

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

ZIRH TASARIMINDA KULLANILAN  
DEĞİŞİK YÜZEYLİ KOMPOZİT  
MALZEMELERİN BALİSTİK ÖZELLİKLERİ

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEME NEDİR ?

KOMPOZİT MALZEMELER, ŞEKİL VE KİMYASAL BİLEŞİMLERİ FARKLI, BİRBİRİ İÇERSİNE PRATİK OLARAK ÇÖZÜNMEYEN İKİ VEYA DAHA FAZLA MALZEMENİN UYGUN ÖZELLİKLERİNİ TEK MALZEMEDE TOPLAYARAK YENİ BİR ÖZELLİĞİ ORTAYA ÇIKARMAK AMACIYLA, MALZEMELERİN MAKRO DÜZEYDE BİRLEŞTİRİLMESİ SONUCU OLUŞTURULAN MALZEMELERE KOMPOZİT MALZEME DENİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEME

★ MATRİS ÖZELLİKLERİ

★ FİBER ÖZELLİKLERİ

★ ARA YÜZEY

★ MİKRO YAPI

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEME

★ MUKAVEMET

★ ÇEKME DAYANIMI

★ ÖZGÜL MODÜL

★ YORULMA DAYANIMI

★ DARBE SOĞURMA ENERJİSİ

★ TASARIM ESNEKLİĞİ

★ KOROZYON

★ BAĞLANTI ELAMANI

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIM ALANI

- ★ OTOMOTİV
- ★ UZAY VE HAVACILIK
- ★ SAVUNMA SANAYİ
- ★ KİMYA
- ★ ELEKTRİK
- ★ İNŞAAT
- ★ DENİZCİLİK
- ★ MAKİNA
- ★ DİĞER

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEMELERDE YAPI BİLEŞENLERİ

- ★ FİBER YAPILI KOMPOZİTLER
- ★ PUL YAPILI KOMPOZİTLER
- ★ PARTİKÜL YAPILI KOMPOZİTLER
- ★ DOLGU YAPILI KOMPOZİTLER
- ★ TABAKA YAPILI KOMPOZİTLER

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT MALZEMELERİN SINIFLANDIRILMASI

- ★ METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLER
- ★ SERAMİK MATRİSLİ KOMPOZİTLER
- ★ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## BALİSTİK

BALİSTİK, YERÇEKİMİ VE ATMOSFERİK ŞARTLAR ALTINDA ATEŞLENEN VEYA GERİ TEPMEYLE İTİLEN CİSİMLERİN, ÖZELLİKLEDE PARÇACIK (ŞARAPNEL), MERMİ VE ROKETLERİN HAREKETLERİNİ İNCELEYEN BİLİM DALIDIR. BALİSTİK DÖRT BÖLÜME AYRILIR :

- İÇ BALİSTİK,
- ORTA BALİSTİK,
- DIŞ BALİSTİK,
- HEDEF BALİSTİĞİ.



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## BALİSTİĞİN BÖLÜMLERİ

İÇ BALİSTİK, TOZLARIN YANMASIYLA VE SİLAH VEYA ROKETTEKİ GAZ YAYILMASININ YERİNİ TUTAN OLAYLARDAKİ TERMODİNAMİK PROSESLERLE İLGİLENİR.

ORTA BALİSTİK, PARÇACIK VEYA ROKETİN TÜP VEYA FIRLATMA DÜZENEĞİNİ TERK EDİŞİ SIRASINDAKİ DAVRANIŞLARIYLA VE OLUŞABİLECEK BOZUKLUKLARLA İLGİLENİR.

DIŞ BALİSTİK, ROKET, MERMİ VEYA PARÇACIĞIN FIRLATMA PLATFORMUNU VEYA NAMLU AĞZINI TERKETTİKTEN SONRA GERÇEKLEŞEN HAREKETLERİYLE İLGİLENİR.

HEDEF BALİSTİĞİ, HEDEFLERİNE ULAŞAN PARÇACIKLARIN ETKİLERİNİ AÇIKLAR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## HEDEF BALİSTİĞİ

HEDEF BALİSTİĞİ, MERMİLERİN HEDEF ÜZERİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ ETKİLERİ İNCELEMEDİR. MERMİLERİN HEDEF ÜZERİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ ETKİLER, ALTI ANA GRUP ALTINDA TOPLANIR.

- A. ZIRHLI HEDEFLERİN DELİNMESİ
- B. HEDEFTE PARÇA TESİRİ
- C. HEDEFTE BLAST ETKİSİ
- D. HEDEFTE YANGIN TESİRİ
- E. HEDEFİN AYDINLATILMASI
- F. SİS, ZEHİRLİ GAZ, RADYOAKTİF VE MİKROP ETKİSİ

BU ETKİLERİN TÜMÜNÜ İÇEREN BİR MERMİ MEVCUT DEĞİLDİR. BU NEDENLE HEDEF ÜZERİNDE AMAÇLANAN TESİRE GÖRE DEĞİŞİK TİPTE MERMİLER GELİŞTİRİLMİŞTİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## MERMİLER

GÖMLEKSİZ MERMİLER ; SADECE KURŞUN ÇEKİRDEKTEN OLUŞUR.  
GÖMLEKLİ MERMİLER ; KURŞUN ÇEKİRDEĞİN ÜZERİ GÖMLEKLE  
KAPLANMIŞTIR.

### GÖMLEKSİZ MERMİLER :

- KURŞUN, YUVARLAK BURUNLU,
- KURŞUN, KÜT,
- KURŞUN, YARIM YUVARLAK

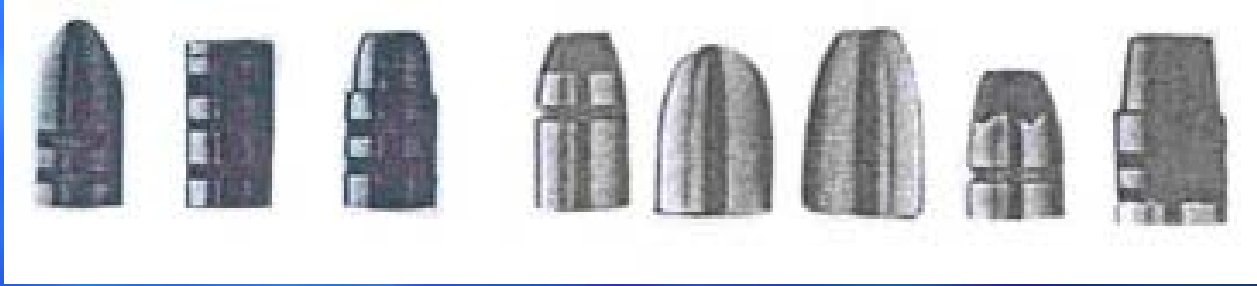
### GÖMLEKLİ MERMİLER :

- METAL KAPLI,
- YUMUŞAK UÇLU,
- GÖMLEKLİ OYUK UÇLU,
- YARIM GÖMLEKLİ OYUK UÇ,
- GAZ KONTROLLÜ, KURŞUN

# AFYON KOÇATEPE ÜNİVERSİTESİ

## MERMİLER

GÖMLEKLİ MERMİLERDE DELME HIZI YÜKSEK, TAHRİBAT AZ, GÖMLEKSİZ MERMİLERDE İSE HIZ ALÇAK, TAHRİBAT FAZLA OLUR.



BİR MERMİNİN HEDEFTEKİ DELME ETKİSİ ;

- A. MERMİ ÇAPINA
- B. MERMİNİN ENERJİSİNE
- C. MERMİNİN ZİRHA VURUŞ AÇISINA
- D. MERMİ VE ZİRH MALZEMESİNİN METALURJİK YAPISINA BAĞLIDIR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## HASARLAR

FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİT PLAKALARDA DARBE SONUCU DÖRT DEĞİŞİK ÖNEMLİ HASAR ORTAYA ÇIKMAKTADIR.

- MATRİS HASARI,
- DELAMİNASYON,
- FİBER HASARI,
- NÜFUZİYET.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## HASARLAR

- MATRİS HASARI, ENİNE DARBENİN OLUŞTURDUĞU HASARIN İLK TİPIDİR VE GENELLİKLE MATRİS KIRILMASI ŞEKLİNDE MEYDANA GELİR. MATRİS HASARI AYRICA FİBER VE MATRİS ARA YÜZEYİ ARASINDAKİ BAĞIN KOPMASI ŞEKLİNDE DE OLUŞUR.
- DELAMİNASYON, AYNI KATMAN GRUBUNDAKİ TABAKALAR ARASINDA DEĞİL, FARKLI FİBER ORYANTASYONLARINA SAHİP TABAKALAR ARASINDA MATRİS BAKIMINDAN ZENGİN BÖLGEDE MEYDANA GELEN BİR KIRILMADIR.

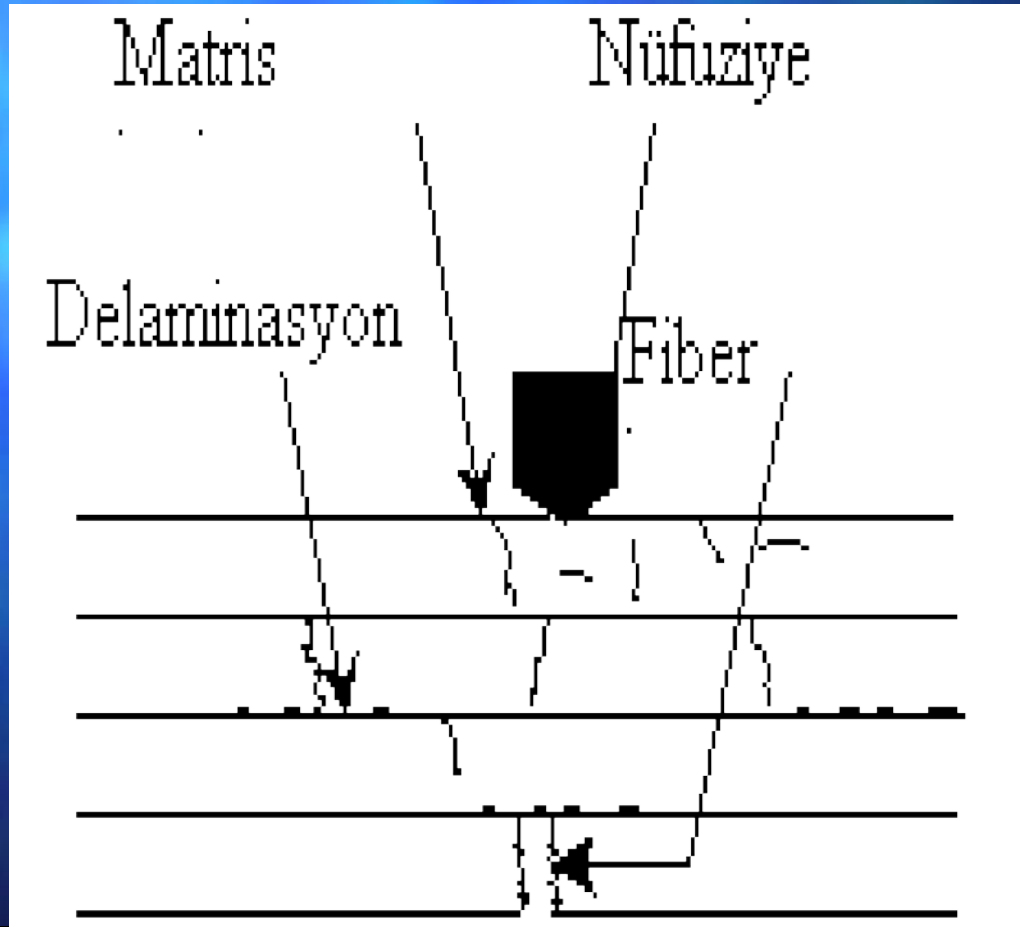
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## HASARLAR

- FİBER KOPMASI, GENELLİKLE MATRİS KIRILMASI VE DELAMİNASYONDAN DAHA SONRA MEYDANA GELİR. FİBER KOPMASINA NEDEN OLAN EN ÖNEMLİ İKİ FAKTÖR YÜKSEK LOKAL GERİLMELER VE YÜKSEK EĞME GERİLMELERİDİR.
- NÜFUZİYET, HASARIN MAKROSKOBİK BİR MODUDUR VE ÇARPAN CİSMİN MALZEMEYE TAMAMIYLA NÜFUZ ETMESİNE MÜSAADE EDEN, FİBERİN KRİTİK BİR UZAMAYA ULAŞTIĞI ZAMAN MEYDANA GELİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## HASARLAR





# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

- ÇALIŞMALAR ESNASINDA DU-PONT FİRMASININ ÜRÜNÜ OLAN KEVLAR 258HPP PREPREG DOKUMA VE DYNEEMA FİRMASININ UHMW-PE UD-HB2 MALZEMELERİ KULLANILMIŞTIR. KULLANILAN MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ AŞAĞIDA SUNULMUŞTUR.

Takviye Malzemesi	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Çekme mukavemeti (Gpa)	Modülüs (Gpa)	Uzama (%)	Yanma Sıcaklık (°C)	Ses Hızı (1000 m/sn)	Kumaş Dayanıklılığı (cN/dtex)
Kevlar 258HPP	1.44	3.32	75	3.6	500	8.2	23.5
UHMW-PE UD-HB2	0.97	3.2	99	3.7	145	10	33

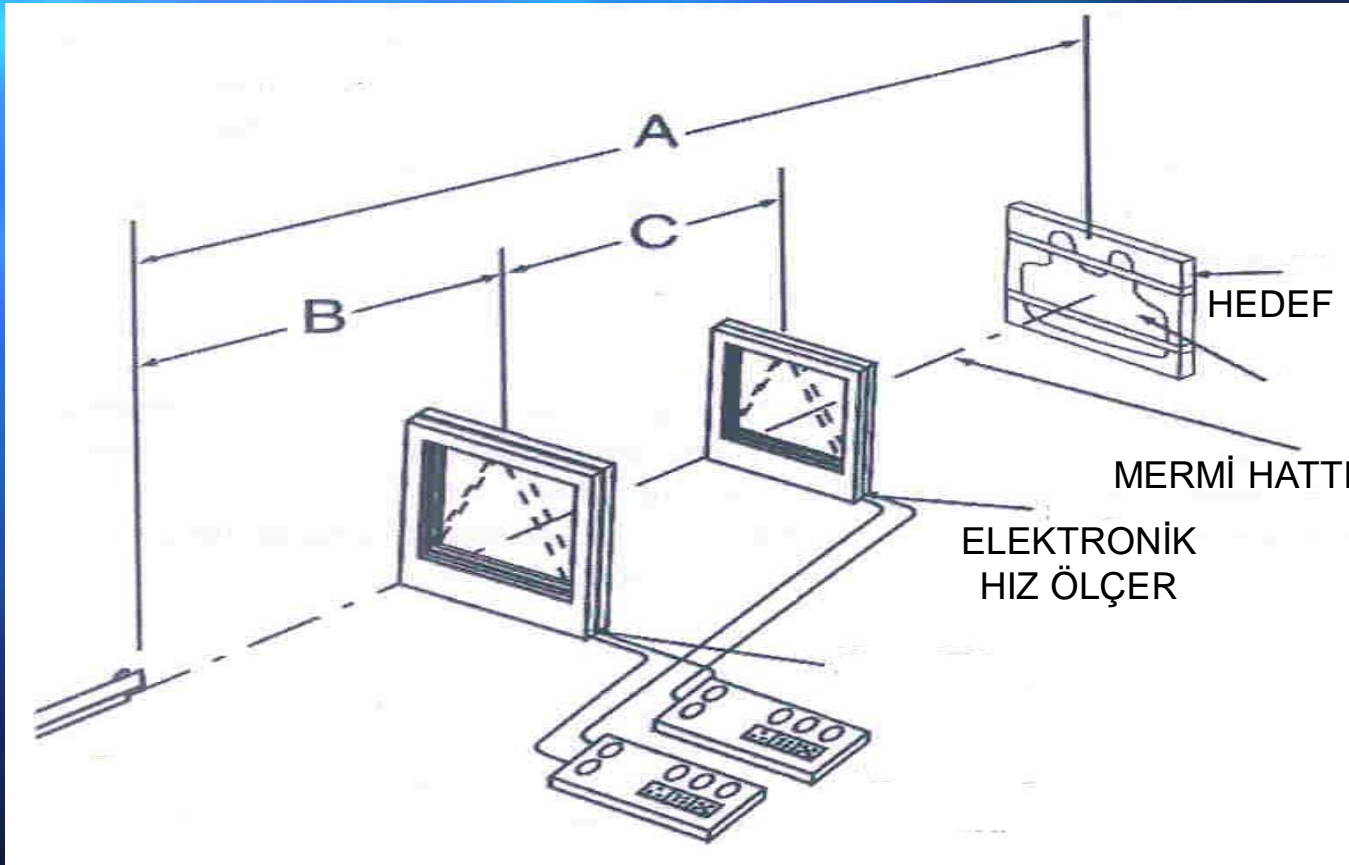
# AFYON KOÇATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KOMPOZİT ZİRH İMALAT PROSES ŞEMASI



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## BALİSTİK TEST DÜZENİĞİ



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## DEFORMASYON ÖLÇÜMÜ



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## KULLANILAN MERMİNİN ÖZELLİKLERİ

KULLANILAN MERMİ	9 MM FMJ
ATIŞ MESAFESİ	5 M
MERMİ ÇEKİRDEK ÇAPI	9.08 MM
MERMİ ÇEKİRDEK AĞIRLIĞI	7.43 GR
MERMİ KOVAN AĞIRLIĞI	3.8 GR
MERMİ UZUNLUĞU	15 MM
BARUT MİKTARI	0.41±0.005

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## ZIRH KESİTİNİN GÖRÜNÜŞÜ



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## MERMİ ÇEKİRDEĞİNİN DURUMU



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## TEST PLAKALARI

### DÜZ ARAMİD PLAKA

820 MM ÇAPINDA SİLİNDİRİK ARAMİD PLAKA

280 MM ÇAPINDA SİLİNDİRİK ARAMİD PLAKA

210 MM ÇAPINDA KÜRE ARAMİD PLAKA

140 MM ÇAPINDA KÜRE ARAMİD PLAKA

### DÜZ POLİETİLEN PLAKA

820 MM ÇAPINDA SİLİNDİRİK POLİETİLEN PLAKA

280 MM ÇAPINDA SİLİNDİRİK POLİETİLEN PLAKA

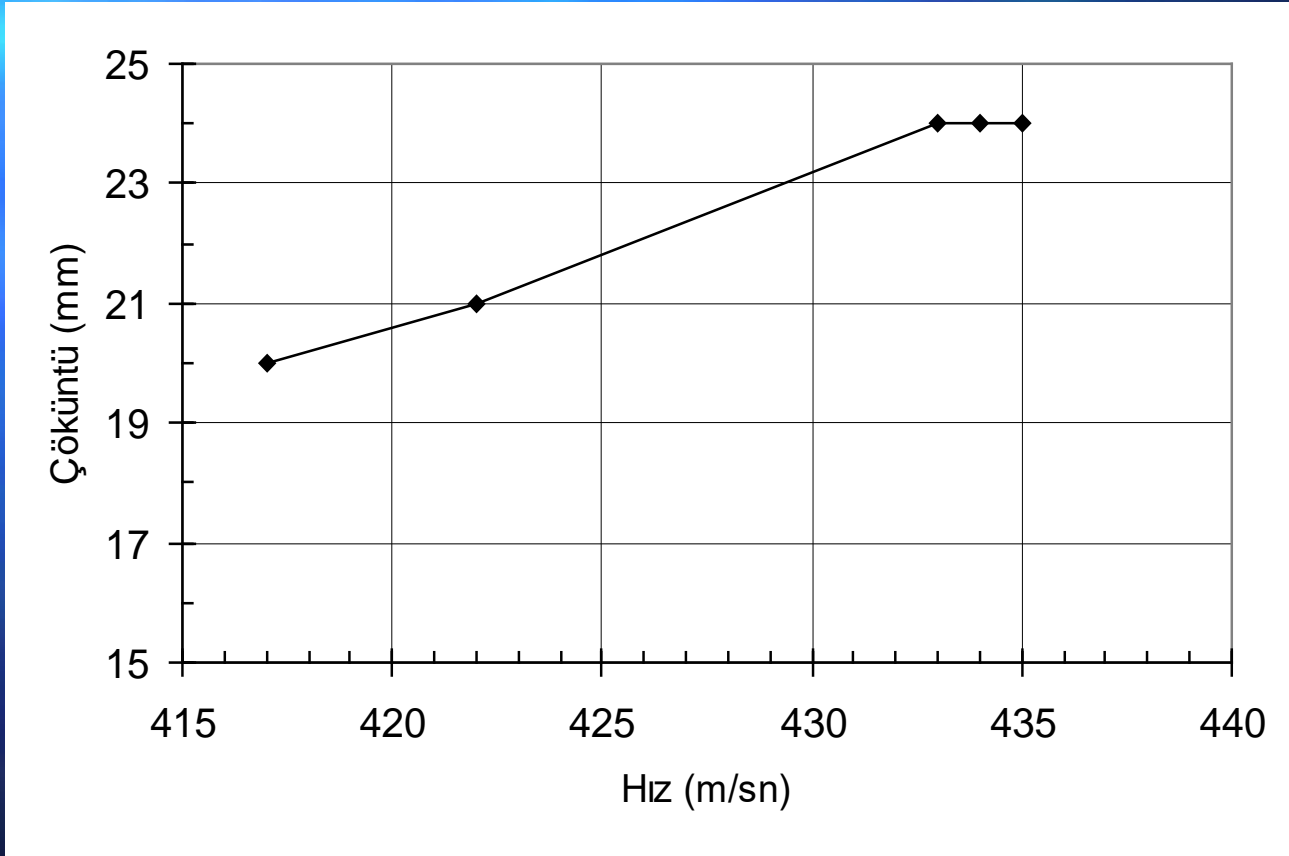
210 MM ÇAPINDA KÜRE POLİETİLEN PLAKA

140 MM ÇAPINDA KÜRE POLİETİLEN PLAKA



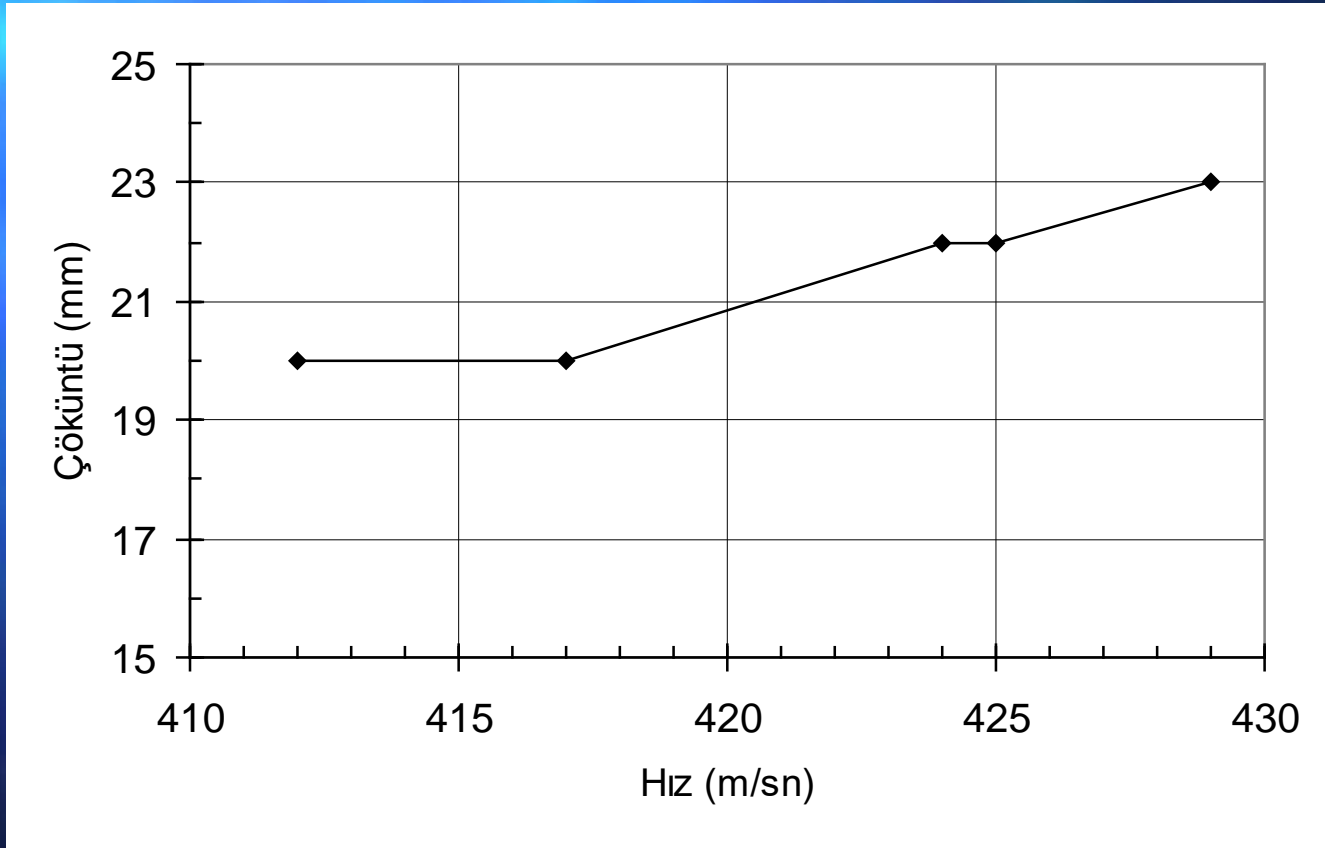
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## ARAMİD DÜZ PLAKA TEST GRAFİĞİ



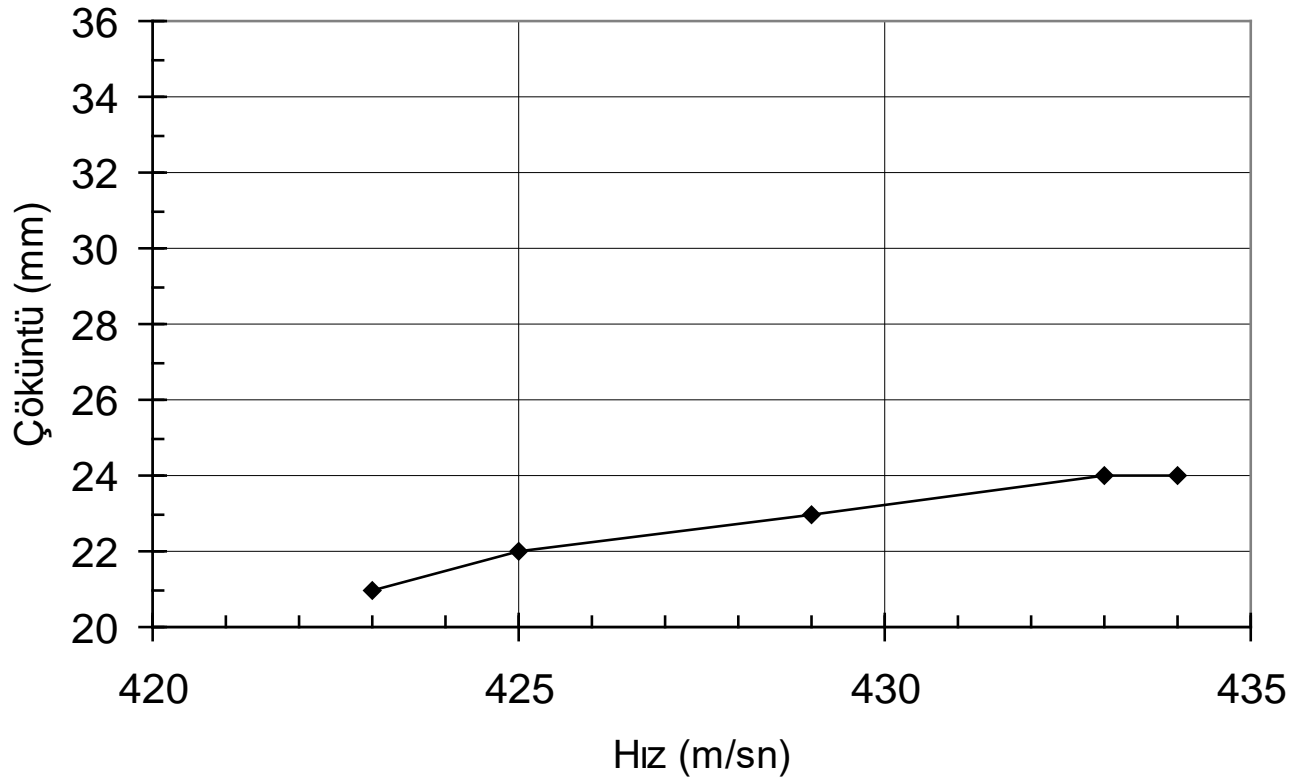
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## Ø 820 MM SİLİNDİRİK ARAMİD PLAKA GRAFIĞI



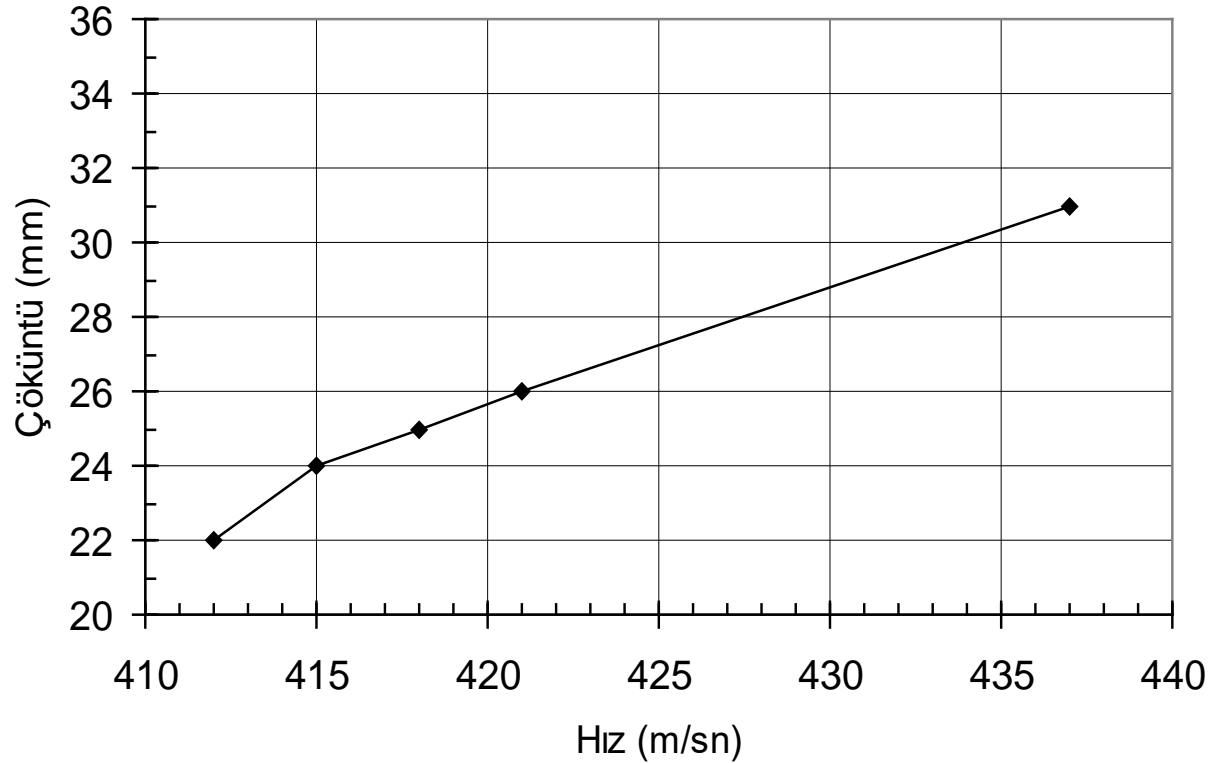
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## Ø 210 MM KÜRE ARAMİD PLAKA GRAFIĞI



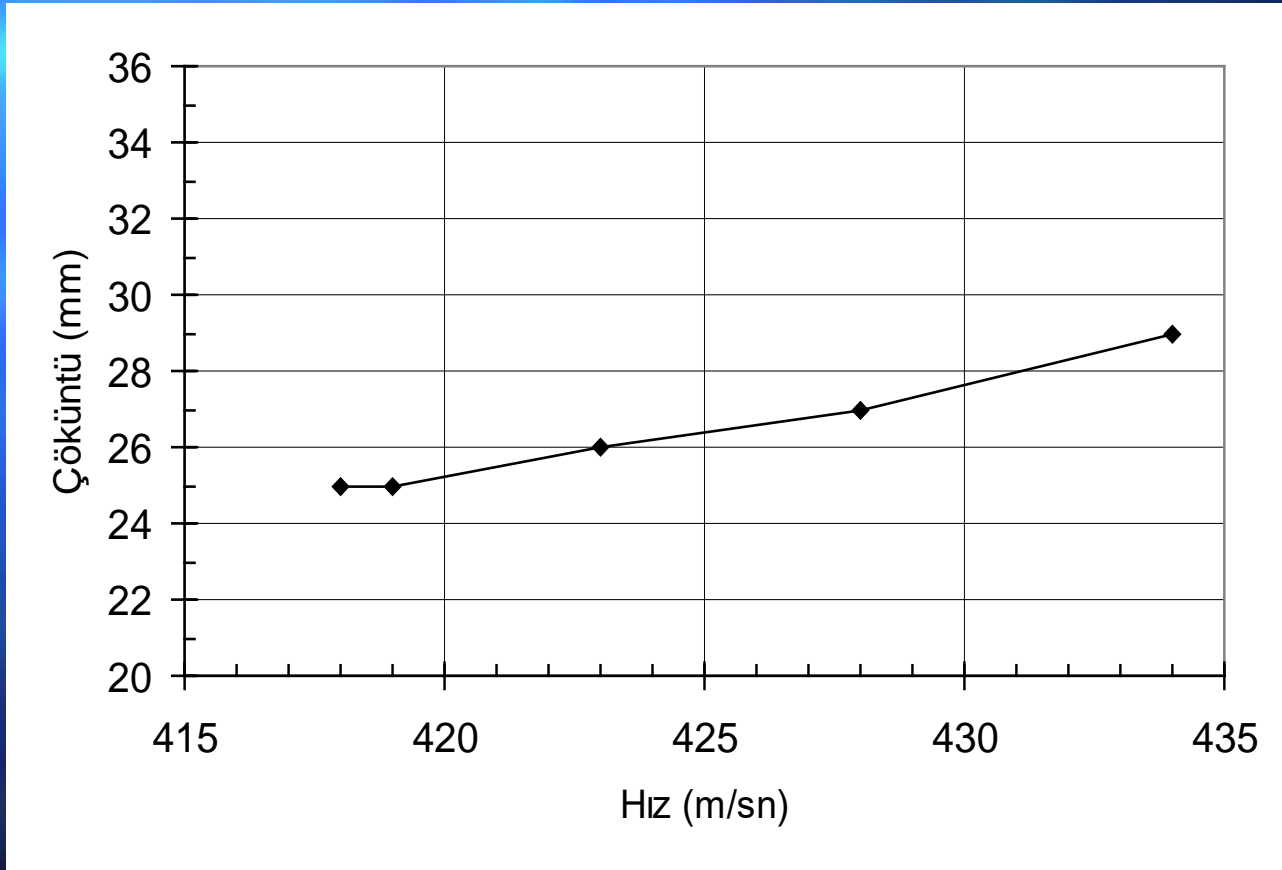
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## POLİETİLEN DÜZ PLAKA GRAFIĞI



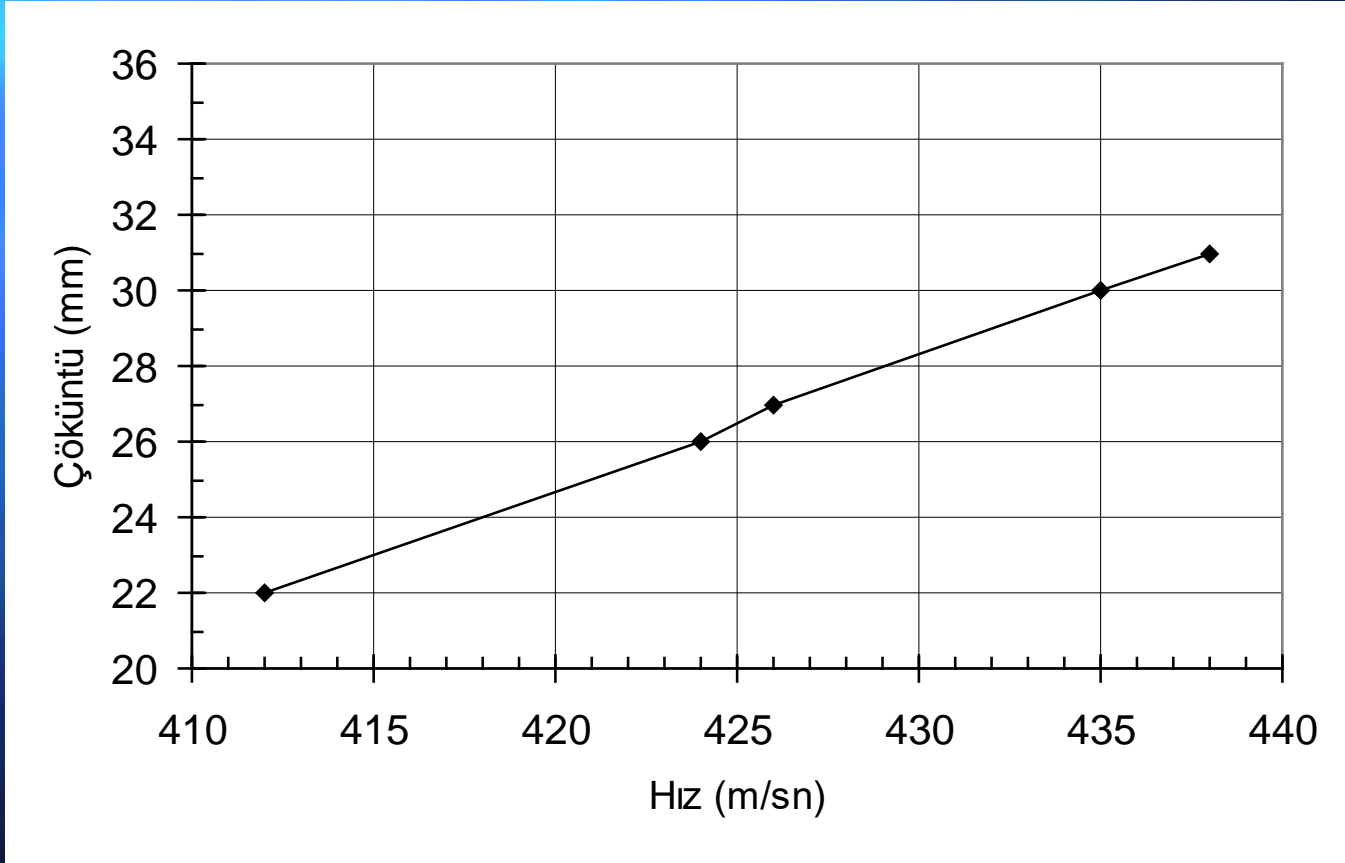
# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## Ø 820 MM SİLİNDİRİK POLİETİLEN PLAKA GRAFIĞI



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## Ø 210 MM KÜRE POLİETİLEN PLAKA GRAFIĞI



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

BALİSTİK ÇARPMA ANINDA, KORUYUCU YÜZEYİNDE, DIŞA DOĞRU VE MERMİ HAREKET YÖNÜNE DİK OLARAK HAREKET EDEN BİR ŞOK DALGASI MEYDANA GELİR. BU ŞOK DALGASININ HIZI, MERMİ HIZIYLA DOĞRU ORANTILI OLUP, HIZ ARTIKÇA MERMİYLE ETKİLEŞİME GİREN FİBER SAYISI DA ARTAR. YANİ HASAR ALANI GENİŞLER.

MERMİ HIZINDA VE MERMİ HAREKET YÖNÜNDE BİR ŞOK DALGASI DA, MERMİNİN ÖNÜNDEKİ FİBERLER ÜZERİNDEN İÇERİYE DOĞRU İLERLER. BU ŞOK DALGASININ HIZI DA MERMİNİN HIZIYLA İLGİLİDİR. ANCAK BU ŞOK DALGASI FİBER YÖNÜNDE DIŞA DOĞRU HAREKET EDEN ŞOK DALGASINDAN DAHA YAVAŞ İLERLER.

TOPLAM EMİLEN ENERJİ, DIŞA VE İÇE DOĞRU İLERLEYEN ŞOK DALGASININ ARKASINDA OLUŞAN DEFORMASYON ENERJİSİNE EŞİTTİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

MERMİNİN ZIRH PLAKASINA ÇARPMASI HALİNDE PLAKADA İÇERİ DOĞRU OLUŞAN ÇÖKÜNTÜ DELİNMEYİ ÖNLEYİCİ BİR ETKİ YAPAR. ÇÜNKÜ MERMİ ENERJİSİ TEORİK OLARAK, DELİNME VE ÇÖKÜNTÜ OLUŞUMU ESNASINDA ZIRH PLAKASI TARAFINDAN EMİLMEKTEDİR. OLUŞAN ÇÖKÜNTÜ FAZLA OLDUĞU ORANDA KORUYUCU MALZEMENİN DELİNEN KATLARININ SAYISI AZALACAKTIR. ANCAK, OLUŞACAK ÇÖKÜNTÜNÜN DAR VE DERİN OLMASI İNSAN HAYATINI TEHLİKEYE SOKACAĞINDAN İSTENMEYEN BİR DURUMDUR. BU DURUMDA, OLUŞACAK ÇÖKÜNTÜYÜ GENİŞ BİR ALANA YAYARAK ÇÖKÜNTÜ DERİNLİĞİNİ AZALTAN TASARIMLAR, AYNI ZAMANDA DELİNEN KORUYUCU KAT SAYISINI DA AZALTACAĞINDAN DAHA UYGUNDUR.



# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

BALİSTİK ÇARPMA ANINDA ENERJİNİN EMİLEBİLMESİ, MERMİ HIZI VE KÜTLESİNE DOĞRUDAN BAĞLIDIR. AĞIR VE YAVAŞ BİR MERMİ, HAFİF VE HIZLI BİR MERMİYE GÖRE, KİNETİK ENERJİLERİ AYNI OLSA BİLE DAHA KOLAY DURDURULABİLİR. ÇÜNKÜ BALİSTİK ÇARPMA ANINDA OLUŞAN ŞOK DALGASININ ETKİSİ MERMİ HIZINA BAĞLI OLARAK ARTMAKTADIR. MERMİ HIZI ARTTIĞINDA, ŞOK DALGASININ HIZI DA ARTACAK, BÖYLECE ŞOK DALGASI AYNI ZAMAN ARALIĞINDA DAHA FAZLA İLERLEYECEKTİR. BUNUN SONUCU OLARAK DA KORUYUCUDA MEYDANA GELECEK OLAN HASAR ARTACAKTIR.

BALİSTİK KORUYUCULAR SADECE, MERMİYİ DURDURMAK İÇİN DEĞİL, AYNI ZAMANDA MERMİ DURDURULURKEN EMİLEN ENERJİYİ DAĞITACAK ŞEKİLDE DİZAYN EDİLİRLER. ÇÜNKÜ EMİLEN ENERJİNİN YÜZEYE İYİ DAĞITILAMAMASI NEDENİYLE OLUŞABİLECEK TRAVMATİK ŞOK DA CİDDİ YARALANMALARA SEBEP OLABİLİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

1. YAPILAN MERMİ TESTLERİ SONUCU ARAMİD MALZEME İÇİN ELDE EDİLEN  $V_{ORT}$  DEĞERİ 427.6 M/S POLİETİLEN MALZEME İÇİN ELDE EDİLEN VORT DEĞERİ 425,8 M/S'DİR. BU DEĞERLER STANDARTTA İSTENİLEN HIZ DEĞERLERİNDEN YÜKSEK HIZLARDIR.

2. ELDE EDİLEN ORTALAMA ÇÖKME DEĞERİ ARAMİD İÇİN 22,5 MM, POLİETİLEN İÇİN 26,9 MM'DİR. NIJ STANDARTLARINDA SEVİYE III-A İÇİN VERİLEN HIZ DEĞERİ 400 M/S, ÇÖKÜNTÜ DEĞERİ İSE 44 MM'DİR. ELDE EDİLEN ÇÖKÜNTÜ DEĞERLERİ DE STANDARTTA BELİRTİLEN DEĞERLERDEN AZDIR.

3. TESTLERDE KULLANILAN MERMİLERİN KÜTLELERİ SABİT OLDUĞUNDAN, MERMİ HIZLARININ ARTMASI İLE DOĞRU ORANTILI OLARAK ELDE EDİLEN ÇÖKÜNTÜ DEĞERLERİ DE ARTMIŞTIR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

4. ÜRETİM PROSESİNDE YAPILAN OPTİMİZASYON İLE 12 DAKİKALIK BİR SÜREÇTE NİHAİ MAMÜL ZIRHIN ELDE EDİLMESİ MÜMKÜN OLMUŞTUR.

5. ORGANİK MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELER KULLANILARAK YURTIÇİNDE DEĞİŞİK YÜZEYLİ ZIRH MALZEMESİ ÜRETİMİ YAPILABİLECEĞİ GÖSTERİLMİŞTİR.

6. ORGANİK MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELERLE YAPILAN DEĞİŞİK YÜZEYLİ ZIRH TASARIMLARINDA MERMİ TESTLERİNDE OLUŞACAK TRAVMANIN ŞEKİL YÜZEYİ İLE HERHANGİ BİR BAĞLANTISI OLMADIĞI GÖZLENMİŞTİR.

# AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

## SONUÇLAR

7. UHMW-PE MALZEMEDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARINDA ARAMİD MALZEMELERDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARINA GÖRE AYNI NUMUNELER İLE AYNI HIZLARDA YAPILAN ATIŞLI TESTLERDE ÇÖKÜNTÜ DEĞERLERİNİN DAHA FAZLA ÇIKTIĞI TESPİT EDİLMİŞTİR.

8. UHMW-PE MALZEMEDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARINDA TESTLER SONUCU MEYDANA GELEN ÇÖKÜNTÜ VE ORTALAMA DEFORMASYON ÇAPLARI ARAMİD MALZEMEDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARINDA TESTLER SONUCU MEYDANA GELEN ÇÖKÜNTÜ VE ORTALAMA DEFORMASYON ÇAPLARINDAN DAHA BÜYÜK DEĞERDE OLUŞTUĞU GÖRÜLMÜŞTÜR.

9. AYNI BALİSTİK KORUMAYI SAĞLAYACAK ŞEKİLDE ARAMİD MALZEMEDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARI UHMW-PE MALZEMEDEN YAPILAN ZIRH TASARIMLARINA GÖRE DAHA HAFİF VE DAHA UCUZ MALİYETLİDİR.