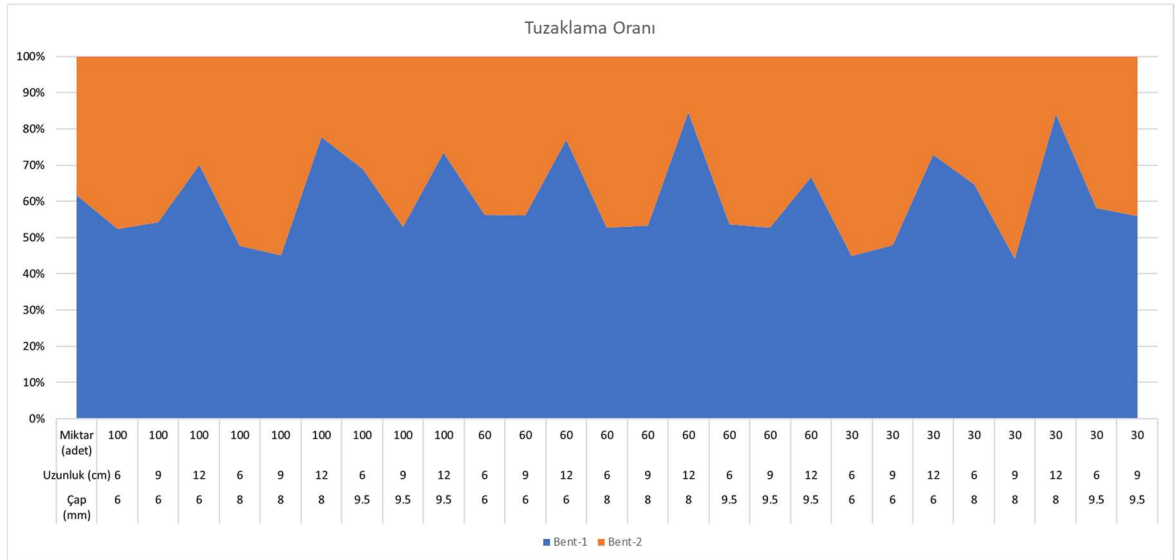
60 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %26,31, Bent-2 için ise %19,94 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.8).



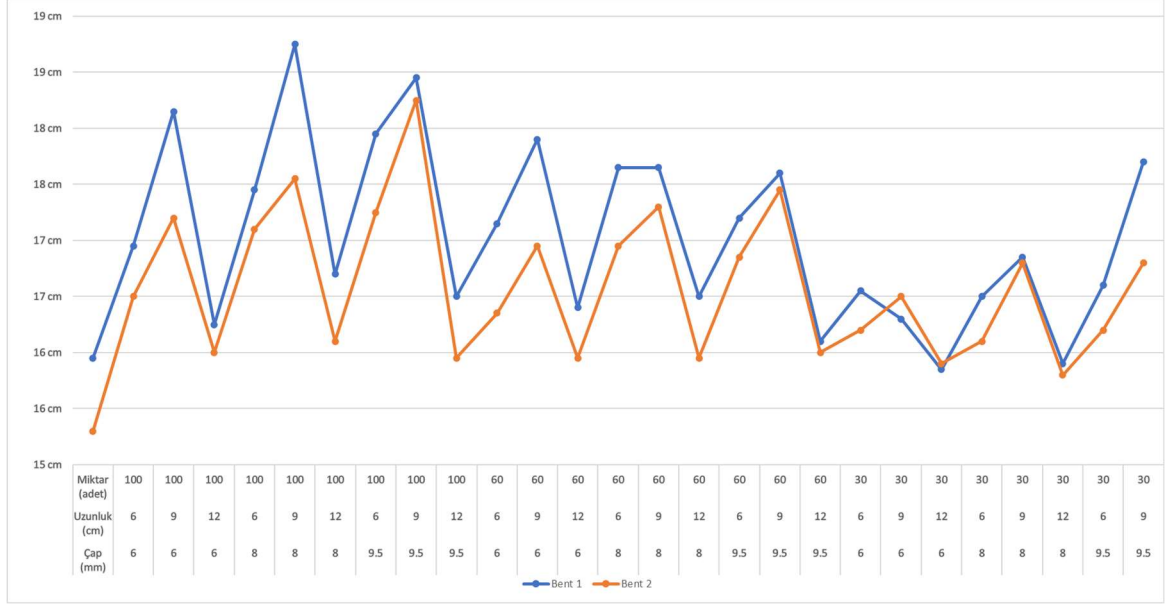
Şekil 4.9: 100 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

100 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %30,37, Bent-2 için ise %25,38 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).

Her odun çapı, uzunluğu ve miktarı için Bent-1'in tuzaklama kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bütün durumlar dikkate alındığında, Bent-1'in ortalama tuzaklama oranı ortalamasının %26,63, Bent-2'nin ise %21,85 olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Bütün odunsu malzemeler için tuzaklama oranı karşılaştırması.



Şekil 4.11: Bütün odunsu malzemeler için su yüksekliği karşılaştırması.

Memba su yüksekliği değerlerinde de yine tuzaklama oranına paralel olacak şekilde Bent-1'in memba su yüksekliği değerlerinin büyük ölçüde Bent-2'den daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).

4.2 İkinci Grup Deney Sonuçları (Q_{m500} Debisi)

İkinci grup deney sonuçları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de gösterilmektedir.

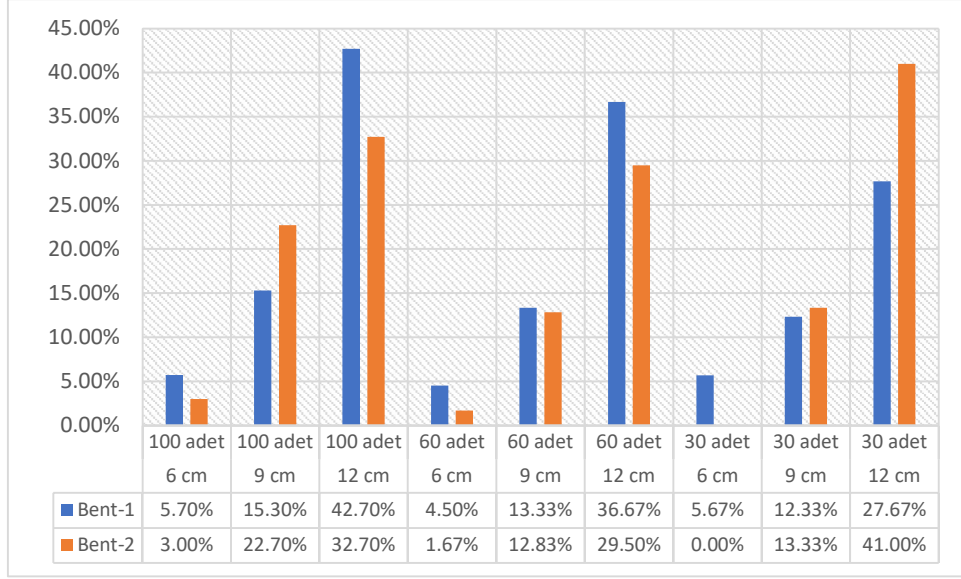
Q_{m500} debisinde Bent-1 ve Bent-2, her odunsu malzeme çapı, uzunluğu ve miktarı için karşılaştırılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir (Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).

Tablo 4.3: Bent-1'e ait deney sonuçları (Q_{m500}).

Deney No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Membra Su Yüksekliği Ort. (cm)
	D (mm)	L (cm)	N (adet)			
1	6	6	100	5.7	5.70	19.68
2	6	9	100	15.3	15.30	20.5
3	6	12	100	42.7	42.70	22.03
4	8	6	100	4.3	4.30	19.78
5	8	9	100	12	12.00	20.53
6	8	12	100	27.3	27.30	22.07
7	9.5	6	100	5.3	5.30	19.92
8	9.5	9	100	18	18.00	21.5
9	9.5	12	100	24	24.00	22.2
10	6	6	60	2.7	4.50	19.65
11	6	9	60	8	13.33	20.1
12	6	12	60	22	36.67	21.25
13	8	6	60	4.7	7.83	19.65
14	8	9	60	9	15.00	20.43
15	8	12	60	21.7	36.17	21.6
16	9.5	6	60	3	5.00	19.68
17	9.5	9	60	11	18.33	20.65
18	9.5	12	60	20	33.33	21.68
19	6	6	30	1.7	5.67	19.55
20	6	9	30	3.7	12.33	19.7
21	6	12	30	8.3	27.67	20
22	8	6	30	2	6.67	19.55
23	8	9	30	3.3	11.00	19.82
24	8	12	30	9	30.00	20.65
25	9.5	6	30	1.7	5.67	19.5
26	9.5	9	30	7	23.33	20.27
27	9.5	12	30	12	40.00	20.92

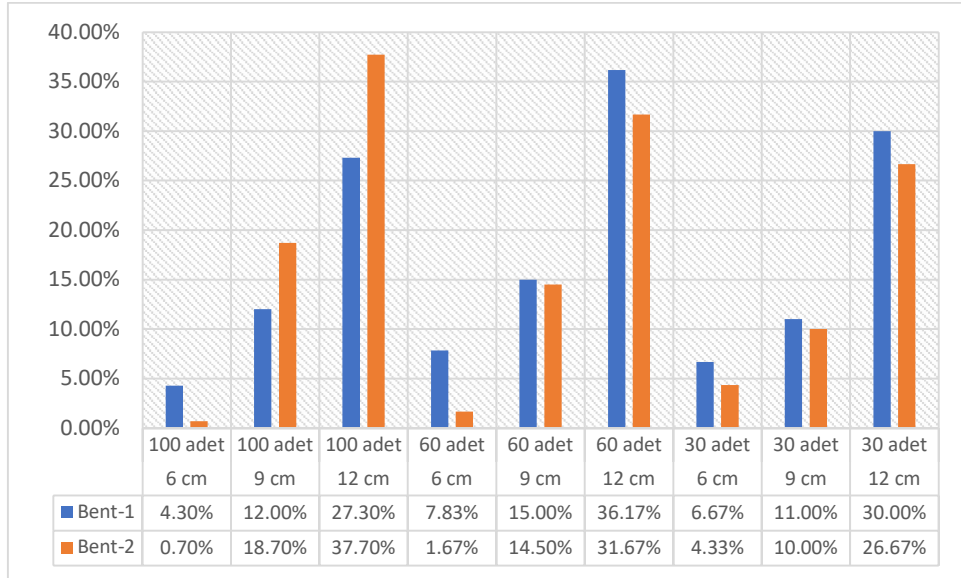
Tablo 4.4: Bent-2'ye ait deney sonuçları (Q_{m500}).

Deney No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Membra Su Yüksekliği Ort. (cm)
	D (mm)	L (cm)	N (adet)			
1	6	6	100	3	3.00	18.23
2	6	9	100	22.7	22.70	18.9
3	6	12	100	32.7	32.70	19.92
4	8	6	100	0.7	0.70	18.27
5	8	9	100	18.7	18.70	19.27
6	8	12	100	37.7	37.70	20.07
7	9.5	6	100	1	1.00	18.28
8	9.5	9	100	16.7	16.70	19.73
9	9.5	12	100	38.7	38.70	20.88
10	6	6	60	1	1.67	18.2
11	6	9	60	7.7	12.83	18.5
12	6	12	60	17.7	29.50	19.22
13	8	6	60	1	1.67	18.2
14	8	9	60	8.7	14.50	18.6
15	8	12	60	19	31.67	19.65
16	9.5	6	60	0.3	0.50	18.18
17	9.5	9	60	8	13.33	18.87
18	9.5	12	60	19.7	32.83	20.13
19	6	6	30	0	0.00	18.1
20	6	9	30	4	13.33	18.32
21	6	12	30	12.3	41.00	18.77
22	8	6	30	1.3	4.33	18.15
23	8	9	30	3	10.00	18.28
24	8	12	30	8	26.67	18.75
25	9.5	6	30	0.3	1.00	18.17
26	9.5	9	30	2.7	9.00	18.67
27	9.5	12	30	10.3	34.33	19.37



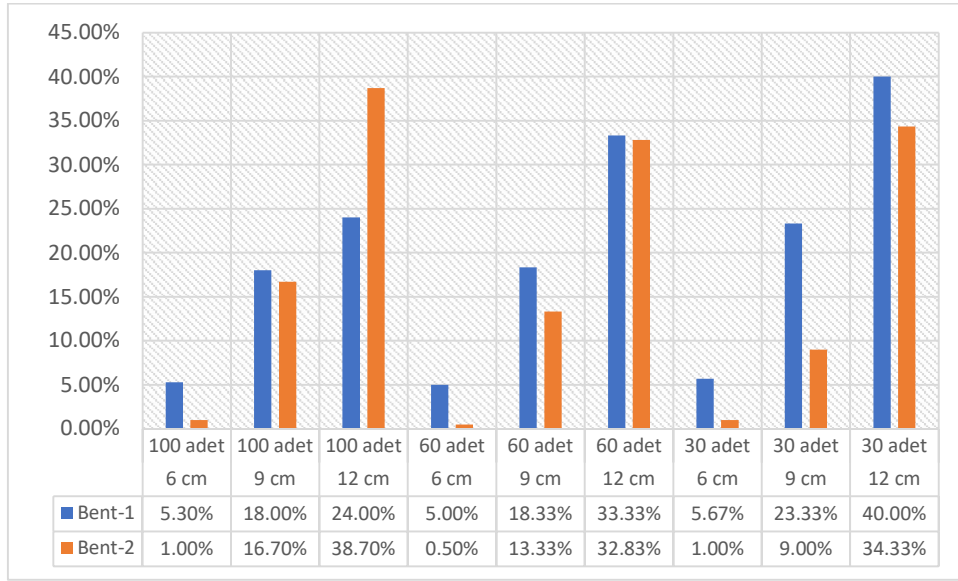
Şekil 4.12: 6 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

6 mm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %17,64, Bent-2 için ise %17,37 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.12).



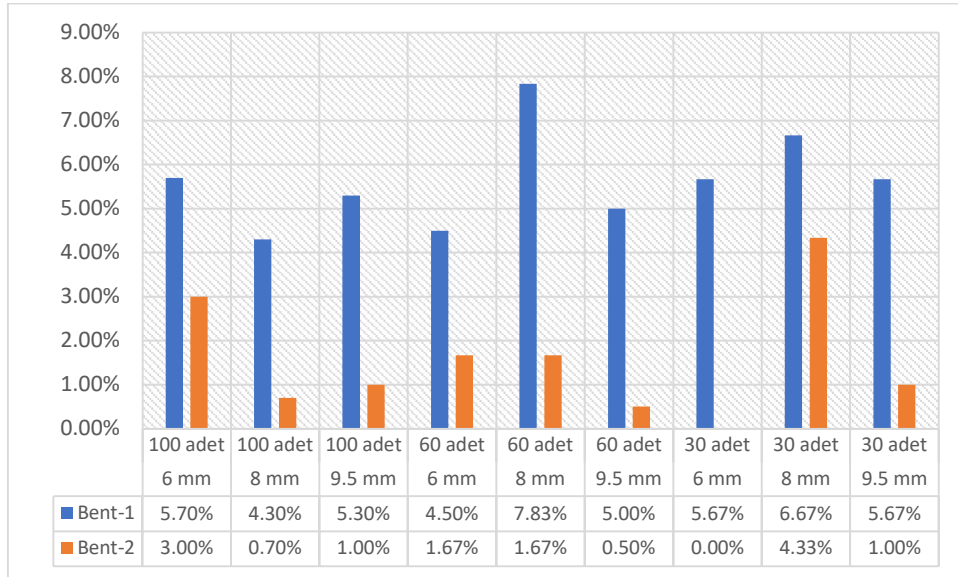
Şekil 4.13: 8 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

8 mm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %16,88, Bent-2 için ise %16,54 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.13).



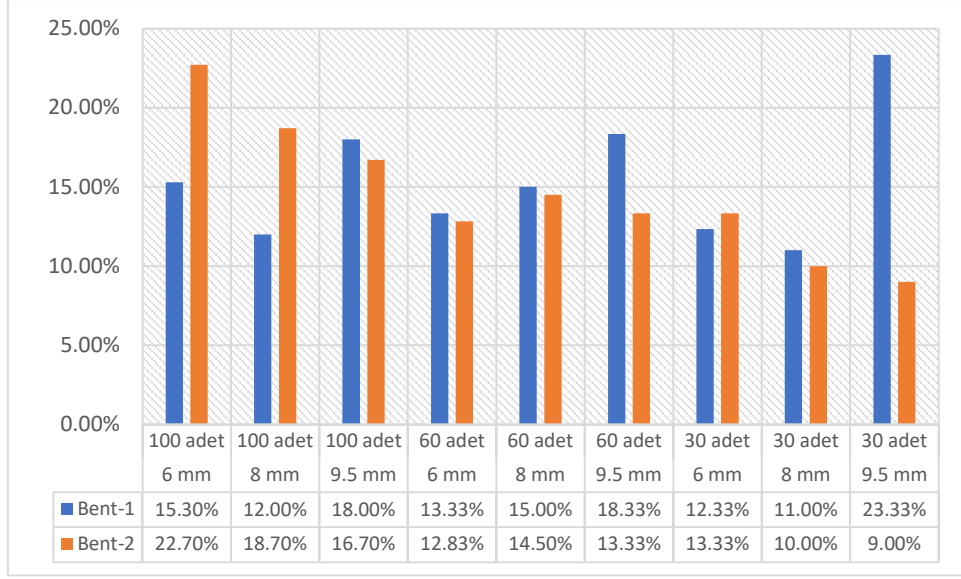
Şekil 4.14: 9.5 mm çapında odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

9,5 mm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %18,09, Bent-2 için ise %15,93 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.14).



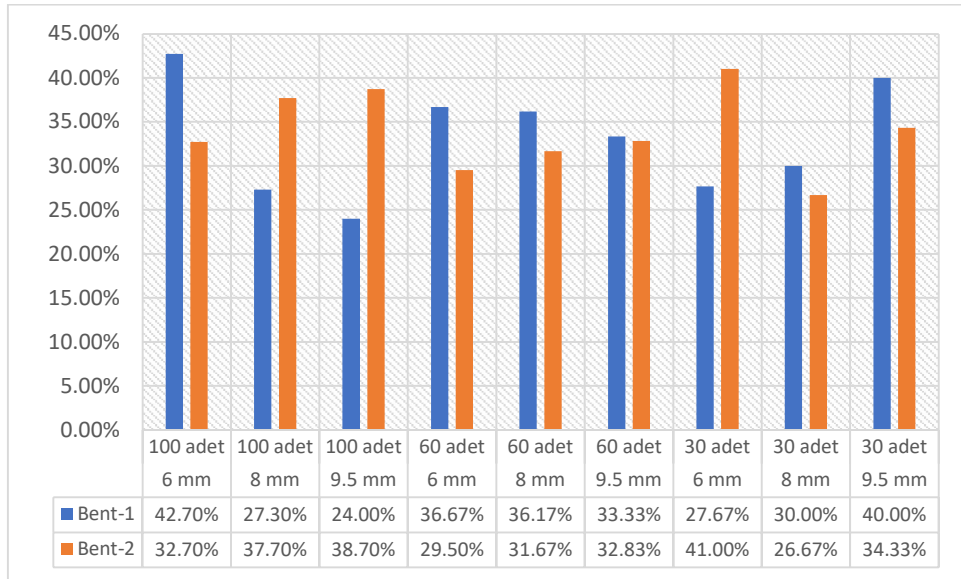
Şekil 4.15: 6 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

6 cm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %5,63, Bent-2 için ise %1,54 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.15).



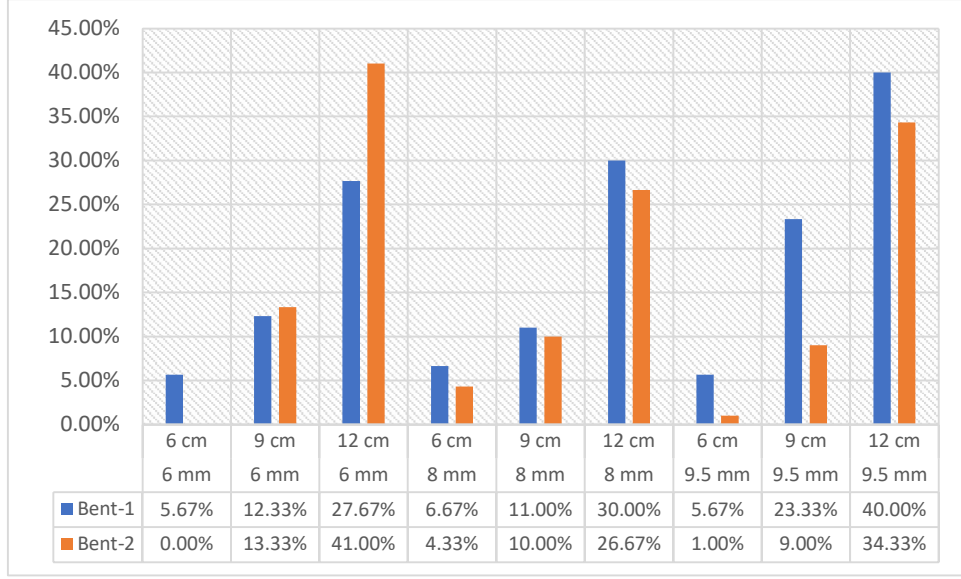
Şekil 4.16: 9 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

9 cm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %15,40, Bent-2 için ise %14,57 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.16).



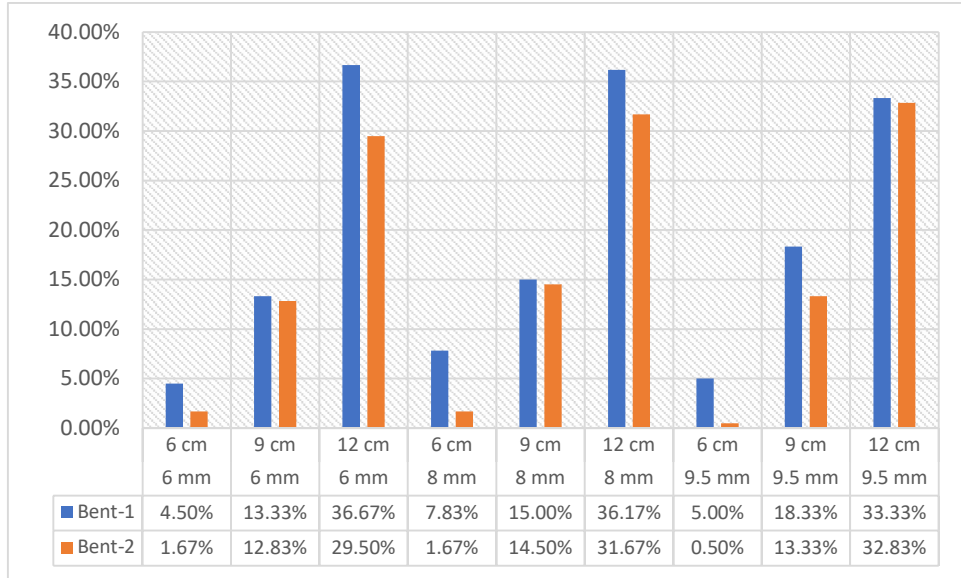
Şekil 4.17: 12 cm boyunda odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

12 cm odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %33,09, Bent-2 için ise %33,90 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.17).



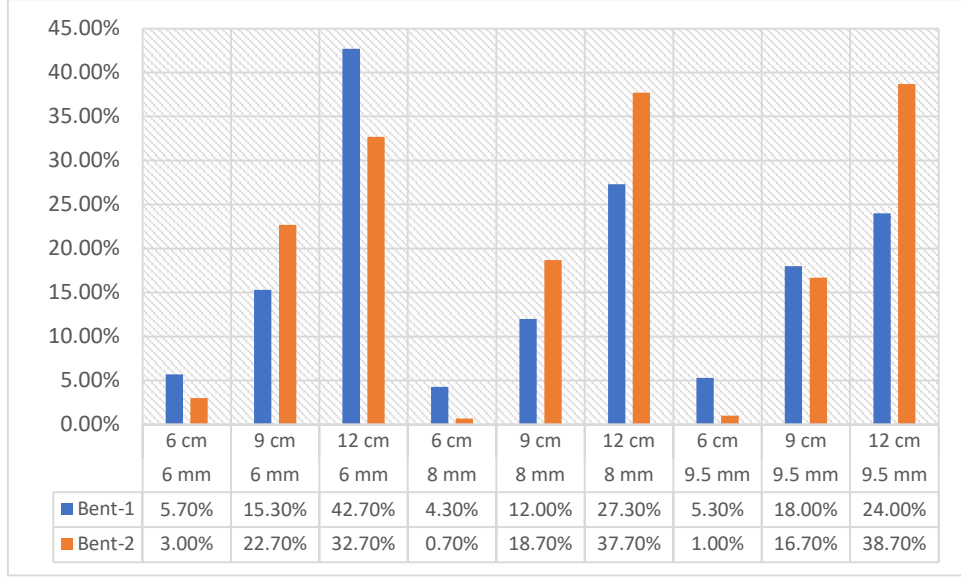
Şekil 4.18: 30 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

30 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %18,04, Bent-2 için ise %15,52 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.19: 60 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

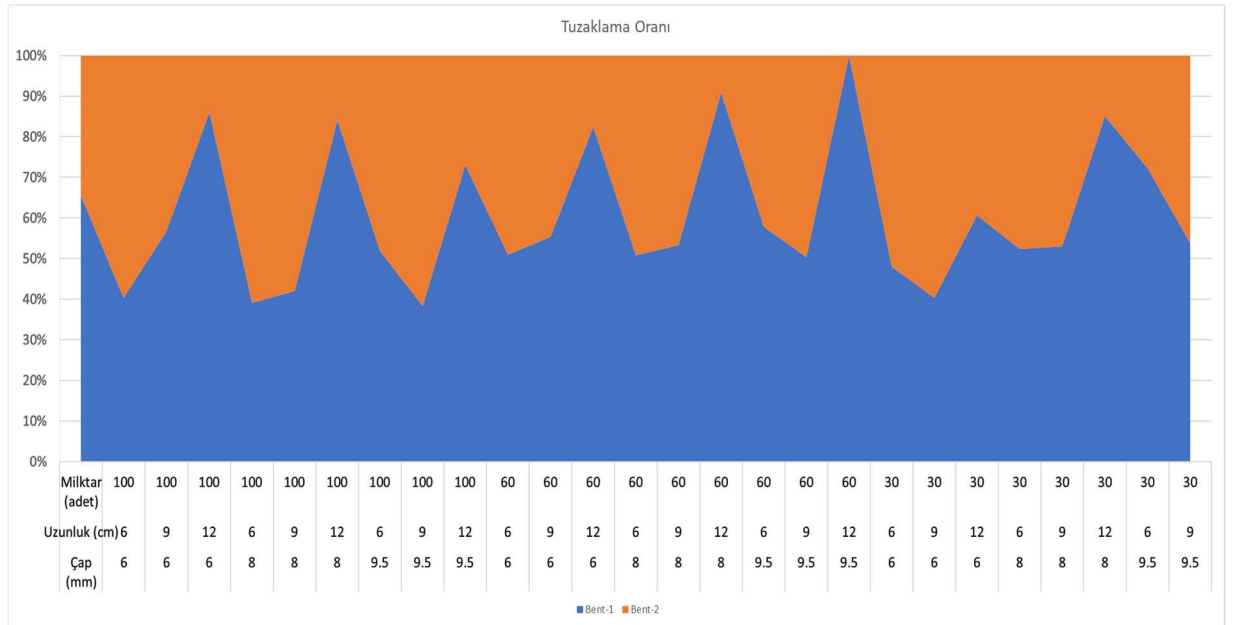
60 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %18,91, Bent-2 için ise %15,39 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.19).



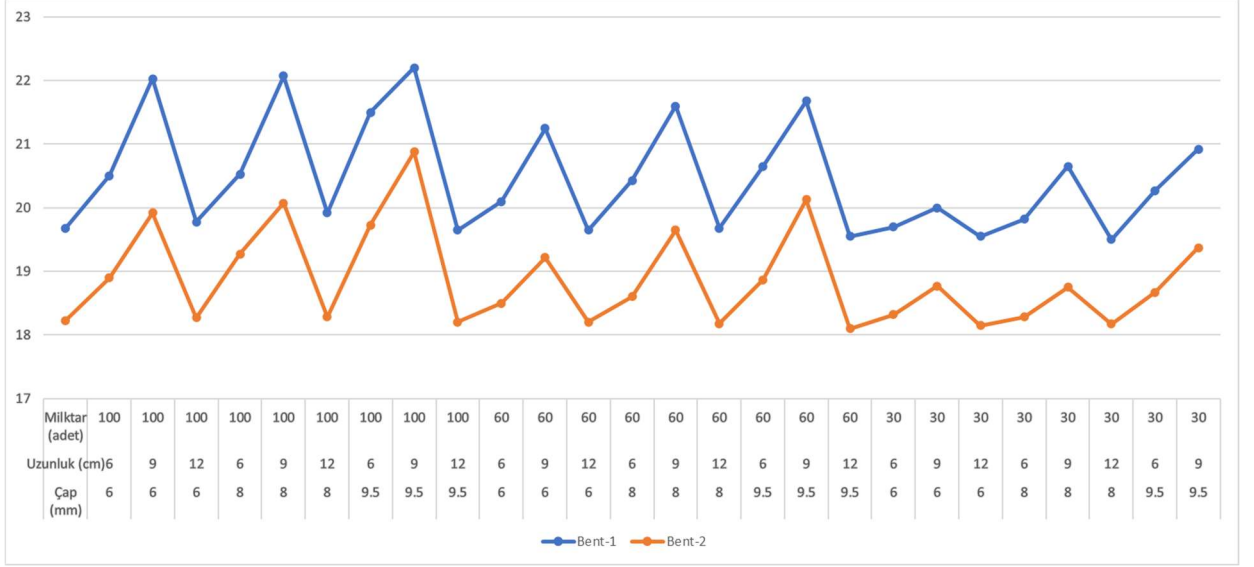
Şekil 4.20: 100 adet odunsu malzeme için tuzaklama oranı karşılaştırması.

100 adet odunsu malzeme için 9 farklı deney seti yapılmış olup, bu 9 deneydeki tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %17,18, Bent-2 için ise %19,10 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.20).

Her odun çapı, uzunluğu ve miktarı için Bent-1'in tuzaklama kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bütün durumlar dikkate alındığında, Bent-1'in ortalama tuzaklama oranı ortalamasının %18,04, Bent-2'nin ise %16,67 olduğu görülmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Bütün odunsu malzemeler için tuzaklama oranı karşılaştırması.



Şekil 4.22: Bütün odunsu malzemeler için su yüksekliği karşılaştırması.

Memba su yüksekliği değerlerinde de yine tuzaklama oranına paralel olacak şekilde Bent-1'in memba su yüksekliği değerleri Bent-2'den daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.22).

Q_{m500} debisi söz konusu olduğunda, her iki bentteki tuzaklama oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Ancak Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de de görüleceği üzere, 6 cm'lik odunsu malzemede Bent-1 açık olarak Bent-2'den daha iyi tuzaklama oranına sahipken (Bent-1: %5,63, Bent-2: %1,54) 9 cm'lik odunsu malzemelerde tuzaklama oranları arasındaki farkın azaldığı (Bent-1: %15,40, Bent-2: %14,57) 12 cm'lik odunsu malzemelerde ise az da olsa daha iyi tuzaklama oranına sahip olduğu görülmektedir (Bent-1: %33,09, Bent-2: %33,90,57). Yine Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de görüleceği üzere, 30 ve 60 adet odunsu malzeme söz konusuyken Bent-1 Bent-2'ye göre daha iyi tuzaklama oranına sahipken (Bent-1: %18,04;18,91, Bent-2: %15,52;15,39), 100 adet odunsu malzemede Bent-2'nin daha iyi tuzaklama oranına sahip olduğu görülmektedir (Bent-1: %17,18, Bent-2: %19,10).

Öte yandan Q_{m50} debisinde bütün durumlardaki tuzaklama oranı ortalamasında Bent-1'in yaklaşık olarak %5 daha fazla tuzaklama oranına sahip olduğu görülürken (Bent-1: %26,63, Bent-2: %21,85), Q_{m500} debisinde Bent-1'in yaklaşık olarak %1,5 daha iyi tuzaklama oranına sahip olduğu görülmektedir (Bent-1: %18,04, Bent-2: %16,67). Bu da debi arttıkça her iki bent arasındaki tuzaklama oranı farkının azaldığını göstermektedir.

Yukarıdaki sonuçlar incelendiğinde, her iki debi değerinde de klasik geçirgen tersip bendi olan Bent-1'in, V şeklindeki geçirgen tersip bendi olan Bent-2'ye göre daha iyi tuzaklama oranına sahip olduğu, ancak debi değeri yükseldikçe aralarındaki tuzaklama oranı farkının azaldığı görülmekte, hatta odunsu malzeme boyu ve miktarının artması ile Bent-2'nin Bent-1'e göre daha yüksek tuzaklama oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu etkiyi daha net görebilmek için yine Q_{m500} debisini kullanarak, ancak odunsu malzeme miktarını arttırarak 3 farklı karışım senaryosu belirlenerek yeni deneyler yapılmıştır.

4.3 Üçüncü Grup Deney Sonuçları (Karışım Senaryoları)

Üçüncü grup deneylerde, Bent-1 ve Bent-2'ye ait sonuçlar Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterilmektedir.

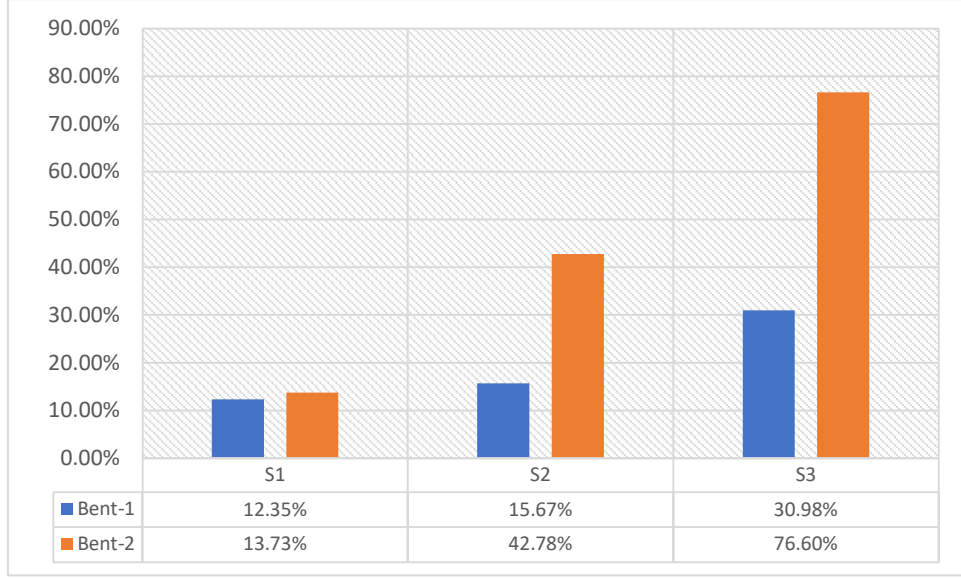
Tablo 4.5: Bent-1'e ait karışım senaryosu deney sonuçları.

Senaryo No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Membra Su Yüksekliği Ort. (cm)
	6 (cm)	9 (cm)	12 (cm)			
1	300	44	42	47,66	12,35	21,96
2	40	220	40	47,00	15,67	22,08
3	40	40	175	79,00	30,98	22,30

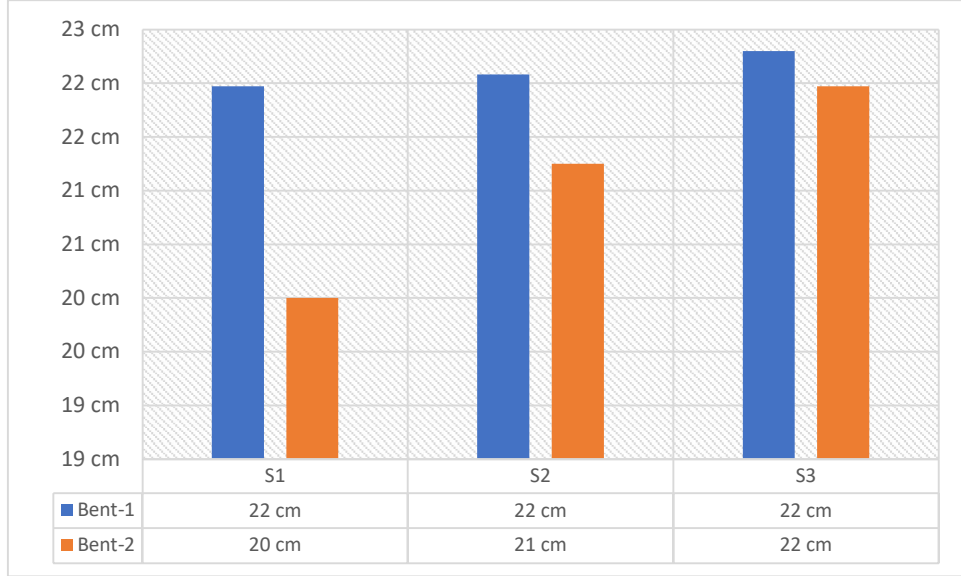
Tablo 4.6: Bent-2'ye ait karışım senaryosu deney sonuçları.

Senaryo No	Odunsu Malzeme			Tuzaklama Ort. (adet)	Tuzaklama Oranı (%)	Membra Su Yüksekliği Ort. (cm)
	6 (cm)	9 (cm)	12 (cm)			
1	300	44	42	53,00	13,73	20,00
2	40	220	40	128,33	42,78	21,25
3	40	40	175	195,33	76,60	21,97

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterilmiş olan tuzaklama ortalaması her üç deneydeki tuzaklanan odunsu malzeme sayısının aritmetik ortalamasını, tuzaklama oranı tuzaklama ortalamasının deneyde kullanılan odunsu malzeme miktarına oranını, memba su yüksekliği ortalaması ise her üç deneyde bendin membaında bulunana iki adet sensörden gelen verilerin ortalamasını ifade etmektedir. İki bendin tuzaklama oranı ile memba su yüksekliği karşılaştırması Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



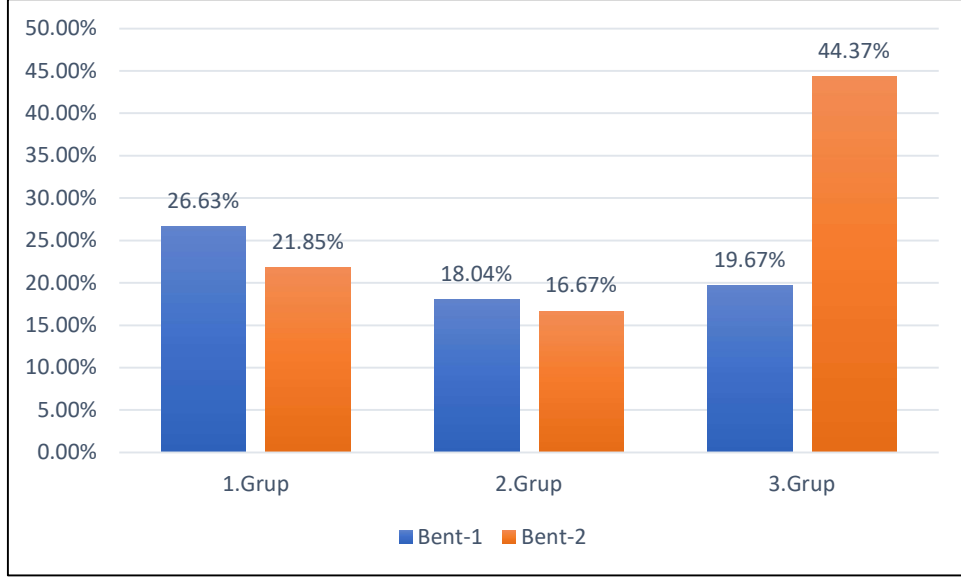
Şekil 4.23: Üçüncü grup deneyler için tuzaklama oranı karşılaştırması.



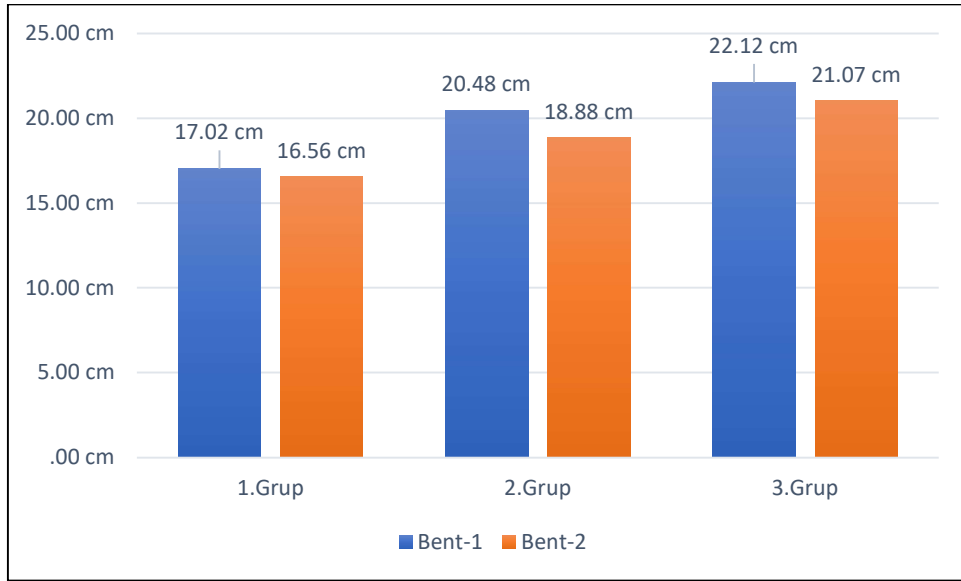
Şekil 4.24: Üçüncü grup deneyler için memba su yüksekliği karşılaştırması.

Deneyleri yapılmış olan üç senaryoda tuzaklama oranı ortalaması Bent-1 için %19,67, Bent-2 için ise %44,37 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.23).

Her deney grubu için karşılaştırmalı tuzaklama oranları Şekil 4.25'te, memba su yükseklikleri ise Şekil 4.26'da gösterilmiştir.



Şekil 4.25: Her deney grubu için tuzaklama oranı karşılaştırması.



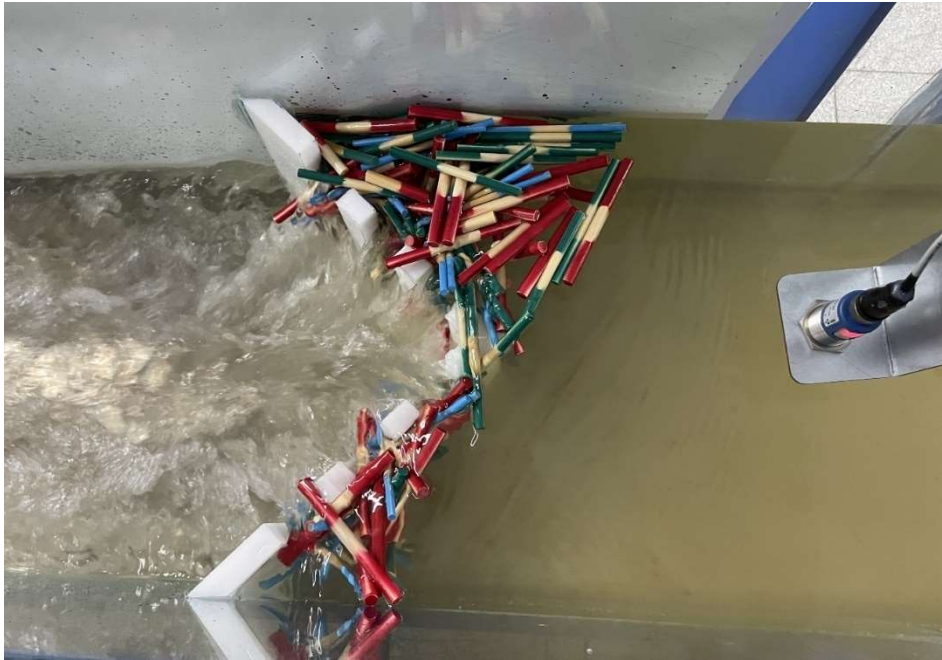
Şekil 4.26: Her deney grubu için memba su yükseklikleri karşılaştırması.

Birinci ve ikinci grup deneylerde tuzaklama oranı fazla olan Bent-1'deki memba su yüksekliğinin Bent-2'den daha fazla olduğu görülmüştü. Ancak üçüncü grup deneylerde tuzaklama oranının Bent-1'de daha az olmasına rağmen (Şekil 4.25), memba su yüksekliğinin yine Bent-2'den daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.26). Bunun sebebi ise Bent-1'de tuzaklanan malzeme miktarının artması ile birlikte memba su yüksekliğinin de artması, artan su yüksekliği ile birlikte suyun bendin üzerinden aşarak tuzaklanan malzemelerin büyük çoğunluğunu da mansaba geçirmesidir (Şekil 4.27). Oysa Bent-2

odunsu malzemeyi Şekil 4.28'deki gibi tuzakladığından, ortadaki açıklıklardan mansaba su geçişi devam etmekte, bu da memba su yüksekliğinin bendin üzerinden aşacak kadar yükselmesine engel olarak başarılı bir tuzaklama performansı sunmaktadır.



Şekil 4.27: Odunsu malzemenin Bent-1'in üzerinden aşması.



Şekil 4.28: Bent-2'nin odunsu malzemeyi tuzaklaması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçirgen tersip bentlerinin, odunsu malzeme tuzaklamalarını incelemek için üç farklı çap, uzunluk ve miktarda odunsu malzeme ile birlikte, iki farklı debi ve iki farklı tersip bendi alternatifi için toplam 342 adet deney yapılmış olup her iki bent için tuzaklama oranları ve memba su yükseklikleri karşılaştırılmıştır. Deneyler üç gruba ayrılmış olup birinci grup deneyler $Q_{m50}= 51,204 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile her bir odunsu malzeme çap, uzunluk ve miktarı için yapılmıştır. İkinci grup deneyler $Q_{m500}=75,406 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile yine her bir odunsu malzeme çap, uzunluk ve miktarı için yapılmıştır. Üçüncü grup deneyler ise yine $Q_{m500}=75,406 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile yapılmış ancak daha yüksek miktarda odunsu malzeme kullanılmıştır. Bent-1 klasik ayaklı geçirgen tersip bendini modeli olup Bent-2 V şeklinde tasarlanmıştır.

Q_{m50} debi ile yapılan birinci grup deneylerde bütün odunsu malzeme çap, uzunluk ve miktarı için, Bent-1, Bent-2'ye göre daha yüksek tuzaklama oranlarına sahip olduğu görülmüştür. Her iki bendin de benzer boşluk oranına ve aynı aralık boyutlarına sahip olduğu düşünüldüğünde, düşük odunsu malzeme sayısı ve debide geometrik değişimin tuzaklamayı artırıcı etkisi olmadığı görülmektedir.

Her ne kadar iki bendin benzer boşluk oranları olsa da Bent-2'nin aks uzunluğu daha fazla olduğundan boşluk miktarı da Bent-1'den fazla olmaktadır. Bunun tuzaklama dezavantajı sağladığı düşünülmektedir. Öte yandan kanaldan gelen su bendin burun kısmına çarptıktan sonra daha dar bir kesite girmektedir. Burada akım hızının değişebileceği ve bunun tuzaklamaya etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ancak bu etki bu tezde incelenmemiştir.

Q_{m500} debisi ile yapılan ikinci grup deneylerde Bent-1, Bent-2'ye göre daha yüksek tuzaklama oranına sahip olmakla beraber tuzaklama oranı arasındaki farkın azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda Bent-1'in memba su yüksekliklerinin de Bent-2'den çoğunlukla yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.11, Şekil 4.22). Tuzaklama oranının artması ile bendin dışları arasından su geçişinin azaldığı, dolayısıyla memba su yüksekliğinin arttığı görülmektedir.

Q_{m500} debi ile yapılan üçüncü grup deneylerde üç farklı karışım senaryosu belirlenmiş, bu senaryoların ilkinde 6 cm, ikincisinde 9 cm, üçüncüsünde ise 12 cm'lik odunsu malzemenin

ağırlıkta olması istenmiştir (Tablo 3.4). Bu senaryolarda Bent-2'nin tuzaklama oranlarının Bent-1'e göre fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.23).

Birinci ve ikinci grup deneylerde tuzaklama oranı daha fazla olan Bent-1'deki memba su yüksekliğinin daha fazla olduğu, üçüncü grup deneylerde ise tuzaklama oranı daha az olmasına rağmen (Şekil 4.25), memba su yüksekliğinin yine Bent-2'den daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.26). Bent-1'de tuzaklanan malzeme miktarı artmasıyla bendin kesitinin daralmakta ve bu da memba su yüksekliğinin artmasına sebep olmaktadır. Artan su yüksekliği ile birlikte su bendin üzerinden aşarak tuzaklanan odunsu malzemeleri de mansaba geçirmiştir (Şekil 4.27). Oysa Bent-2 odunsu malzemeyi Şekil 4.28'deki gibi tuzakladığından, ortadaki açıklıklardan mansaba su geçişi devam etmekte, bu da suyun bendin üzerinden aşmasına engel olarak odunsu malzemeyi tuzaklamaya devam etmesini sağlamaktadır.

Dolayısıyla Bent-2'nin tuzaklama oranı debi değeri arttıkça artmakta, odunsu malzeme miktarı ile boyutları arttıkça daha da artmaktadır. Akçalı (2022)'de belirtilen "gemirburnu tipi geçirgen tersip bendi" modeli ile Anılan vd. (2023)'te belirtilen "eğri ayaklı geçirgen tersip bendi" tiplerinin benzeri olan V tipi geçirgen tersip bendi tipinin, suyun bendin üstünden aşma ihtimalinin olduğu yüksek debili, yüksek miktarda ve büyük boylarda odunsu malzeme taşıyan derelerde tercih edilmesinin daha efektif olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada her iki tersip bendi için tek eğim değeri için çalışmalar yapılmıştır. Farklı kanal eğimleri ile birlikte yeni deneyler yapıp yeni analizlerle sonuçlar çeşitlendirilebilir. Yine farklı tipte tersip bentleri, farklı uzunluk ve açıda V tipi tersip bendi ile çalışmalar yapılmasının ve deneysel çalışmaların sayısal modellerle karşılaştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akarsu Islahı, Taşkın ve Rüşubat Kontrol Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İşi Genel Teknik Şartnamesi. Erişim adresi:
https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/622/akarsu_islahi_taskin_ve_rusubat_kontrol_yapilari_uygulama_projeleri_yapim_isi_genel_teknik_sartnamesi_r01_20241125.pdf
- Akçalı, E. (2022). Taşkın ve rüşubat kontrolünde yeni öneri: gemiburnu tip geçirgen bent. *Teknik Dergi*, 33(6), 12847-12861.
- Anılan, T. and Akçalı, E. (2023). Fast clogging problem of open check dams and a new type suggestion: curved footed type open check dam. *Journal of Mountain Science*, 20(5), 1201-1219.
- Aytemur, H. S. (2021). Geçirimli tersip bentlerinin hidrolik analizi (Tez No. 689970) [Yüksek lisans tezi, Bitlis Eren Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Chan, H. C., Yang, H. K., Lin, P. W., and Lee, J. T. (2020). Discharge formula for flows over open-check dams. *Flow Measurement and Instrumentation*, 72, 101690.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2019). *Taşkın ve rüşubat kontrolü planlama raporlarının hazırlanmasına dair kılavuz*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Dinçsoy, Y. (2008). *Islah sekisi ve tersip bentleri*. DSİ Yayınları.
- Furlan, P., Pfister, M., Matos, J., Amado, C., and Schleiss, A. J. (2019). Experimental repetitions and blockage of large stems at ogee crested spillways with piers. *Journal of Hydraulic Research*, 57(2), 250-262.
- Hashimoto, H., Hashimura, K., Nagano, H., and Maricar, F. (2016). Experimental investigation into flow behavior of wood-sediment-water mixture at a grid type of open check dam. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 9(4), 188-193.
- Karşlıoğlu, O. N. (2024). *HEC-RAS 2B modelleme ile tersip bendi tiplerinin karşılaştırılması* (Tez No. 892960) [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

- Kim, M. I. and Kim, N. (2021). Analysis of Debris Flow Reduction Effect of Check Dam Types considering the Mountain Stream Shape: A Case Study of 2016 Debris Flow Hazard in Ulleung-do Island, South Korea. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 8899368.
- Korkanç, S. Y. and Korkanç, M. (2006). Sel ve taşkınların insan hayatı üzerindeki etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 42-50.
- Li, S., You, Y., Chen, X., Liu, J., and Chen, J. (2019). Regulation effectiveness of a window-check dam on debris flows. *Engineering Geology*, 253, 205-213.
- Lucas-Borja, M. E., Piton, G., Yu, Y., Castillo, C., and Zema, D. A. (2021). Check dams worldwide: Objectives, functions, effectiveness and undesired effects. *Catena*, 204, 105390.
- Maricar, F., Hashimoto, H., Ikematsu, S., and Miyoshi, T. (2011). Effect of two successive check dams on debris flow deposition. *Italian Journal Of Engineering Geology And Environment*, 1073-1082.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2023). *2023 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/2023-metafet-raporu.pdf>
- Petrus, F., Pallu, M. S., Thaha, M. A., and Maricar, F. (2020). Effect of the slope of flume bed to the debris potential flow. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 419, No. 1, p. 012109)*. IOP Publishing.
- Piton, G., Horiguchi, T., Marchal, L., and Lambert, S. (2020). Open check dams and large wood: head losses and release conditions. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(12), 3293-3314.
- Piton, G. (2016). *Sediment transport control by check dams and open check dams in Alpine torrents* [Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes]. Hal Theses. <https://theses.hal.science/tel-02603609/>
- Piton, G., Goodwin, S. R., Mark, E., and Strouth, A. (2022). Debris flows, boulders and constrictions: a simple framework for modeling jamming, and its consequences on outflow. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 127(5), e2021JF006447.

- Piton, G. and Recking, A. (2016). Design of sediment traps with open check dams. I: Hydraulic and deposition processes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142(2), 04015045.
- Razmkhah, A., and Ebrahimi Fardshad, A. (2015). Experimental study of the effect of hydraulic parameters on debris flow control in inclined slit trapezoidal check dams. *Journal of Water Sciences Research*, 1(2), 11.
- Rossi, G. and Armanini, A. (2020). Experimental analysis of open check dams and protection bars against debris flows and driftwood. *Environmental Fluid Mechanics*, 20(3), 559-578.
- Ruiz-Villanueva, V., Piégay, H., Gurnell, A. M., Marston, R. A., and Stoffel, M. (2016). Recent advances quantifying the large wood dynamics in river basins: New methods and remaining challenges. *Reviews of Geophysics*, 54(3), 611-652.
- Schalko, I., Lageder, C., Schmocker, L., Weitbrecht, V., and Boes, R. M. (2019). Laboratory flume experiments on the formation of spanwise large wood accumulations: I. Effect on backwater rise. *Water Resources Research*, 55(6), 4854-4870.
- Schalko, I. and Weitbrecht, V. (2022). Wood blockage and sediment transport at inclined bar screens. *Journal of Hydraulic Research*, 60(1), 164-172.
- Schalko, I., Schmocker, L., Weitbrecht, V., and Boes, R. (2018, September). *Hazards due to large wood accumulations: Local scour and backwater rise*. In E3S web of conferences (Vol. 40, p. 02003). EDP Sciences.
- Schwindt, S., Franca, M. J., and Schleiss, A. (2015). *Experimental evaluation of the discharge capacity of flow constrictions by check dams in mountain rivers*. In Proc. of Int. Congress IAHR 2015.
- Schwindt, S., Franca, M. J., and Schleiss, A. (2016). The influence of the opening width of check dams on bedload continuity of mountain rivers. *Proceedings of River Flow*, 1156-1160.
- Schwindt, S., Franca, M. J., Reffo, A., and Schleiss, A. J. (2018). Sediment traps with guiding channel and hybrid check dams improve controlled sediment retention. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(2), 647-668.

- Shima, J., Moriyama, H., Kokuryo, H., Ishikawa, N., and Mizuyama, T. (2016). Prevention and mitigation of debris flow hazards by using steel open-type sabo dams. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 9(3), 135-144.
- Şişman, H. Ç. (2009). *Experimental investigation on sharp crested rectangular weirs* (Tez No. 255210) [Yüksek lisans tezi, Middle East Technical University]. Ulusal Tez Merkezi.
- Sun, H., You, Y., and Liu, J. F. (2018). Experimental study on characteristics of trapping and regulating sediment with an open-type check dam in debris flow hazard mitigation. *Journal of Mountain Science*, 15(9), 2001-2012.
- Sun, H., You, Y., Liu, J., Zhang, G., Feng, T., and Wang, D. (2021). Experimental study on discharge process regulation to debris flow with open-type check dams. *Landslides*, 18, 967-978.
- Sümer, B. M., Ünsal, İ., ve Bayazıt, M. (1983). Hidrolik. Birsen Yayınevi.
- Taşkın ve Rüşubat Kontrolü Yönetmeliği. (2019, 3 Mayıs). Resmi Gazete (Sayı: 30763).
Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190503-1.htm>
- Wright, K. N. (2010). *Evaluation of check dams for sediment control on disturbed land surfaces* [Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign]. Illinois Library. <https://www.ideals.illinois.edu/items/16034>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : İbrahim AD

Doğum tarihi ve yeri :

e-posta :

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2021-2025
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2004-2008
Lise	Ümraniye Lisesi	2000-2003