

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAN LEKESİ MODELİNE GÖRE  
KANIN YÜKSEKLİK VE DÜŞME AÇISININ HESAPLANMASI**

**Ömer İren KIZILÖZ**

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ TIP ANABİLİM DALI  
ADLİ BİYOLOJİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Özer KENDİ**

**2006 - ANKARA**

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Adli Biyoloji Programı

çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 13/10/2006



Prof. Dr. Özer KENDİ  
Ankara Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Tevfik CENGİZ  
Ankara Üniversitesi  
Tıp Fakültesi



Prof. Dr. İzzet DUYAR  
Ankara Üniversitesi  
Adli Tıp Enstitüsü



Doç. Dr. Akif ESENDEMİR  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Fizik Bölümü



Doç. Dr. Yaşar BİLGE  
Ankara Üniversitesi  
Tıp Fakültesi

## İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
İçindekiler	iii
Önsöz	v

### 1.GİRİŞ

1.1. Kan Lekeleri	1
1.2. Kan Lekesi Analiz Modeli	2
1.3. Kan Lekesinin İncelenmesi İle Elde Edilebilecek Sonuçlar	3
1.4. Tarihçe	3
1.5. Terminoloji	4
1.5.1. Oluşum Mekanizmalarına Göre Kan Lekesi Çeşitleri	4
1.5.2. Görünümlerine Göre Kan Lekesi Çeşitleri	5
1.6. Kan Lekelerinin Oluşum Hızlarına Göre Sınıflandırılması	10
1.7. Kan Damlasının Seyrini Etkileyen Dinamikler	11
1.8. Hedefe Çarpma Sırasındaki Kan Dinamikleri	12
1.9. Mevcut Kan Üzerine Kanın Damlaması	13
1.10. Kan Lekesinin Şekli ile Çarpma Açısı İlişkisi	14
1.11. Hareket ve Yön Tespiti	15
1.12. Kan Damlalarının Birleşme Noktası (Konverjans Noktası) ve Kanın Kaynaklandığı Noktanın (Orijin Noktası) Saptanması	16
1.13. Çarpma Açısının Saptanması	17
1.14. Orijinin Üç Boyutlu Olarak Saptanması	19
1.15. Sıçrama Kan Lekesi İle Temas Kan Lekesinin Ayırımı	20
1.16. Kan Damlasının Boyutunu Etkileyen Faktörler	20
1.17. Kan Lekesinin Kuruma Süresi	21
1.18. Bir Kan Gölcüğündeki Kan Miktarının Tespiti	21
1.19. Kan Lekesi Modelinin Direkt Analizi	22
1.19.1. $\alpha$ ve $\gamma$ Açıları	24
1.19.2. $\alpha$ ve $\gamma$ 'nın Bir Fonksiyonu Olan $\beta$ Çizgi Açısı	25

<b>2. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	28
<b>3. BULGULAR</b>	31
<b>4. TARTIŞMA</b>	45
<b>5. SONUÇ</b>	48
<b>ÖZET</b>	49
<b>SUMMARY</b>	51
<b>KAYNAKLAR</b>	53
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	56

## ÖNSÖZ

Kan, her türlü şiddet suçunun araştırılmasında en sık kullanılan fiziksel delillerden biridir. Olay yerinde sıklıkla oluşan kan lekelerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi ile olay hakkında bilgi sahibi olunabileceği gibi, olayın yeniden kurgulanması da mümkün olacaktır.

Olay yerinde en sık incelenen lekeler, kan lekeleridir. Kan lekesinin şeklini etkileyen faktörlerden zeminin özelliği, yükseklik ve kanın çarpma açısı, kan lekesinin şeklinin oluşmasında önemli etkenlerdendir. Bu nedenle, bu parametrelerin lekenin şeklinin oluşumunda ne ölçüde etkili olduğunun anlaşılması maksadıyla bu çalışma planlanmıştır.

Bu çalışmada, destek ve ilgilerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Özer Kendi'ye, çalışmam sırasında yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. İzzet Duyar'a, çalışmam boyunca gösterdiği anlayış, sabır ve verdiği destekten dolayı değerli hocam Doç. Dr. Yaşar Bilge'ye, tezimin hazırlanışı sırasında bilgi ve önerilerinden yararlandığım değerli hocam Doç. Dr. Akif Esendemir'e, tezimin her aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Adli Biyoloji Uzmanı değerli hocam Dr. Nihal Açıköz'e, çalışmamın her aşamasında çok değerli fikirlerinden yararlandığım ve yardımlarından dolayı Dr. Hacer Yaşar Teke'ye, tezimin örnek toplama kısmında bana her türlü kolaylığı gösteren Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkez Laboratuvarı çalışanlarına ve sonsuz desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Kan lekeleri, özellikle tecavüz, darp ya da cinayet gibi adli olayların ardında bırakılan en önemli biyolojik delillerdir. Olay yerinde bulunan kan lekelerinin ve izlerinin incelenmesi, birçok öldürme ve yaralama olayının aydınlatılmasında önemli sonuçlar vermektedir.

Kanın biyolojik ve kimyasal yapısında bulunan özelliklerin insandan insana değişmesi, suçların çözümünde kanı önemli kılan faktörlerin başında gelmektedir. Özellikle DNA alanındaki büyük gelişmelerden sonra kan lekelerinin suç araştırmalarında önemi bir kat daha artmış, olay yerinde tespit edilebilecek toplu iğne başı büyüklüğünde bir kan lekesi sayesinde şüphelinin kesin olarak tespiti mümkün hale gelmiştir.

Kan lekelerinin görünüşü, şekli, boyutu ve etrafındaki eşyalarla olan ilişkisi, olayın oluşu hakkında son derece önemli fikirler verebilir. Müessir fiillerde kanın fışkırma veya damlama suretiyle akma şekline, düştükleri yüzeyin niteliğine, açısına ve kanın akma yönüne göre kan lekelerinin biçimleri farklıdır. Dikey olarak herhangi bir yere düşen kan damlası yuvarlak şekillidir. Damlanın düşme mesafesine göre leke etrafında dikensi çıkıntılar ve küçük küçük damlacıklar oluşur. Düşme yüzeyinin eğikliği ne kadar fazla ise, leke o oranda ovalleşir. Meydana gelen leke şekilleri de olayın aydınlatılması bakımından önemlidir (Açıkgöz ve Hancı, 2002).

## 1.1. Kan Lekeleri

Kan lekeleri, bir müessir fiil esnasında vücutta açılan bir yaradan akan kan ile meydana gelebileceği gibi, bir müessir fiile bağlı olmadan da ağız, burun, kulaklar, vajen, penis ucu ve anüs gibi deliklerden akmak suretiyle de meydana gelebilir.

Kan lekeleri, taze iken parlak kırmızıdır. Güneş ışığında pıhtılar koyu kırmızı, değişken ışıpta (lamba ışığında) ise parlak, yarı şeffaf, koyu kırmızıya çalan bir

renkte görünürler. Reçel ve meyve suyu lekeleri ile demirden yapılmış eşya (silahlar, bıçaklar vb.) üzerindeki pas lekeleri de benzer görünüm verebilirler. Lekeler, koyu renkli veya siyah giysi ya da kumaş üzerinde bulunduğu görülmebilirler, ancak leke kan lekesi ise sertleşmiştir ve yansıyan ışıktaki kurumuş pıhtı nedeniyle parlak görülebilir. Kan içinde bulunan albuminlerin pıhtılaşması nedeniyle, ince kumaşlarda hafif bir sertlik oluşur (Açıkgöz ve Hancı, 2002). Leke eskimiş veya sıcakta kalmış ise koyu kırmızı, esmer, siyahımtırak bir renkte görülür. Açıkta kalmış bir kan lekesi, 8-10 saat içinde hemoglobinin hematine dönüşmesi nedeniyle esmerleşir. Cesetteki kan lekesinin rengi sülfmethemoglobinden dolayı yeşile döner (Bilge, 2005). Lekenin rengi, yaşına, miktarına ve üzerinde bulunduğu materyalin cinsine bağlı olmakla birlikte, sadece rengine bakarak lekenin yaşını söylemek pek mümkün değildir. Eğer lekenin bulunduğu materyal beyaz renkli ise, fiziksel inceleme için elverişlidir, ancak mavi siyah kahverengi gibi koyu renkli bir materyal üzerinde ise ve kurumuşsa, laboratuvar incelemesi olmadan pek fazla fikir vermez. İpekli kumaşlar lekeyi tamamen emerken, yünlü kumaşlar lekeyi pek fazla emmezler. Kokuşma halinde ise leke, balık pulları gibi kabarık, parlak ve yer yer yarıklı bir şekil arzeder. Canlıdan akan kan yıkansa bile, bulaştığı yerden kolay kolay çıkmaz, ancak ölü kanı, bulaştığı yere pıhtı halinde bulaştığı için yıkandığında çabuk temizlenir (Açıkgöz ve Hancı, 2002).

## **1.2. Kan Lekesi Analiz Modeli**

Kan, ölümle sonuçlansın ya da sonuçlanmasın her türlü şiddet suçunun araştırılmasında en sık kullanılan ve en belirgin olan fiziksel delillerden biridir. Şiddet suçlarının doğası gereği sıklıkla oluşan kan lekelerinin geometri ve dağılımlarının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ile olay hakkında önemli bilgiler elde edilebileceği gibi, olayın yeniden kurgulanması da mümkün olacaktır.

Uzun süre, kan lekesi dağılımı analizi veya kan lekesi dağılımının değerlendirilmesi gibi tanımlamalar yapılmış ise de, bugün için kan lekesi analiz modeli, kan lekesinin ebat, şekil, dağılım vb. gibi fiziksel özelliklerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyerek sonuçlar çıkaran ve bu çıkarımları yaparken fizik ve matematikten yararlanan bir alandır.

### 1.3. Kan Lekesinin İncelenmesi İle Elde Edilebilecek Sonuçlar

- Kan damlasının hareket yönü,
- Çarpma açısı,
- Kan damlasının kaynaklandığı yerden hedefe kadar yaklaşık olarak kat ettiği mesafe,
- Kanamaya yol açan obje,
- Bir olay sırasında vurulan darbe sayısı,
- Olay sırasında fail, mağdur ve diğer objelerin birbirine göre pozisyonları,
- Olayın oluşu sırasındaki eylemlerin kronolojisi (Bevel, 1983; Deforest ve ark., 1983; James ve Eckert, 1999).

### 1.4. Tarihçe

Kan lekesinin değerlendirilmesi ile ilgili ilk yazılı doküman Krakow Adli Tıp Enstitüsünden Dr. Eduard Piotrowski tarafından 1895 yılında Almanca olarak yayınlanan “Über Entstehung, Form, Richtung und Ausbreitung der Blutspuren nach Hiebunden des Kopfes” adlı eserdir. Bu eser daha sonra birçok kişiye göre kan lekesi analiz modeli disiplininin babası olarak kabul edilen Herbert Leon MacDonell tarafından İngilizce’ye çevrilmiştir. Almanca olan bu eserden sonra ikinci Almanca eser Berlin Üniversitesi’nde adli kimyacı olarak çalışan Dr. Paul Jeserich tarafından 20. yüzyılın başlarında yayınlanmıştır. Fransız adli bilimci Dr. Victor Balthazar ise 1939 yılında Paris adli tıp kongresinde kan lekesi dağılımı ile ilgili Fransızca bir araştırma yazısı yayınlamıştır. Kan lekesi analiz modelinden ilk yararlanan olgu 1949 yılında İngiltere’de Dr. Francis Camps tarafından aydınlatılan bir olgudur. 1955 yılında ise Kaliforniya Üniversitesi’nden Dr. Paul Kirk, Samuel Steppard davasında bulgularını kan lekesi analiz modeline dayandırmıştır. Bu dava, yöntemin yaygın kabul görmesindeki önemli kilometre taşlarından biridir. Bu konudaki modern anlamdaki ilk eser ise 1971 yılında MacDonell’in Lorraine Bialousz ile birlikte yazdıkları “Kan lekesi modeli ve kanın karakteristikleri” adlı kitabı olup yazar 1973, 1982 ve 1997 yıllarında daha geniş kapsamlı kitaplar yayınlamıştır. Bu konu 1983 yılından sonra basılan birçok Adli Bilimler ve kriminalistik kitabında bölüm olarak yer almanın yanında çok sayıda makaleye de konu olmuştur.

Bu çalışmalar 1983 yılında bir dernek çatısı altında toplanmıştır. Bugün için 18 ülkeden toplam 756 üyesi bulunan "IABPA-International Association Bloodstain Pattern Analysis" derneğinin her üç ayda bir yayınlanan bilimsel bir yayın organı dışında her yıl düzenli olarak yaptıkları kongre ve çok sayıda eğitim seminerleri gibi aktiviteleri bulunmaktadır (MacDonell, 1981; Sutton, 1993; Bevel ve Gardner, 1997).

### **1.5. Terminoloji**

Çarpma açısı: Kan damlasının hedefe çarptığı andaki hız vektörü ile çarpma yüzeyi arasındaki açıya, çarpma açısı adı verilir. Bu açı en çok 90° olabilir. Kan lekesi analizinde çarpma açısı hesaplanabilmektedir.

Kan damlasının yönü: Kan damlasının hedefe doğru izlediği yol ve hedefe çarpma sırasındaki yönünün gösterilmesi kan lekesi analiz modeli ile sağlanan önemli bir bilgidir. Kan damlasının hedefe çarpması sırasında oluşan kuyruk, damlanın seyir yönünü gösterir.

Birleşme noktası: Kan damlalarının geometrik olarak birbirine yaklaştıkları nokta olup, belli sayıda kan damlasının uzun ekseninin geriye doğru uzatılması sureti ile elde edilir.

Lekenin orijini: Kan lekelerinin kaynaklandığı alan olup, birleşme noktasına doğru kan lekelerinin çarpma açıları dikkate alınarak geri gelinmesi ile oluşturulur (Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999).

#### **1.5.1. Oluşum Mekanizmalarına Göre Kan Lekesi Çeşitleri**

Kan lekeleri, oluşum mekanizmalarına göre sırası ile pasif, transfer ve projektıl lekeler olarak üç ana gruba ayrılır. Bu temel gruplandırma, araştırmanın başlangıç döneminde oldukça yardımcı olsa da, incelemenin ilerleyen safhalarında daha detaylı sınıflandırma gerekmektedir.

Pasif kan lekesi: Yaralı bir elden damlayan kan damlaları ya da kişinin ölmeden önceki son pozisyonunda aldığı yaralardan sızan kanın oluşturduğu kan gölü, bu tür lekelerdendir.

Transfer kan lekesi: Kanlı bir elin veya kanla bulaşık saçın, duvar, giysi gibi herhangi bir yere sürülmesi sonucunda oluşan lekelerdir. Bu lekeler, temas kan lekeleri olarak da adlandırılmaktadırlar.

Projektil kan lekesi: Arteriyel kanama veya kanlı bir aletin sallanmasıyla sıçrama sonucunda oluşan kan lekeleri, bu gruba örnek olarak verilebilir (Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999).

### **1.5.2. Görünümlerine Göre Kan Lekesi Çeşitleri**

Arteriyel-basınçlı kanama: Arteriyel kan venöz kana göre oldukça yüksek bir basınçla akmakta olduğundan, herhangi bir arteriyel yaralanma sonrasında kalbin her sistolünde artan ve her diastolünde azalan ark şeklinde bir kan lekesi dağılımı görülür. Arteriyel kanın doğrudan hedefe fıskırdığı durumlarda leke, zikzaklar oluşturan ve aralarında birçok dikensi çıkıntı bulunan izler şeklinde oluşur. Bu görünüm çamurun içerisine tazyikli su sıçradığında oluşan görünüme benzer bir görünümdür.

Jikle eden kanama: En belirgin özelliği miktarı ve dikensi çıkıntılar içermesidir. Kanın fıskırmasına yol açan güç ne kadar fazla ise, oluşan dikensi çıkıntının sayısı o kadar fazladır. En tipik örneği, arteriyel kanamalar olup, yırtılan artere göre oluşan model farklılık gösterir. Birçok kez sistolik ve diastolik fluktuasyonları, oluşan modelde gözlemek olasıdır.

Sıçrama kan lekeleri: Yaralanmayı oluşturan darbe, kanın küçük damlacıklara ayrılmasına yol açar. Yerçekimi etkisi ile kendiliğinden damlayan bir venöz kan damlasını, bundan ayırt etmek gerekir.

Kılcal damar görünümü: Kan, iki sert yüzey arasına sıkıştığında, kanın yapışkan özelliği ile yüzey gerilimi arasında mücadele olur. Sıkışıklık gevşediğinde, iki yüzey arasında köprülenmeler oluşur. İki yüzey daha fazla birbirinden ayrıldığında kanın yüzey tansiyonu kanın adhesiv etkisine üstün gelir ve ortaya kanı sıkıştıran her iki yüzeyi de yansıtmayan bir görünüm ortaya çıkar. Bu görünüm iki olay söz konusu olduğunda ortaya çıkar. Bunlardan birincisi kan ile bulaşmış bir el, duvar veya masa gibi sert bir yüzeye temas edip ayrıldığında oluşur. Oluşan kan lekesinin içerisinde sanki kılcal kan damarlarını andıran çizgisel görüntüler oluşabilir. Oluşan kan akımının görüntüsünü değiştiren ikinci durum ise, akan kanın civardaki objeler tarafından engellenmesidir ki, olaylar zinciri içerisinde bu tür bir oluşuma mağdurun kolu ile temas içerisinde olan yaralardan akan kanlarda rastlamaktayız. Bu durumda kol, kan akımını engelleyen bir bariyer olarak davranır. Bu arada kanın yapışkan özelliği de devreye girince, kan akımının oluşturduğu leke, beklenen görünümünden uzak olur.

Zerrecikli-bulutumsu kanama: Çok sayıda kan damlasının saçılması ile oluşan sanki sprey ile sıkılmış izlenimi veren kan lekelerinin oluşturduğu görünüme verilen addır. Lekenin dağılımı, bulutumsu bir manzara gösterir. Kan lekesini oluşturan yaraya oldukça büyük bir güç uygulandığını ve enerji transfer edildiğini gösterir. Bu tür görünüm, ateşli silah yaralanması gibi patlayıcı tarzda güç uygulandığı durumlarda oluşur. Genel bir kural olarak oluşan lekelerin çapları ne kadar küçükse, kanamayı oluşturan güç, dolayısı ile transfer edilen enerji o derece büyüktür.

Objeden sıçrama lekeleri: Yaralanmaya yol açan eylem sırasında kullanılan herhangi bir objeden sıçrayan kan lekelerinin oluşturduğu görünümdür. Bu objeler olayda kullanılan sopa, çekiç, bıçak gibi çeşitli aletler olabildiği gibi, kişinin kanlı eli ya da saç dahi olabilir. En belirleyici özelliği bir hat oluşturması ve sıklıkla damlama nedeni ile oluşan pasif kan lekelerine göre daha küçük ebatta olmalarıdır. Oluşan hat her zaman tek bir çizgiden ibaret değildir. Saptanan modelin görünümü, olayda kullanılan aletin enine, sallama sırasında oluşan kavsin şekline ve lekeye yol açan kanın miktarına bağlı olarak değişir. Bu lekeler, vurulan darbe sayısı hakkında oldukça yararlı bilgiler vermesi yanında, darbe sonrasında aletin çekilme yönü, kullanılan el gibi başka birçok delilin elde edilmesine olanak sağlar.

Bu lekelerin oluşma mekanizması iki nedene dayanır. Birincisi; kanlı aletin kavisli bir şekilde sallanması sırasında oluşan sentrifugal güç, ikincisi; sallamanın bittiği sırada oluşan hareketsizliktir. Bu tür lekelerin sadece kurbanın kanından oluşması gerektiği unutulmamalı ve DNA ile kimliklendirme yapılarak delil kesinleştirilmelidir. Failin giysileri ya da vücudu üzerinde bu tür lekelerin bulunması ve DNA analizi ile bunun kurbanı ait olduğunun tespiti kuşkuya yer bırakmayacak derecede önemli bir delildir. Akıldan çıkarılmaması gereken bir diğer husus ise, kurbanın kanlı uzuvlarını sallaması ile de bu tür bir leke modelinin oluşabileceğidir. Eğer eylemin yapıldığı alet hırsla aşırı derece sallanır ise failin omuz, sırt ve bacaklarında, bu tür lekeler oluşabilmektedir. Failin sırt bölgesinde, gerek vücudu gerek giysileri üzerinde saptanan bu tür lekelerden, failin eylem sırasındaki pozisyonu hakkında bilgi edinilebilir.

Geri tepme etkisi: Ateşli silah yaralanmalarında, yakın atış mesafesinden yapılan atışlarda kan lekesinin silahın namlusunda bulunması durumudur. Namluda kan ya da doku bulanması halinde, yara ile silahın namlusu arasındaki mesafenin 25 cm'den fazla olmadığı rahatlıkla söylenebilir.

Kan üstüne damlama kan lekesi: Önceden oluşmuş kan gölcüğünün üzerine yaralı bir bireyden ya da kanlı bir objeden damlayan kanın düşmesi ile oluşur. Düşen kan damlası, üzerine düştüğü kan gölünde bir hareketlenme yaratır ve yatay yüzeylerde kan gölünün dışına bir parabol çizerek sıçrar. Eğer kan gölü, duvar gibi bir dikey yüzeye yakın ise sıçrayan bu kan damlaları duvar üzerinde karakteristik bir 'V' harfi ya da ters çan görünümü oluşturur. V şeklinin kesişme noktası, kanın damladığı yere en yakın olan dikey yüzeydir. Oysa sıçrama yatay bir yüzeye ise, kan gölünün etrafında düzensiz, rastgele oluşmuş kan lekeleri yer alır. Oluşan bu satellit lekeler, kan gölünden, uzaklığı 60-90 cm'ye varan mesafelere sıçrayabilirler. Işınal olarak dağılmamışlardır ve sıçrama yönleri farklıdır.

Soluk verme kan lekesi: Yüze ve kafaya gelen darbelerden ya da trakea veya akciğer yaralanmalarından sonra, üst ve alt solunum sistemine aspire edilen kanın basınçlı bir şekilde dışarıya doğru çıkarılması ile oluşur. Aspire edilen kan, nispeten küçük parçalara ayrılmıştır ve soluk verme sırasında oluşan hava basıncının etkisi ile ilaçlamada kullanılan flitlerin sıkılması sırasında oluşan spreyci bulutu gibi bir

görünüm ile etrafa dağılır. Kan lekelerinin boyutu, orta ya da hızlı saçılma kan lekelerinde olduğu gibidir. Ateşli silah yaralanmalarında oluşan kan lekeleri ile karışabilir. Tükürük ve solunum yolu sekresyonu ile dilüe olduğu için kanın rengi, kesin bir kural olmamakla birlikte daha açık ve canlıdır. Kan lekesinde hava kabarcıklarının ya da patlamış hava kabarcığı izlerinin bulunması oldukça karakteristiktir.

Ana leke-yavru leke: Kan damlası hedefe düştüğünde damlanın yüzey gerilimi aşılsa, ana damladan bir veya birçok küçük kan damlası oluşur. Ana damladan oluşan bu küçük kan damlalarına, yavru leke adı verilir. Bunlar, kanın damlama yönünün belirlenmesinde çok etkilidir.

Lekesiz alan: Kan lekesinin oluşumu sırasında, hedef ile kan damlaları arasında herhangi bir obje bulunması halinde, leke alanı içerisinde lekesiz bir alan oluşacaktır. Böyle bir olasılık akla getirilmediği takdirde dikkati çekmeyecek olan bu görünüm, olayın yeniden kurgulanmasında çok önemlidir. Söz konusu obje bir yastık, bir süpürge gibi eşyalar olabildiği gibi, kurbanın kolları ya da elleri de olabilir. Lekesiz alanlar, model analiz uzmanına fail ve kurbanın pozisyonlarını saptama imkanı da tanır.

Sekme kan lekesi: Şiddet içeren eylemler son derece dinamik olaylar olup, gerek fail gerekse kurban sürekli yön ve pozisyon değiştirir. Bu nedenle kaynağından çıkan kan damlaları, her zaman hedefe kesintisiz ulaşamaz ve araya giren bir objeye çarptıktan sonra, nihai hedefe sekerek ulaşır. Sekme olasılığı dikkate alınmadığında, damlanın yönü ve lekenin orijini hakkında yanlış yargılara varılabilir. Bu tür lekeler, büyük hacimli kanın birincil hedefe çarptıktan sonra, trajesini değiştirmesi sonucu oluşur. Küçük damlaların çarpması ile sekonder kan lekeleri oluşmaz.

Çerçeveleşmiş leke: Kan damlası dışarıdan içeriye doğru kurumaya başlar. Bu kuruma süreci tanımlanmadan önce, lekeye herhangi bir şekilde müdahale edilmesi (ayakla basma, el veya obje ile sıyırma), lekenin kurumamış iç kısımlarının bozulması ve şekil değiştirmesine yol açar. Oysa kurumuş olan dış kısım, çerçeve şeklinde ilk halini korur. Kurumuş dış kısımlara lekenin iskeleti, bu olaya ise kan lekesinin iskeletleşmesi adı verilir. Böylece lekenin orijinal şeklini ve boyutunu

tanımlayabildiğimiz gibi, olayın içinde yer alan eylemlerin sıralamasını yapmak da mümkündür.

Dikensi çıkıntılı kan lekeleri: Kan lekesinin çevresinden dışarı doğru uzanan dikensi çizgi şeklinde çıkıntılar, hem küçük hem de büyük hacimli kan lekelerinde bulunur. Kan damlasının yüzey geriliminin aşılması sonucunda oluşurlar. Büyük hacimli kan lekelerindeki dikensi çıkıntıların varlığı, çoğunlukla bu lekelere bir güç uygulandığının delilidir. Örneğin, döşemedeki bir kan gölcüğüne ayakkabı ile basıldığında uygulanan güç ve kanama miktarı ile orantılı olarak artan uzunlukta, dikensi çıkıntılar oluşurlar. Dikensi çıkıntıların oluşumu, çarpma hızı ve çarpılan yüzeyin yapısından oldukça etkilenir.

Temas kan lekesi: Kanlı ıslak bir objenin bir başka yüzeye teması ya da lateral hareketi ile oluşan kan lekeleridir. Bu tür lekeler, temas eden objenin tümünün veya bir kısmının tanınmasına izin verir. Olay yerinde en sık rastlanan temas kan lekeleri parmak izi, el izi, ayak izi veya ayakkabı izleridir. Bu izler, failinkiler ile karşılaştırılarak kimliklendirme yapmak mümkündür. Bir başka sık rastlanan temas lekesi, kanlı saçların hedef yüzeye sürtünmesi ile oluşan süpürme kan lekeleridir ki bu lekelerin belirgin özelliği model içerisinde çok sayıda çatalanmalar içermesidir. Bir diğer temas lekesi ise klasik “kelebek şekilli” temas lekesidir. Bu leke, sıklıkla eyleme yol açan aletin, örneğin bıçağın namlu kısmının katlanmış kumaş parçasının arasından çekilerek silinmesi ile oluşur. Bu lekenin ebatları ile olayda kullanıldığı şüphesi bulunan aletin karşılaştırılması sonucu, uyumlu ya da uyumsuz şekilde bir görüş bildirilebilir.

Olay sırasında görevli personelin herhangi bir kanlı nesnenin yerini değiştirmesi ya da cesedin morga transferi sırasında veya başka nedenlerle hareket ettirmesi nedeni ile yanlış değerlendirmeye yol açabilen, artefakt temas lekeleri oluşabileceği unutulmamalıdır.

Silme kan lekesi: Var olan bir kan lekesinin üzerinden sürtünme ya da silme hareketi ile geçen bir objenin, mevcut kan lekesinin şeklini değiştirmesidir. Örneğin, mevcut kan lekesinin elle sıyırma tarzında silinmesi, üzerinden cesedin geçirilmesi gibi.

Noktavi-sinek kan lekeleri: Olay yerinde bulunan sinek ve benzeri kanatlılar, mevcut kan lekelerini ayakları ile kondukları yeni yerlere taşıyabildikleri gibi bazen de emdikleri kanı bir başka yerde kusarlar ve böylece yalancı kan lekeleri oluştururlar. Simetrik olmaları, az sayıda ve çok küçük olmaları yanında sıklıkla pencere kenarı gibi güneş alan sıcak yerlerde bulunmaları ile ayırt edilebilirler (Deforest ve ark., 1983; MacDonell, 1993; Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999).

### **1.6. Kan Lekelerinin Oluşum Hızlarına Göre Sınıflandırılması**

Kan lekesini oluşturan travmanın hedefe uyguladığı güç ve aktardığı enerji miktarına göre oluşan kan lekelerinin boyutu ve dolayısıyla görünümü değişebilmektedir. Burada değerlendirmeye esas olarak oluşan lekelerin baskın çoğunluğu temel alınır. Gerçekten de hiçbir kan lekesi modeli, tamamı ile homojen değildir. Çünkü hiçbir yaralanmada çarpma süresince kan kaynağına eşit güç uygulanmadığı gibi hedef yüzeyin her tarafına da aynı derecede enerji transfer edilmez. Arada kan lekesi modelinin genel görünümüne uymayan ebatlarda lekeler mutlaka oluşacaktır.

Düşük hızda oluşan kan lekeleri: Lekeyi oluşturan hız en fazla 150 cm/sn'dir. Bu hız, yaraya sebep olan aletin hızı olup, çarpma sonunda oluşan lekenin hızı değildir. Sınırlı miktardaki kinetik enerji, kanın küçük parçalara ayrılmasını engeller. Oluşan lekelerin çapları geniş, 4 mm ve üzeri çaptadırlar. Yerçekimi etkisiyle oluşan kan damlaları da düşük hızda kan lekeleri oluştururlar.

Orta hızda oluşan kan lekeleri: Lekenin oluşması için gereken çarpma hızı 150 ile 750 cm/sn arasındadır. Oluşan lekelerin büyük bir çoğunluğunun çapı ise 1 ile 4 mm arasında değişmektedir. Ancak model içerisinde daha büyük ya da daha küçük damlalara rastlanabilir. Künt travma tipik olarak bu tür bir kan lekesi dağılımına sebep olur.

Yüksek hızda oluşan kan lekeleri: Genel olarak 1 mm ya da daha küçük çaplı lekelerden oluşur. Bu tür lekelerin oluşması için 3000 cm/sn veya daha yüksek hızlara gereksinim vardır. Sıklıkla ateşli silah yaralanması ya da patlamalar sonrasında oluşurlar. Damlacıkların büyük bir kısmı 0,1 mm veya daha küçük çaplı

olmakla birlikte, arada daha büyük çaplı damlacıklara da rastlanabilir. Küçük çaplı damlacıklar oldukları için kanamanın kaynağından kısa mesafelere kadar ulaşabilirler. Tipik olarak sprey boyalar ile boyanmış gibi görünürler (Pex ve Vaughn, 1987; Bevel ve Gardner, 1997; Çetin 1999).

### **1.7. Kan Damlasının Seyrini Etkileyen Dinamikler**

Herhangi bir sıvının damlama sırasında yuvarlak bir halde olmasının nedeni, en küçük hacmini bu durumda almış olmasındandır. Sıvının bu şekle girmesini genel olarak yüzey gerilimi sağlamaktadır. Damla ne kadar küçük ise, damlama sırasında yuvarlak şeklini o kadar iyi muhafaza edebilmektedir. Bu nedenle, tamamen yuvarlak olarak tanımlanan damlacıklar 1 mm'den daha küçük çaplı olanlardır. Bu çapın üzerindeki damlalar, damlama sırasındaki seyirlerinde eliptik bir şekil oluştururlar. Ancak başka birçok etken bu şeklin oluşumuna katkı sağlar ki bunlardan en önemlisi sıvının vizkozitesidir. Bu nedendir ki suyun yüzey gerilimi kandan daha fazla olmasına rağmen, kanın yüksek vizkozitesinden dolayı kan, suya göre havadaki seyri sırasında daha az osilasyon gösterir. Osilasyon, sıvının seyri esnasında yuvarlak şeklini kaybetmesi ve kutuplardan basık sferoid (oblate) ya da yanlardan basık sferoid (prolate) şekil arasında değişim göstermesidir. Bu değişim sırasında hacim değişmeyip, sadece şekil değişikliği olmaktadır. Osilasyonun önemli bir özelliği, seyir esnasında kat edilen mesafe arttıkça osilasyon genliğinin azalmasıdır.

Sıvıların uçuş dinamiği üzerine yapılan çalışmalar başlangıçta yağmur damlalarının incelenmesi ile olmuştur. Ancak yağmur damlalarında havada seyir halinde iken bir diğeri ile çarpışarak parçalara ayrılma sık rastlanan bir durum iken, yaralanma sonucu oluşan kan damlalarının havadaki seyirleri sırasında birbirlerine çarpmaları olasılığı %1'den azdır. Böylece kan damlalarının, oluşumunun doğrudan yaralanmaya yol açan etkiden oluştuğunu söyleyebiliriz.

Damlanın havadaki hızı, hava direnci nedeni ile damlanın boyutuna göre değişebilir. Damlanın hareketine karşı oluşan hava direnci, damlanın hızı ile ters, boyutu ile doğru orantılıdır. Yani damla ne kadar küçük ise direnç o kadar azdır. Bunun

doğurduğu sonuç, aynı mesafeden aynı başlangıç hızı ile düşen iki farklı damladan küçük olanın hedefe daha çabuk ulaşacağıdır. Bu bilgi özellikle ateşli silah yaralanması nedeni ile oluşan küçük çaplı kan lekelerinin varlığında önem kazanır. Bu tür küçük çaplı damlaların kaynağından çıktıktan sonra kat edebileceği mesafe, yer çekimi ve hava direncinin etkisi ile normalde 120 cm'yi geçmemektedir (Pizzola ve ark., 1986a; Pizzola ve ark., 1986b; Bevel ve Gardner, 1997).

### **1.8. Hedefe Çarpma Sırasındaki Kan Dinamikleri**

Stroboskopik fotoğraflama ve stop-motion video teknikleri ile yapılan çalışmalar, kaynağından hedefe varıncaya kadarki süreçte kan damlasının dört farklı süreç geçirdiğini göstermiştir. Bu fazlar, farklı bilim adamlarınca farklı adlarla anılıyor ise de, araştırmacılar bu dört faz hakkında temelde görüş birliği içerisindeyler. Bu dört faz sırası ile;

Temas/kollaps: Bu faz, kan damlasının hedefe teması ile başlar. Damla dipten yukarı doğru kollapsa uğrar. Burada kastedilen, kan damlasının merkezi kısmı hedefe değmek üzere iken damlanın kenar kısımlarının çepeçevre yukarı istikamete doğru kalkmasıdır. Bu kenar kalkmasına yol açan, kanın merkezi kısımdan kenara doğru akımıdır ki bu yanlış bir nitelikleme ile “gerileme (invölüsyon)” olarak adlandırılmaktadır. Oysa burada oluşan olay, içeriye doğru bir çekilme değil aksine dışarıya doğru bir akıştır. Çarpma açısı ve çarpılan yüzeyin karakteristikleri, kollaps fazını kısmen de olsa etkilemektedir.

Yerinden oynama: Bu fazda, kollaps olarak yukarı yönde yer değiştiren kan damlasının kenar kısımları aşağı doğru yön değiştirir. Bu sırada kanın yüzey gerilimi aşılmamış olduğundan, sadece şekil değişikliği oluşmuş, damlanın bütünlüğünde bir bozulma olmamıştır. Kan damlasının kenarlarında ileriki fazlarda satellit lekelerine yol açabilecek olan dikensi çıkıntılar oluşur. Bir kan damlası, yerinden oynama fazı sonrasında havadaki çapının yaklaşık 2,5 katına genişler. Örneğin 3 mm çapındaki bir kan damlası 8-9 mm çapında bir leke oluşturur.

Kan damlasının çarptığı yüzeyin özelliği bu fazda çok önemlidir. Pürüzlü yüzeylere çarpan kan damlasında kan akımı, yüzeyin özelliğine göre farklı yönlerde farklı hacimlerde oluşur. Bu farklılık, oluşan dikensi çıkıntılarının farklı büyüklüklerde olmasına, dolayısı ile kan lekesinin düzensiz kenarlı olmasına yol açar.

Kan damlasının hızı da bu fazda önemli bir rol oynar. Birçok yazarın işaret ettiği gibi, kan damlası nihai hızına, çekim kuvvetinin hava direncine eşit olduğu zaman ulaşır. Benzer büyüklükteki kan damlaları, farklı yüksekliklerden düştüklerinde farklı boyutta lekeler yol açmaktadırlar. Düşüş ne kadar yüksekten ise lekenin büyüklüğü o kadar fazla olmaktadır. Bunun nedeni, düşme sırasında nihai hıza yüksekten düşüşlerde daha çabuk varılmasıdır. Damlalarda maksimum yan yüzey genişlemesi yaklaşık 600 cm/sn hıza ulaşıldığında mümkün olmaktadır.

Dağılım: Bu fazda kan damlasının görünümü taç şeklindedir. Yüzeye dik gelen kan damlası geliş momentinin tersi yönünde ve dışarı (kenarlara) doğru itilir. Eğer yeterli güç mevcut ise damlanın bütünlüğü bozulur ve satellit kan damlaları oluşur. Bu fazda çarpma açısı son derece önemlidir. Çarpma açısı 80-90° arasında ise kan damlasının kenar kısımlarında çepeçevre çıkıntılar oluşacak ve yeterli gücün bulunması halinde satellit kan damlası oluşacaktır.

Çekilme: Kan lekesi oluşumundaki son safhadır. Yüzey geriliminin etkisi ile sıvının uniform bir yapıya çekilmesinden kaynaklanır.

Düzensiz ya da pürüzlü yüzeylerin çekilme safhasına olan etkisi ihmal edilebilir. Oysa pürüzsüz yüzeylerin bazı özellikleri bu safhada etkili olmaktadır. Örneğin cilalı yüzeylerde düzensiz pıhtılaşmaya bağlı olarak kan lekesinin simetrisi bozulur. Emici vasıftaki yüzeyler de lekenin simetrisini etkilemektedir (Laber, 1985; White, 1986).

### **1.9. Mevcut Kan Üzerine Kanın Damlaması**

Sık rastlanan bir durum değildir. Kanın diğer yüzeylere çarpmasında olduğu gibi küçük farklılıklar göstermekle birlikte, dört safhada cereyan eder. Bu farklılık, temas

safhasında gözlenmez. Yerinden oynama safhasında ise hedefteki mevcut kana, yeni damlayan kanın eklenmesi ile kenarlara daha fazla kan akışı olur. Kan akışının fazla olması ve sert bir hedef yüzey bulunmaması nedeni ile dağılım safhası da daha erken oluşur. Damlanın kenarlarında meydana gelen çiçeksi görünüm oldukça belirginleşmiş olup denizanası görünümündedir (Deforest ve ark., 1983; James ve Eckert, 1999).

### **1.10. Kan Lekesinin Şekli ile Çarpma Açısı İlişkisi**

Kan damlasının hedefe çarpma sırasındaki geçirdiği ilk safha olan kollaps fazındaki hareketi ile çarpma ilişkisi, kan lekesinin şeklini oluşturur. Lekenin şekli, hedef yüzeye çarpma açısına bağlı olarak yuvarlak ya da eliptik olur. Genel bir kural olarak çarpma açısı ne kadar dar açı ile olur ise eliptik, dar açıdan uzaklaşır ise yuvarlak kan lekesi oluşur diyebiliriz. Bu durumun tek istisnası çarpılan hedefin çarpma sırasında hareketli olmasıdır ki bu durumda hareketli bir hedefe 90° açı ile çarpan bir leke, sabit hedefe dar açı ile çarpan bir lekenin şeklini taklit edebilir. Burada ayırım, hareketli hedefe çarpan kan lekesinde dikensi çıkıntılarının ve satellit sıçrama lekelerinin oluşmaması ile yapılır.

Genel bir kural olarak sıçrama kan lekelerinin kaynağından ışımsal olarak dağıldıkları kabul edilir. Bu nedenledir ki hedef, kanın kaynağına ne kadar yakın ise  $\text{cm}^2$  'ye düşen kan lekesi sayısı o kadar çok olur. Oysa hedef yüzey ile yaralanma noktası arasındaki mesafe arttıkça model içerisinde yer alan kan lekelerinin birbirlerine olan uzaklıkları artar.

Ateşli silah yaralanmaları sonucunda oluşan küçük ebatlı kan lekeleri, havadaki seyri sırasında dirençle fazla mücadele edemez ve ancak kaynağa yakın mesafelere sıçrayabilirler. Bazen oluşan damlalar o kadar küçüktür ki havada asılı kalır ve hedefe varmadan kuruyabilirler. Kurumuş olan bu küçük kan parçacıkları yapışkan özelliğini de kaybetmiş olduklarından hedef yüzeye tutunamaz ve çok rahatlıkla gözden kaçabilirler. Hatta hava akımı ile savrularak beklenenin bir hayli dışındaki mesafelere taşınabilirler (MacDonell ve Bialousz, 1971; Stephens ve Allen, 1983).

Ateşli silah yaralanmalarında, mermi çekirdeğinin trajesi boyunca oluşan geçici yara kavitesinin sonradan kollaps olması ve bu arada biriken kanın giriş ve çıkış deliklerinden fışkırması, sıçrama kan lekelerinin oluşum mekanizmasıdır. Oluşan geçici kavite, mermi çekirdeğinin büyüklüğüne, hızına, şekline ve yapısına bağlıdır. Mermi çekirdeği, arkasında oluşturduğu geçici kavite en geniş halini kaybetmeden vücudu terk eder. Geçici kavitenin civar dokuları germesi ile oluşan boşluk, civar dokudaki zedelene damarlardan akan kan ile dolar ve takiben yara kavitesinin kollapsı ile içeride sıkışan kan, giriş ve çıkış deliklerinden dışarı doğru fışkırır. Kollaps sırasındaki bu sıkıştırıcı etki, eğer birden fazla mermi çekirdeği isabet etmiş ise daha belirginleşir. Ardı ardına vücudu terk eden mermi çekirdeklerinin trajelerinin birbirine yakın olması durumunda, kollaps ve dolayısı ile de fışkıran kan miktarı belirgin bir şekilde daha fazladır. Kan lekelerinin dağılımı ve model içerisinde birbirine olan uzaklıkları, fail ile mağdurun birbirine olan uzaklık ve pozisyonlarını değerlendirmekte de işe yarar (James ve Eckert, 1999; Chafe, 2003).

### **1.11. Hareket ve Yön Tespiti**

Kan damlasının hareket ve yönünün tespiti ile olayların dizini yapılabilir ve olayın nerede başlayıp nerede bittiği söylenebilir.

Damlanın yön saptanmasında; Damla, hedefe 90° ile çarpma dışında mutlaka elips bir leke oluşturur. Lekenin uzun ekseni, damlanın seyir yönünü gösterir. Ancak halı, tuvalet kağıdı vb. gibi çok emici yüzeylerde ve düzgün olmayan yüzeylerde yön tespiti oldukça zordur. Lekenin uzun ekseni, leke sınırlarını iki noktada keser. Kan lekesine eşlik eden satellit lekeler ve lekenin kenarında mevcut olan dikensi çıkıntılar, kan damlasının hareket yönünü gösterir. Bu dikensi çıkıntılar ve satellitler, damlanın gidiş istikameti yönündedir.

Yön tayininde bazı durumlara dikkat edilmelidir. Bunlar;

1. Lekenin yuvarlağa yakın olması hali,
2. Kanın çarptığı yüzeyin hareketli olması,
3. Nihai hedefe ulaşmadan önce başka yüzeylere çarparak yön değiştirmiş olabilen sekme kan lekeleridir (Bevel ve Gardner, 1997; Thomas, 2002; Chafe, 2003).

Birbirini takip eden kan izleri, yaralanmış bir bireyin hareket etmesi ya da kanlı bir objenin olay yerine taşınması ile oluşur. Bu şekilde damlayan bir kan damlası, dosdoğru aşağı inmek yerine kaynaklandığı hareket eden nesne ile aynı yatay doğrultuda hareket eder. Bu durumda kan damlası, yer çekiminin ve yatay hızının ortak tesiri ile hedef yüzeye belli bir açı ile çarpar. Ardı sıra gelen bu damlalara bakarak kan izinin oluşumuna yol açan nesne ya da bireyin hareketi hakkında bilgi vermek mümkündür.(Bevel ve Gardner, 1997; Eikelenboom, 2003).

### **1.12. Kan Damlalarının Birleşme Noktası (Konverjans Noktası) ve Kanın Kaynaklandığı Noktanın (Orijin Noktası) Saptanması**

Kan lekelerinin tepeden değerlendirilmesi ile konverjans noktasını, hem tepeden hem de yan taraftan değerlendirilmesi ile orijin noktasını tespit etmek mümkündür. Ancak ampirik olan bu yaklaşım bazı durumlarda yeterli olsa da, sıklıkla uzun bir emek ve zaman gerektiren “ip germe-stringing” tekniğinin manuel olarak ya da uygun yazılım yardımı ile yapılması daha uygun olacaktır.

Kan lekesi modelinin tepeden değerlendirilmesi ile birleşme noktasının tespiti, kan damlasının uzun ekseninin ters yönde uzatılması ile yapılır. Kan damlası ters yönde çizilen bu çizgi boyunca herhangi bir yerden kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle kan lekesini oluşturan diğer lekeler de aynı işlemin uygulanması ve birçok lekeden geriye doğru çizilen çizgilerin birbirini kestiği noktanın aranması gereklidir. Bu kesişme noktası birleşme noktasıdır ve bu noktanın tespitinde kullanılan leke sayısı ne kadar çok ise alınan sonuç o kadar güvenlidir. Koşulların uzmanının sadece bir kez leke ile sonuç vermeye zorlandığı durumlarda, bir de bu lekelerin yakın olmaları halinde rastlantı sonucu ortak birleşme gösterebilecekleri, yani birden fazla olaya ait olabilecekleri olasılığı akıldan çıkarılmamalıdır. Ayrıca model içerisinde yer alan kan lekelerinin sekme kan lekesi olma ihtimalini de akıldan çıkarmamak, eğer bu tür lekeler söz konusu ise sonucu ihtiyatla karşılamak gerekir.

Bu bilgiler ışığında birleşme noktasının öneminden bahsetmek gerekir. Kan damlalarının kaynaklandığı nokta, yani orijin noktası, birleşme noktası üzerindeki herhangi bir noktadır. Bu noktayı bulmak için kan damlalarının çarpma açısının

tespiti gerekir (Deforest ve ark., 1983; Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999).

### 1.13. Çarpma Açısının Saptanması

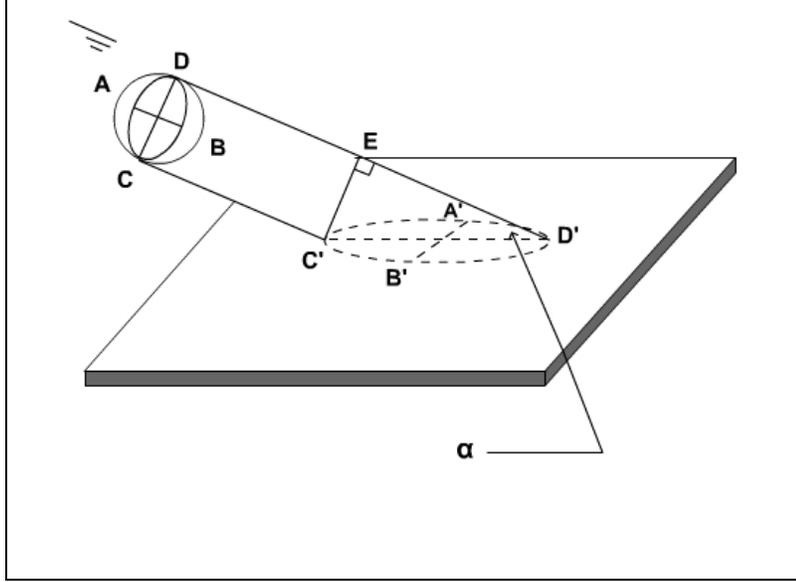
Lekenin uzun ve kısa eksenini ile çarpma açısı arasındaki ilişki ilk kez Dr. Victor Balthazard tarafından tanımlanmış olup daha sonraları MacDonell tarafından uygulanan özel matematik formülleri ile geliştirilmiştir. Bunun gerçekleştirilmesi için öncelikle lekenin uzun ve kısa eksenlerinin ölçülmesi gerekir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, ölçüme satelit lekeler ya da dikensi çıkıntıları dahil etmemek olmalıdır. Bu yapılmadığı takdirde en/uzunluk oranı ve dolayısı ile de çarpma açısı gerçek değerinden uzaklaşacaktır.

Yüzeyle belli bir açı ile çarpan kan damlasının oluşturduğu oval şeklin eni ve boyu ölçülüp eni boyuna bölündüğünde, ortaya çıkan sayının arcsinüs değeri çarpma açısını verir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi; küre şeklindeki çapı CD olan bir kan damlasının oluşturacağı lekenin eni (A'B'), damla çapına eşit olur. C'D' uzunluğu ise oval kan lekesinin boyu olmaktadır. Buna göre kan lekesinin en/uzunluk oranı ile çarpma açısı arasında aşağıdaki matematiksel ilişki vardır:

Sinüs  $\alpha$  = lekenin eni / lekenin uzunluğu

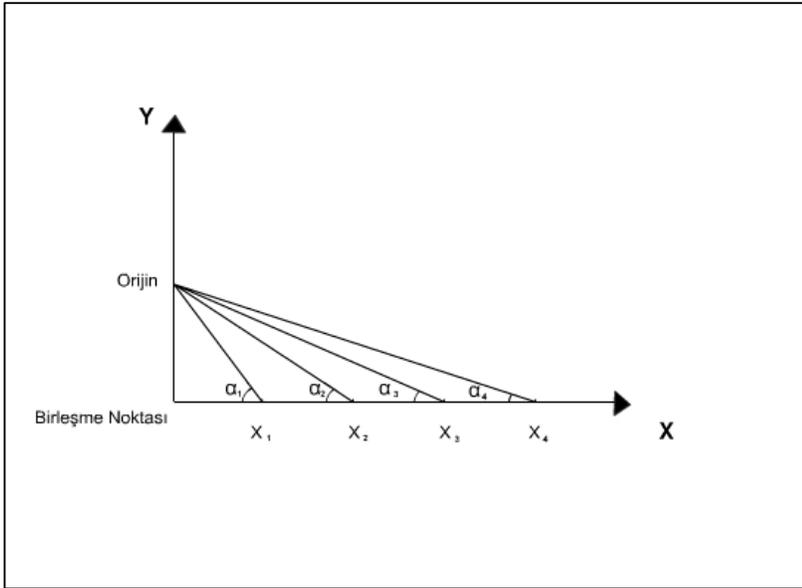
Çarpma açısı = arc sin (lekenin eni / lekenin uzunluğu)



Şekil 1 Kan damlasının yüzeye eğimli bir açı ile çarpması (James, 1999)

Bu şekilde hesaplanan bir çarpma açısının  $\pm 3^\circ$  gerçek değerinden sapma ihtimali vardır.

Kan damlalarının dağılmaya başladığı noktanın (orijin noktası) saptanması, lekelerin birleşme noktasına olan uzaklıkları ile çarpma açısının grafik üzerinde analizi ile yapılır.



Şekil 2 Kan damlalarının dağılmaya başladığı noktanın (orijin noktası) saptanması

X ve Y ekseninin birleşme noktası, lekelerin konverjans noktası olarak kabul edilir. X ekseninde lekelerin konverjans noktasına olan uzaklığının işaretlendiği noktalardan iletkei yardımı ile aynı lekelerle ait çarpma açıları dikkate alınarak Y eksenini kesene kadar düz bir çizgi ile birleştirilmesi sureti ile bulunan yeni nokta, kan damlalarının kaynaklandığı noktadır. Bu sonucu hesap makinesi yardımı ile grafik yapmaya ihtiyaç duymaksızın daha kolay elde edebiliriz. Burada da yine dik açılı bir üçgenin geometrik özelliklerinden yararlanırız. Hesaplama için gereken bilgi, grafik metodunda olduğu gibi lekelerin konverjans noktasına olan uzaklığı ve çarpma açılarıdır. Artık sadece bu verileri aşağıdaki formüle uygulamak kalır.

Tanjant  $\alpha = D/H$

$\alpha$  = çarpma açısı

D = birleşme noktasından damlanın orijinine olan uzaklık

H = lekenin birleşme noktasına olan uzaklığı (Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999)

#### **1.14. Orijinin Üç Boyutlu Olarak Saptanması**

Bunun için ya geleneksel ‘‘ip germe-stringing’’ tekniği ya da bu amaçla hazırlanmış uygun yazılımlar kullanılarak bilgisayar desteği ile sonuca ulaşılır. Bu amaçla üretilen ilk program ‘‘trajectories’’ olup 1987 yılında Dr. Alfred Carter tarafından tasarlanmıştır. Sonraları bu program daha da geliştirilerek ‘‘BackTrack’’ adı altında kullanıma sunulmuştur (Registered: Trademark of Forensic Computing of Ottawa, Canada). Bu program, kan damlasının havadaki rotasını çizgisel değil gerçek seyri olan parabol olarak değerlendirdiği gibi kan damlasının hacmini, yer çekimini ve hava direnci etkisini de dikkate almaktadır.

Bu konuda kullanıma sunulan bir diğer program 1990 yılında Richard ve Victoria Miller tarafından tasarlanan ‘‘No More Strings’’ dir (Registered: Trademark of Forensic Software, San Jose, CA).

### **1.15. Sıçrama Kan Lekesi İle Temas Kan Lekesinin Ayırımı**

Olay yerine ilk ulaşan görgü tanıkları ve bazen de görevliler mağdura yardım etmek amacı ile ya da bilgisizlik nedeni ile mağdura dokunabilir veya hareket ettirilebilir. Bu eylemleri sırasında, giysileri ve vücudu kan ile temas edebilir. Birçok olguda fail, üzerinde saptanan kan lekelerinin ölene yardım etmek amacı ile kucakladığı sırada bulaştığını savunabilir. Bu durumda temas nedeni ile oluşan bir kan lekesinin sıçrama kan lekesinden ayırımı gereklidir. Eğer oluşan kan lekesi modeli çok örnekli ise bu ikisi arasındaki ayırım güçlük göstermez. Oysa birçok olguda ayırım gerektiren lekeler az sayıda ve küçüktür.

Buna rağmen kan lekesi bir kumaş üzerinde ise ayırım mümkündür. Çünkü gerek silme gerekse süpürme tarzında kan lekelerinde kan, kumaşın dokumasının üst yüzeylerinde kalır, kumaş lifleri arasında derinlere inemez. Hatta basınçlı bir temas söz konusu olduğunda dahi, kumaşın dokumasının derin kısımları temiz kalmaktadır. Bu bulguyu, giysiyi oblik ışık altında küçük büyütme bir büyüteçle saptamak mümkündür. Sıçrama tarzında kan lekesinin failin üzerinde saptandığı durumlardan birisi, ateşli silahla yakın atış mesafesinden ateş edilmesi halidir ki bu durumda failin üzerinde geri tepme tarzında kan lekeleri oluşur. Bunlar sıçrama tarzında kan lekeleri olup, kumaşın dokumasının derin kısımlarında saptanır (Bevel ve Gardner, 1997; James, 1999; James ve Eckert, 1999).

### **1.16. Kan Damlasının Boyutunu Etkileyen Faktörler**

Leke boyutu, kanamaya yol açan momentumun miktarını gösteren iyi bir parametredir. Çünkü kanın kaynağına çarpma sırasında eylemi oluşturan aletten transfer edilen momentum, bütün halindeki kanın, transfer edilen momentumun miktarı ile ilintili olarak küçük damlacıklara ayrılmasına yol açar. Kanın bütünlüğünün bozulması, transfer edilen momentumun yarattığı osilasyonların kanı mevcut durumda tutmaya çalışan yüzey gerilimi, yoğunluk gibi birleştirici güçleri aşması ile gerçekleşir. Bu durumda sıçrama kan lekeleri, yer çekimi etkisi ile oluşan damlama kan lekelerine göre daha küçük boyutludurlar. Genel bir yaklaşım olarak, damla ne kadar küçük ise hedefe o kadar çabuk ulaşır ve yuvarlağa en yakın

görünümdedir (Bevel ve Gardner, 1997; James ve Eckert, 1999; Lewis ve Hammond, 2003).

### **1.17. Kan Lekesinin Kuruma Süresi**

Kan lekesinin kuruma süresi miktarı, bulunduğu yüzey, iklim koşulları (ısı, rutubet) gibi dış etkenlere bağlı olarak değişmekle birlikte tek bir damla kan, ortalama koşullarda genellikle 50 sn içerisinde dış kısmından halka oluşturarak kurumaya başlar (iskeletleşme). Bazen bu süreç oldukça kısılırken dış etmenlere bağlı olarak 20 dakikaya kadar da uzayabilir. Bu nedenle olay yerindeki çevresel koşullar sağlanarak yapılan deneyler ile daha sağlıklı bir sonuç elde edilebilir.

Pıhtılaşmanın tespiti, model analiz uzmanına olaydan sonra geçen zaman hakkında oldukça önemli bilgiler sağlar. Bu konuda yapılan çalışmalar, kan lekesinin 10 saniye ile 1,5 dakika içerisinde pıhtılaşmaya başladığını, 5 ile 20 dakika içerisinde akıcılığını kaybettiğini ve 30 dakika ile 1,5 saat arasında serum kısmının ayrıldığını göstermiştir. Başlangıç ile bitiş dönemleri gözlem ile tespit edilebilirken, ara dönem olan akıcılık kaybı, kan lekesinin kürdan benzeri bir çubuk ile karıştırılması sonrasında geriye doğru akmadığının saptanması ile belirlenir (Hurley ve Pex, 1990; James ve Eckert, 1999).

### **1.18. Bir Kan Gölcüğündeki Kan Miktarının Tespiti**

Bir kan gölcüğündeki kan miktarının tespiti, yaklaşık olarak kan gölcüğünü oluşturan hacmin tespit edilmesidir. Olay yerinde göllenmiş kan bulunmasına rağmen cesedin saptanamadığı durumlarda önem arz eder. Bu durumlarda kurbanın halen yaşayıp yaşamadığı, kan miktarının ölüm tevlit eder miktarda olup olmadığının tespiti ile mümkündür ve bu tespit adli soruşturmanın seyrine yön verir.

Lekeyi oluşturan kan miktarının tespiti, iki farklı yöntemle yapılabilir:

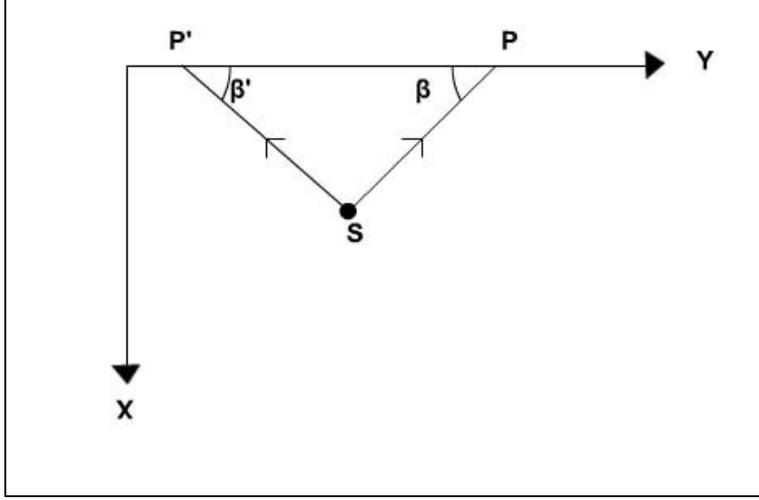
1. Kanın kuru ağırlığının tartılması: Kan gölcüğü, emici olmayan bir yüzeyde ise iyice kuruduktan sonra yüzeyden kazıyarak parçalar halinde ayrılması sağlanır. Bu kabuksu kan parçaları tartılır. Bulunan değer bir ağırlık sabitesi ile çarpılarak kan miktarı bulunur. Yöntemin sınırlayıcı yönü, hedef yüzeyden kurumuş kan yanında diğer yüzey kalıntılarının da alınması olasılığıdır.

2. Kanın ıslak hacminin tespiti: Miktar tespiti istenen lekenin benzeri, aynı vasıfta yüzey üzerinde oluşturulur. Bu işlem yavaş ve dikkatli bir şekilde ölçekli bir mezur ile yapılarak, inceleme konusu lekeye şekil olarak en yakın lekenin elde edilmesi sağlanmalıdır. Deneysel eş leke oluşturulması işlemi, benzer yüzey özelliği sağlamak amacı ile ise, inceleme konusu lekenin bulunduğu yüzeyin lekesiz bir bölümünde yapılmalıdır. Örneğin, halı üzerindeki bir lekenin benzeri, halının inceleme konusu lekeden uzak, lekesiz bir bölümünde yapılabilir (Lee ve ark., 1986; James ve Eckert, 1999).

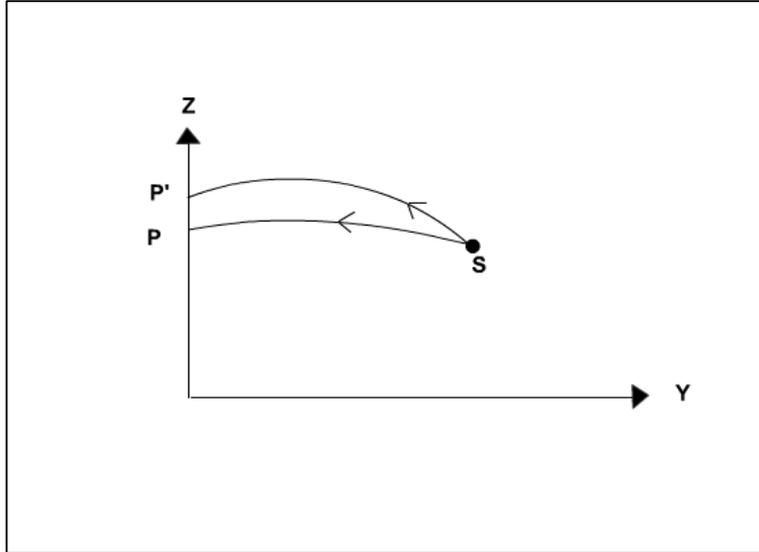
### **1.19. Kan Lekesi Modelinin Direkt Analizi**

Kan lekesi modelinin direkt analizi, çizgi metodu temel alınarak geliştirilen matematiksel bir işlemdir. Kan lekesinden direkt olarak kan kaynağının bulunduğu yerin üzerindeki bir noktayı işaret eden uzaydaki yönlerini (gerçek çizgiler) bulur. Yukarıdan bakıldığında, gerçek çizgilerin kaynağın pozisyonu üstüne doğru bir noktaya yöneldiği görülür.

Fizik kurallarında hareket ile ilgili teoriler oldukça iyi bilinir. Hızın üç bileşeni ve basit trigonometri ile sorun çözülürken, bu lekelerde böyle değildir. Bu nedenle, lekelerle ilgili çözüm kriterlerini etkileyen diğer unsurlar da mahkemeye sunulmakta, dijital kamera ile deliller toplanmakta ve bilgisayarda analizi yapılmaktadır.



Şekil 3 S kan kaynağından P ve P' noktalarındaki kan lekelerine çizilen iki uçuş yolunun üstten görünüşü (Carter, 2001)



Şekil 4 S kan kaynağından P ve P' noktalarındaki kan lekelerine çizilen iki uçuş yolunun yandan görünüşü (Carter, 2001)

Şekil 3'te, S konumundaki kaynaktan çıkarak bir duvar üzerindeki P ve P' noktalarına damlayan iki kan damlasının izlediği yolun yukarıdan görünüşü gösterilmektedir. İzlerin duvarla birleştirilmesiyle oluşan açılar, dar açı olup,  $\beta$  ve  $\beta'$  açıları olarak gösterilmiştir. Bu izler, damlaların zemin üzerindeki düşüş izleridir. Düşüş yolu, hem yer çekimi hem de hava direnci yüzünden eğimli olmasına rağmen,

kaynak pozisyonundaki S noktasına ve duvardaki P ve P' noktalarına doğrusal çizgiler çizilebilir. Prensipde bu izler, S konumundaki kaynağa horizontal olarak seyrederek ve farklı yollarla ulaşmaktadır.

Şekil 4'te, Şekil 3'te belirtilen iki kan damlasının izlediği yolun yandan görünüşü gösterilmektedir. Bu görünüş, yerçekimi kuvvetine bağlı izlerin alışılmış parabolik biçimini ortaya çıkarır. Yerçekimi kuvveti, damlanın ağırlığına eşittir ve daima aşağı doğru yönelir. Diğer kuvvet, damlanın hareketi üzerine etkili hava direncidir. Hava direncinin etkisi, kan damlasının hızı ve büyüklüğüne göre değişir. Bu kuvvetin yönü, hareket yönünün zıttıdır ve bundan dolayı da damlanın hızını azaltır. Hava direnci ve yerçekimi kuvveti, direkt analiz formülasyonunun herhangi bir yerinde, burada tanımlandığı gibi önemli derecede ortaya çıkmazlar. Direkt analizde, etki öncesi anında damla yönünün hesaplanması için kan damlasının  $\alpha$  çarpma açısı ve kan lekesinin  $\gamma$  görüş açılarının ölçülen değerleri kullanılır. Bu yöne sahip olan gerçek bir çizgi, kan lekesinin yerini saptar. Bu teorik tartışmanın ana amacı, bu gerçek çizgi yönlerinin nasıl hesaplanacağını ve üç boyutta nasıl gösterilebileceğini göstermek ve daha sonra kan kaynağının yerinin saptanması için nasıl kullanılacağını açıklamaktır.

### 1.19.1. $\alpha$ ve $\gamma$ Açıları

Alfa açısı ( $\alpha$ ) çarpan kan damlasını, gama açısı ( $\gamma$ ) ise sonuçlanan kan lekesinin yönünü ifade eder. Alfa, kan damlasının çarpma açısı olarak adlandırılır ve değeri çok eğik bir çarpış için 0'a yakın bir dereceden, kan damlasının yönünün duvara dik olduğu durum olan maksimum 90 dereceye kadar değişebilir.  $\alpha$  değeri deneysel olarak  $\sin(\alpha) = W/L$ , ilişkisi kullanılarak hesaplanır. Buradaki W ve L, lekenin şekline uygun olan elipsin eni ve boyudur. Daire için  $W = L$  olduğundan,  $\alpha$  değeri 90 derece olur.

Gama ( $\gamma$ ), kan lekesinin görüş açısı veya direkt açısı olarak adlandırılır ve 0-360 derece arasında değişir. Kan lekesinin ana eksenini ve bir referans yönü arasında, duvar üzerinde ölçülen açıdır. Bu çalışmada referans yönü, dikey doğrultudur. Doğruca yukarı yönde hareket ederek duvara çarpan bir kan damlası 0 veya 360 derecelik  $\gamma$

değerli bir leke oluşturur. Doğruca aşağı yönde hareket ederek duvara çarpan bir kan damlasının oluşturduğu kan lekesi ise saat yelkovanı yönünde 180 derecelik bir  $\gamma$  değerine sahiptir.

### 1.19.2. $\alpha$ ve $\gamma$ 'nın Bir Fonksiyonu Olan $\beta$ Çizgi Açısı

Şekil 5'te YZ düzlemi olarak tanımlanan bir duvar üzerindeki bir kan damlası gösteriliyor. Bu leke yaklaşık 30 derecelik bir görüş açısına sahiptir. Şekilde çarpma hızı vektörü  $V$  ve onun üç bileşeni olan  $V_x$ ,  $V_y$  ve  $V_z$  vektörleri görülüyor.  $V_x$ ,  $V$ 'nin x eksenini yönündeki yansıması,  $V_y$ ,  $V$ 'nin y eksenini üzerindeki yansıması ve  $V_z$  de  $V$ 'nin z eksenini üzerindeki yansımasıdır.  $V$  hız vektörü ve onun üç bileşeni,  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  etki açılarını göstermek için gerekir.

Görüldüğü gibi;

$$1) \tan(\beta) = V_x / V_y$$

$$2) \tan(\alpha) = V_x / \sqrt{(V_y^2 + V_z^2)}$$

$$3) \sin(\gamma) = V_y / \sqrt{(V_y^2 + V_z^2)}$$

2. ve 3. eşitliği taraf tarafa böldüğümüzde;

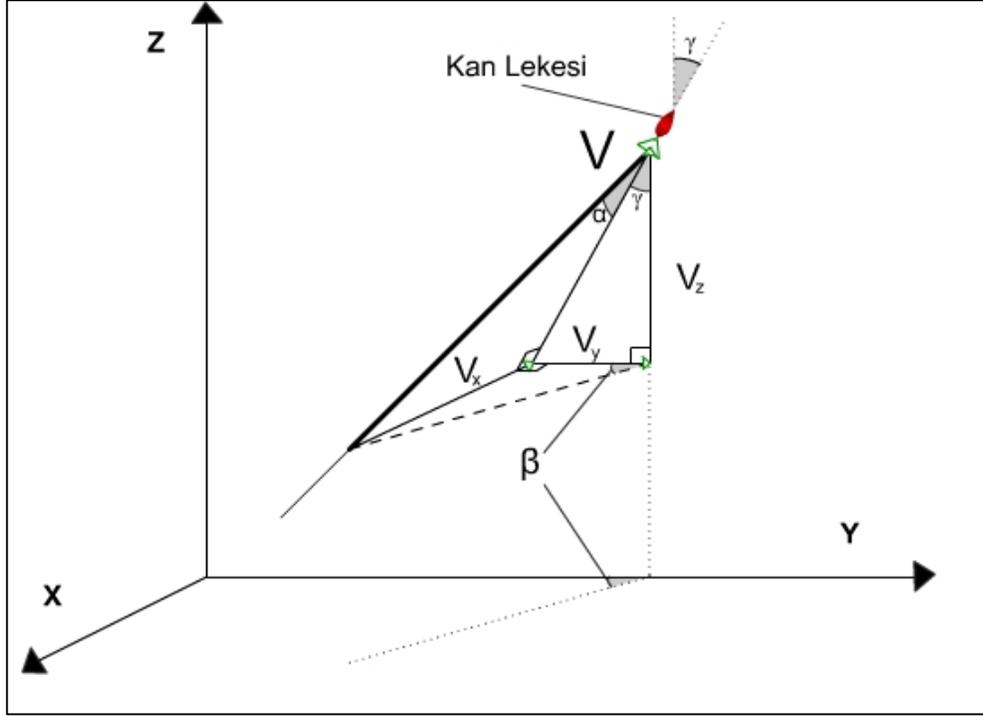
$$\tan(\alpha) / \sin(\gamma) = V_x / V_y$$

Çıkan sonuç, 1. eşitlikle ilişkilendirilirse;

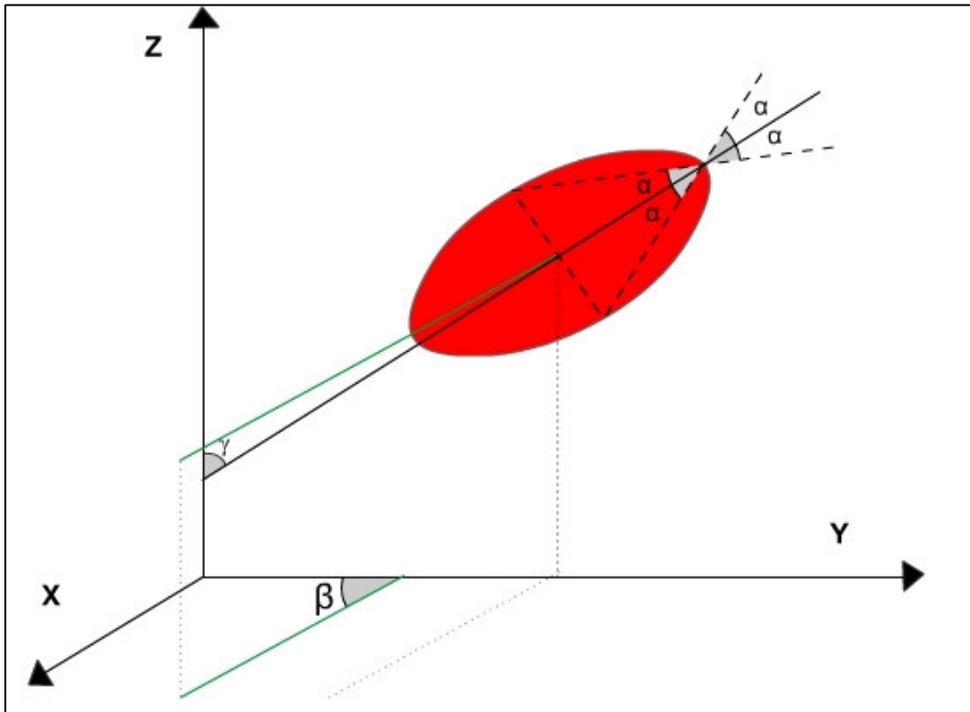
$$\tan(\beta) = \tan(\alpha) / \sin(\gamma)$$

veya

$$\beta = \arctan \{ \tan(\alpha) / \sin(\gamma) \} \quad \text{olarak bulunur.}$$



Şekil 5 Çarpma hız vektörü  $V$  ve onun üç bileşeni olan  $V_x$ ,  $V_y$  ve  $V_z$  vektörlerinin ve birbirine bağlanan üç üçgende oluşan  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  açılarının görünümü (Carter, 2001)



Şekil 6 XYZ düzlemi üzerinde  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  açılarının gösterimi

Şekil 6’da XYZ düzlemi üzerinde gösterilen kan lekesi şeklinde:

Kan lekesi merkezine giden yeşil çizgi, kan damlasının geliş doğrultusunu gösteriyor.

Geliş doğrultusunun X-Y düzlemindeki izdüşümü Y eksenine  $\beta$  açısı yapıyor.

Geliş doğrultusunun Y-Z düzlemindeki izdüşümü Z eksenine  $\gamma$  açısı yapıyor. Bu açı kan lekesinin duvar üzerindeki yönünü belirtir.

$\alpha$  açısı kan damlasının çarpma açısıdır ve kan lekesinin şeklini tanımlar. Bu açının değeri küçüldükçe kan lekesi şeklinin ovalliği artar.

Yukarıdan bakıldığında ( Şekil 3 )  $\beta$  açısı, SP uçuş yolu ile duvar arasındaki akut açıdır. Böylelikle,  $\beta$  için uygun açılarla kan lekesi konumu orijin alınarak, gerçek çizgilerin yukarıdan görünümü bilgisayar çizimiyle oluşturularak uçuş yolları simüle edilebilir (Carter 2001).

#### **Amaç:**

Olay yerinde en sık incelenen lekeler, kan lekeleridir. Kan lekesinin şeklini etkileyen faktörlerden zeminin özelliği, yükseklik ve kanın çarpma açısı, kan lekesinin şeklinin oluşmasında önemli etkenlerdendir. Bu nedenle, bu parametrelerin lekenin şeklinin oluşumunda ne ölçüde etkili olduğunun anlaşılması amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkez Laboratuvarına tetkikleri için başvuran hastaların çalışılmış kanları alınıp lekeler oluşturularak incelendi.

Kan; mozaik zemin, pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerine damlatılarak lekeler elde edildi.

Kan, 10 cc'lik tek kullanımlık enjektöre çekilerek damla halinde ve serbest düşmesi sağlandı. Ayrıca kan damlalarının açılı bir şekilde düşmesini sağlamak için elektrik süpürgesinden modifiye edilerek hazırlanan hava üfleyen alet kullanıldı. Bu alet 650W'lık güç, 6Amp'lik akım şiddeti ve 120V'luk potansiyel farkı ile çalışmaktadır. Aletin boru uzunluğu 150 cm ve boru çapı da 6,2 cm'dir. Bu borunun ucuna bir huni yerleştirildi. Hava basıncını arttırmak için mümkün olduğu kadar ucu küçük çaplı bir huni seçildi. Bu çalışmada kullanılan huni ucunun çapı 0,8 cm'dir.

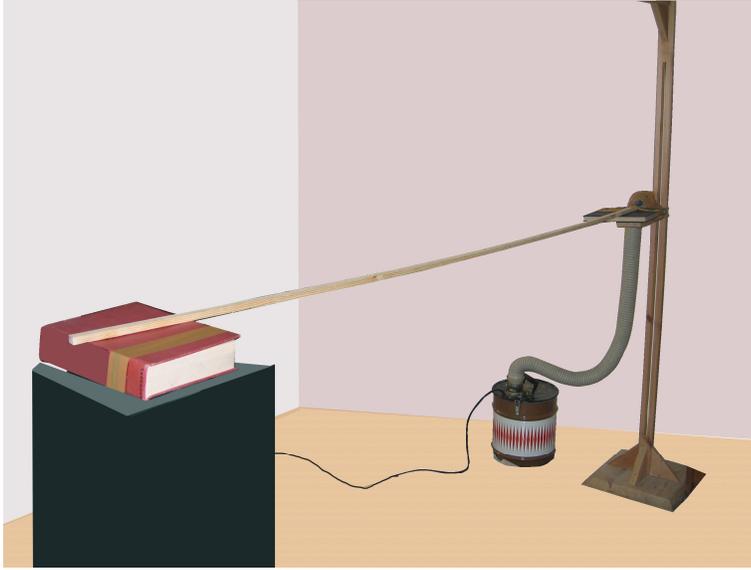
Çeşitli yüzeylerde oluşturulan kan lekelerinin fotoğraflanmasında çözünürlüğü 5 megapixel olan dijital fotoğraf makinesi kullanıldı.

Kan lekelerinin birbirlerine ve kan damlalarının fırlatıldığı noktaya olan uzaklıklarının tespit edilmesinde 2 m uzunluğunda çelik metre kullanıldı.

Dairesel ve oval kan lekelerinin çap, uzunluk ve genişliklerinin tespiti, yanına ölçek konularak kan lekesinden çekilen fotoğraflarının bilgisayara aktarılıp photoshop programı kullanılarak yapıldı.

İlk aşamada 50, 100, 150, 175 ve 200 cm'lik yüksekliklerden serbest düşüş şeklinde kan lekeleri oluşturuldu. Kan lekeleri 10 cc'lik enjektör kullanılarak yukarıda belirtilen yüksekliklerden 0,05 ml miktarındaki kan damlalarını mozaik zemin, pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerine 90 derecelik bir açıyla ve serbest düşürülerek oluşturuldu. Leke oluşturulduktan sonra yanına ölçek konularak fotoğrafı çekildi.

İkinci aşamada kan damlalarının zemine açılı düşmesi, hava üfleyen aletle sağlandı. Hava üfleyen alet, normal fişkırması sırasındaki damlaya ait yatay hızın kazandırılması için kullanıldı. Bu aletin hunisi, yerden 120 cm kadar olan bir mesafeye yerleştirildi ve yere paralel bir şekilde hava üflemesi sağlandı. 10 cc'lik enjektör kullanılarak 0,05 ml miktarındaki kan damlaları hava üfleyen aletin 4 cm üstünden (30° lik bir açıyla) hava üfleyen alete paralel bir şekilde hiza alınarak 10 cm aralıklarla damlatıldı. 30 cm'den önce damlatılan kan damlalarının yüksek yatay hızdan dolayı birçok küçük parçaya ayrıldığı gözlemlendi. Bu yüzden ilk damlatılacak mesafe olarak 30 cm belirlendi. Bu mesafeden itibaren 10 cm aralıklarla damlatılan kan damlalarının yere dik düştüğü yani hava üfleyen aletin kan damlasına etki etmediği mesafe ölçüldü. Bu mesafe 180 cm olarak kaydedildi. Zemine açılı düşürülerek oluşturulan kan lekelerinin yanına ölçek konularak fotoğrafları çekildi.



Şekil 7 Kan lekesi şekillerini oluşturmak için kurulan düzenek

Kan lekelerinin açılı düşmesiyle de mozaik zemin, pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerinde kan lekeleri oluşturuldu.

Bu çalışmalar, farklı sedimentasyon yoğunluğundaki kan numuneleriyle tekrarlandı. Oluşturulan bütün kan lekelerinin yanına ölçek konularak fotoğrafları çekildi.

Çekilen bu fotoğraflar bilgisayara aktarıldı. Photoshop programı kullanılarak dairesel ve oval kan lekelerinin çap, uzunluk ve genişliklerinin ölçümü yapıldı.

Kan damlalarının çarpma açısının saptanması için öncelikle lekenin uzun ve kısa eksenlerinin ölçümü yapıldı. Ölçüme satellit lekeler ya da dikensi çıkıntıları dahil edilmedi.

Lekelerin en/uzunluk oranlarından  $\sin \alpha$  değerleri bulundu.

Fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığına bağlı kan lekesinin boy, en, alan ve kan damlasının gittiği mesafedeki değişimler doğrusal regresyon analizi ile araştırıldı.

Kan lekesi modelinin direkt analizi teorik olarak değerlendirildi. Direkt analizde, etki öncesi anında damla yönünün hesaplanması için kan damlasının  $\alpha$  çarpma açısı, kan lekesinin  $\gamma$  görüş açısı ve  $\alpha$  ve  $\gamma$ 'nın bir fonksiyonu olan  $\beta$  çizgi açısı kullanıldı.

Bu üç açı arasında aşağıdaki matematiksel ilişki araştırıldı:

$$\beta = \arctan \left\{ \frac{\tan(\alpha)}{\sin(\gamma)} \right\}$$

Veriler arasında istatistiki anlamlı farklılık test edildi.

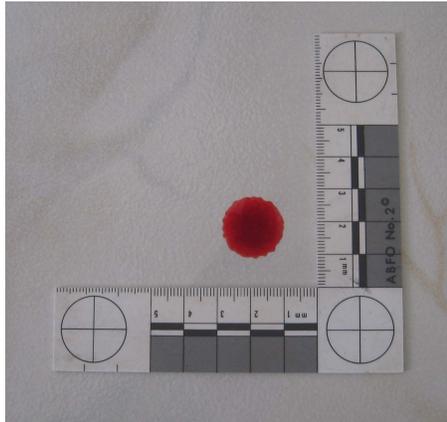
### 3. BULGULAR

Kan lekeleri mozaik, pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerinde oluşturuldu. Lekeler mozaik ve diğer zeminler olmak üzere düşüş yerine göre iki gruba ayrıldı. Kan damlaları mozaik üzerine dik olarak ve serbest düşmesi halinde yükseklik arttıkça, daire şeklinde oluşan kan lekelerinin çapları da arttığı gözlemlendi. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde çarpma açısı bulunabilmiştir.

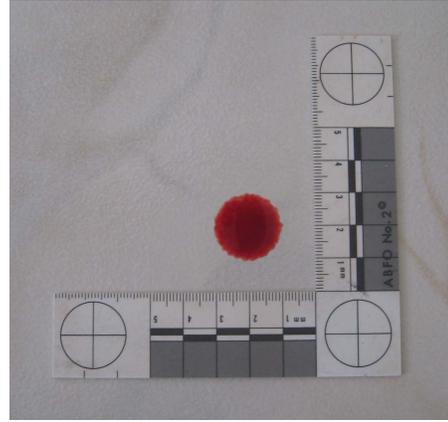
İkinci grup zeminlerde (pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak) üzerine dik olarak ve serbest düşürülen kan damlalarının düşme yüksekliği arttıkça, kan lekelerinin çap büyüklüğü hakkında bir bağlantı saptanamamıştır. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde ise çarpma açısı bulunamamıştır.

Mozaik üzerinde:

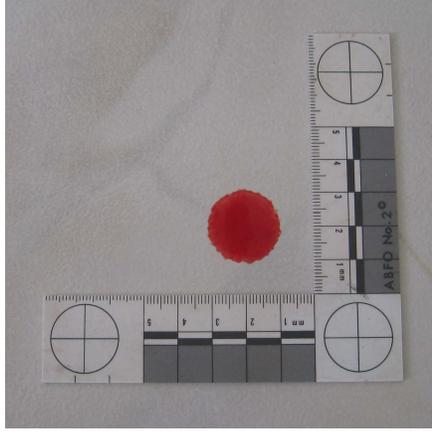
Kan damlaları 90 derecelik bir açıyla 50, 100, 150, 175 ve 200 cm'lik yüksekliklerden mozaik zemin üzerine damlatılarak serbest düştüğü yükseklik arttıkça, kan lekelerinin daire çaplarında artış gözlenmiştir (Grafik 1).



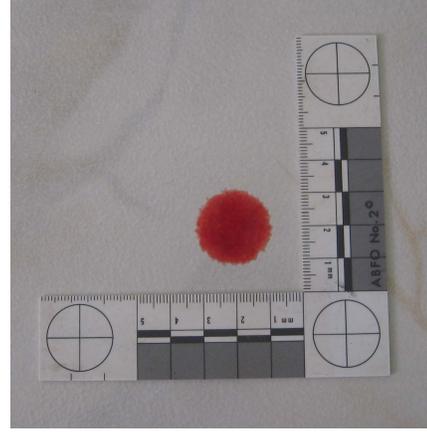
a



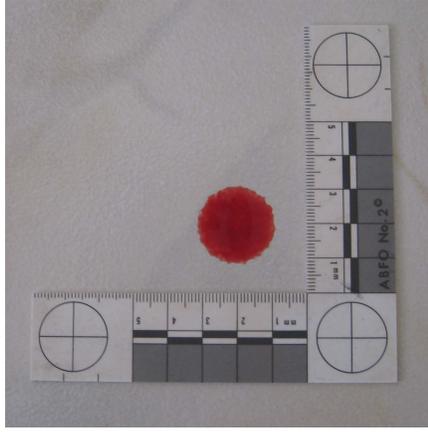
b



c

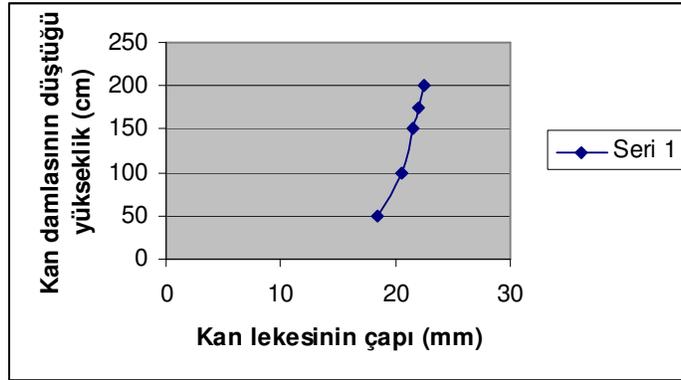


d



e

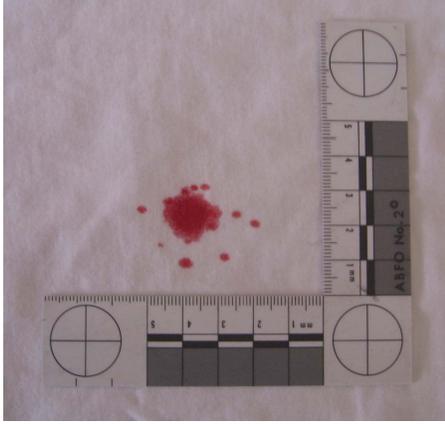
Resim 1 Kan damlalarının mozaik zemin üzerine 50 (a), 100 (b), 150 (c), 175 (d) ve 200 (e) cm'lik yüksekliklerden serbest düşmesiyle oluşan kan lekeleri



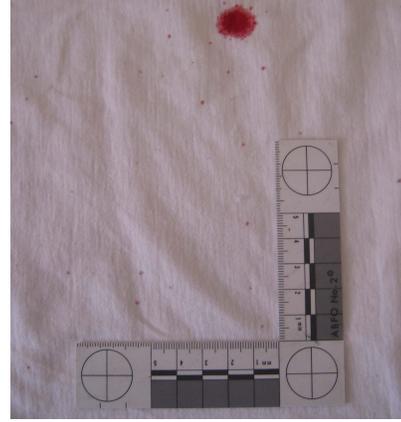
Grafik 1 Çeşitli yüksekliklerden 90 derecelik açıyla damlatılarak oluşturulan kan lekelerinin daire çapı ve damlama yüksekliklerinin grafiği

Bir sonraki çalışmada, kan damlalarının 90 derecelik bir açıyla 50, 100, 150, 175 ve 200 cm'lik yüksekliklerden pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerine damlatılmasıyla serbest düşüş şeklinde kan lekeleri oluşturuldu. Bu tür yüzeylerin üzerine düşen kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerinin çap büyüklüğü hakkında bir bağlantı saptanamamıştır.

Pamuklu ve keten kumaşlarda kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerinde girinti ve çıkıntılar artıyor. Daha yoğun satellit oluşuyor. En uzak iki satellit arasındaki mesafenin arttığı gözlemlendi.

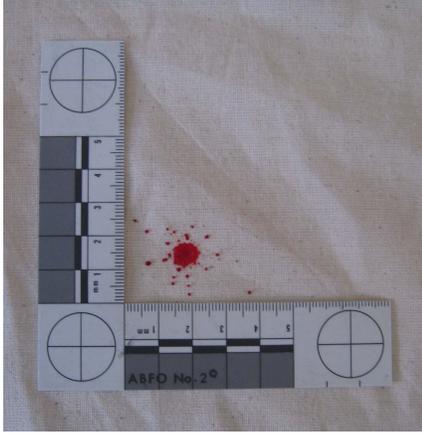


a

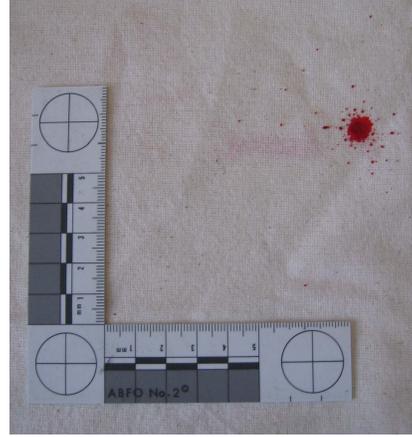


b

Resim 2 Kan damlalarının pamuklu kumaş üzerine 50 (a) ve 175 (b) cm'lik yüksekliklerden serbest düşmesiyle oluşan kan lekeleri



a



b

Resim 3 Kan damlalarının keten kumaş üzerine 50 (a) ve 175 (b) cm'lik yüksekliklerden serbest düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Toprak zemin üzerine kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerinde girinti ve çıkıntılar artmaktadır. Bu girinti ve çıkıntılar düzensiz bir şekilde oluşuyor. İlk satellit oluşumu 150 cm'de gözlemlendi.



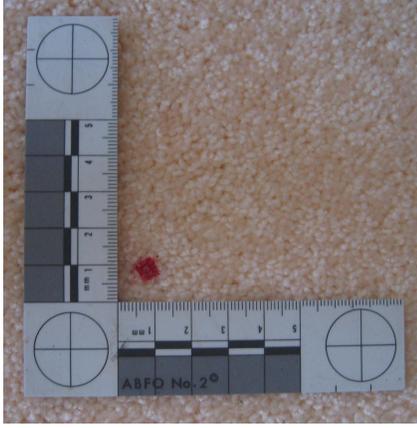
a



b

Resim 4 Kan damlalarının toprak üzerine 50 (a) ve 175 (b) cm'lik yüksekliklerden serbest düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Halı üzerine kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerinde bir değişim gözlenmemiştir.



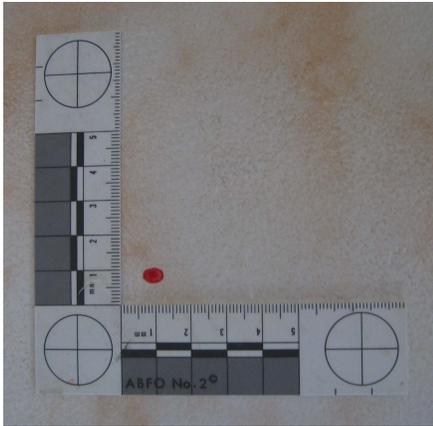
a



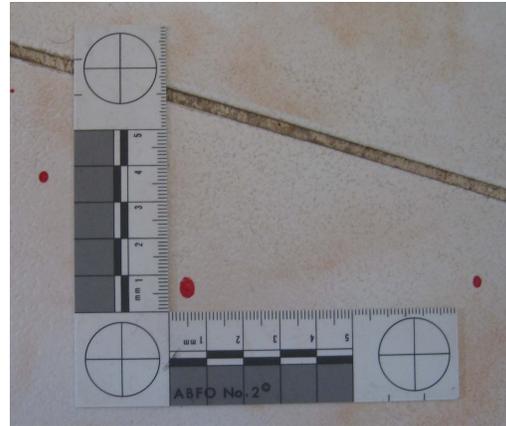
b

Resim 5 Kan damlalarının halı üzerine 50 (a) ve 175 (b) cm'lik yüksekliklerden serbest düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Kan damlaları yerden 120 cm olan bir mesafeden açılı bir şekilde mozaik zemin üzerine damlatılarak kan lekeleri oluşturuldu. Kan damlaları hava üfleyen aletin 4 cm üstünden (30° lik bir açıyla) hava üfleyen alete paralel bir şekilde hiza alınarak 10 cm aralıklarla damlatıldı. Bu sayede çeşitli hızlardaki kan damlalarının zemine açılı bir şekilde düşmesiyle oval kan lekeleri oluşturuldu.



a



b

Resim 6 (a,b) Kan damlalarının mozaik zemin üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Tablo 1 Farklı sedimentasyon değerleri için fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığına bağlı değişimler

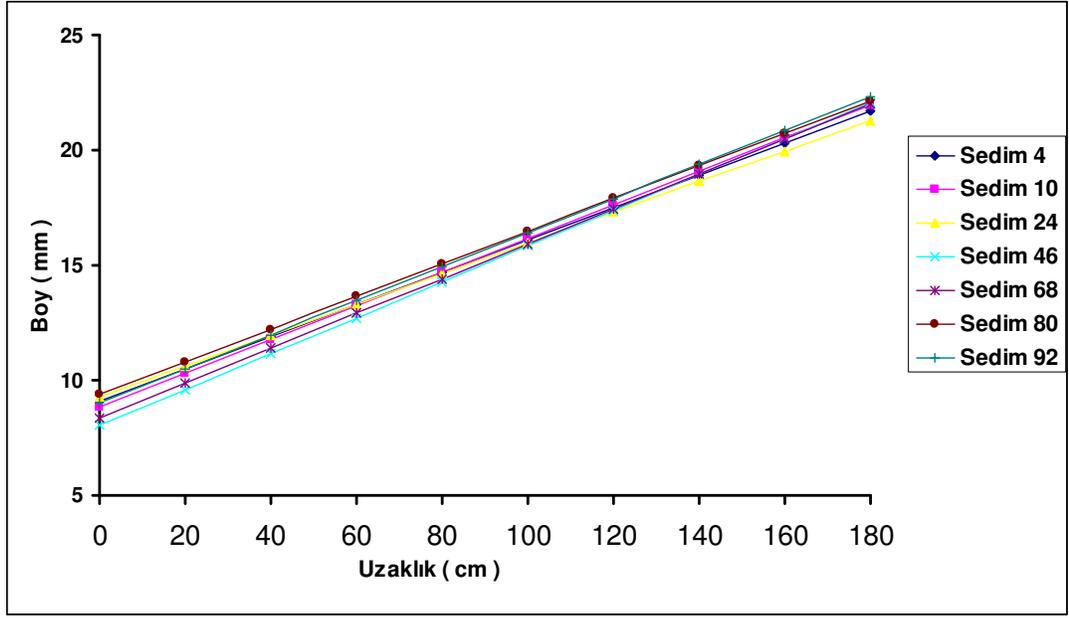
Sedimentasyon Yoğunluğu	boy			en			alan			mesafe		
	regresyon denklemi	r	p	regresyon denklemi	r	p	regresyon denklemi	r	p	regresyon denklemi	r	p
4	9,08 + 0,070 . uzaklık	0,68	<0,01	6,01 + 0,088 . uzaklık	0,76	<0,01	69,12 + 1,899 . uzaklık	0,77	<0,01	188,48 - 1,037 . uzaklık	-0,87	<0,01
10	8,84 + 0,073 . uzaklık	0,69	<0,01	6,66 + 0,085 . uzaklık	0,75	<0,01	74,02 + 1,909 . uzaklık	0,76	<0,01	189,63 - 1,024 . uzaklık	-0,84	<0,01
24	9,25 + 0,067 . uzaklık	0,64	<0,01	6,29 + 0,085 . uzaklık	0,73	<0,01	77,95 + 1,767 . uzaklık	0,73	<0,01	201,54 - 1,012 . uzaklık	-0,85	<0,01
46	8,03 + 0,078 . uzaklık	0,70	<0,01	5,51 + 0,093 . uzaklık	0,76	<0,01	58,05 + 1,997 . uzaklık	0,78	<0,01	183,93 - 1,003 . uzaklık	-0,87	<0,01
68	8,34 + 0,076 . uzaklık	0,72	<0,01	5,48 + 0,093 . uzaklık	0,77	<0,01	55,44 + 2,011 . uzaklık	0,79	<0,01	194,92 - 1,082 . uzaklık	-0,88	<0,01
80	9,38 + 0,071 . uzaklık	0,66	<0,01	6,20 + 0,091 . uzaklık	0,74	<0,01	79,47 + 1,953 . uzaklık	0,74	<0,01	195,34 - 1,078 . uzaklık	-0,88	<0,01
92	9,01 + 0,074 . uzaklık	0,70	<0,01	6,22 + 0,091 . uzaklık	0,77	<0,01	69,59 + 2,024 . uzaklık	0,78	<0,01	193,33 - 1,074 . uzaklık	-0,86	<0,01

Farklı sedimentasyon değerlerine sahip, fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı bilindiğinde, kan lekesinin eni, boyu, alanı ve kan damlasının gittiği mesafeyi hesaplamak Tablo 1 de gösterilen formüller ile mümkündür.

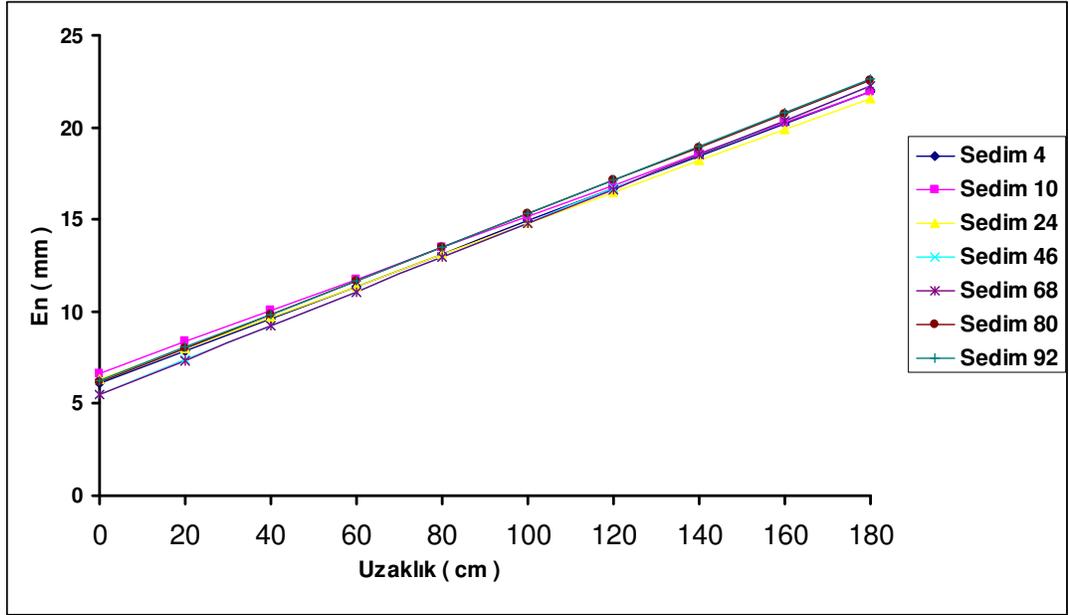
Tablo 2 Farklı sedimentasyon değerleri için fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığına bağlı çarpma açısı değişimleri

Sedimentasyon yoğunluğu	Fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı (cm)	Kan lekesinin boyu (mm)	Kan lekesinin eni (mm)	Kan damlasının çarpma açısı (°)
4	90	18	17	71
4	70	18	16,5	66
4	50	17,5	15,5	62
4	40	15,5	12	51
4	30	5	3	37
10	90	18	17,5	77
10	70	18	16,5	66
10	50	17,5	15,5	62
10	40	16	13	54
10	30	4,5	2,5	34
24	90	18	17	71
24	70	17,5	16,5	71
24	50	18	16,5	66
24	40	15	11	47
24	30	4	2,5	39
46	90	18	17,5	77
46	70	17,5	16,5	71
46	50	17,5	15,5	62
46	40	15	11,5	50
46	30	5	3	37
68	90	18	17	71
68	70	17,5	16,5	71
68	50	17	15,5	66
68	40	14	10,5	49
68	30	3,5	2	35
80	90	18	17	71
80	70	18	16,5	66
80	50	18	16	63
80	40	15	12	53
80	30	5	2,5	30
92	90	18,5	17,5	71
92	70	18,5	17	67
92	50	18	16	63
92	40	14,5	10,5	46
92	30	5	3	37

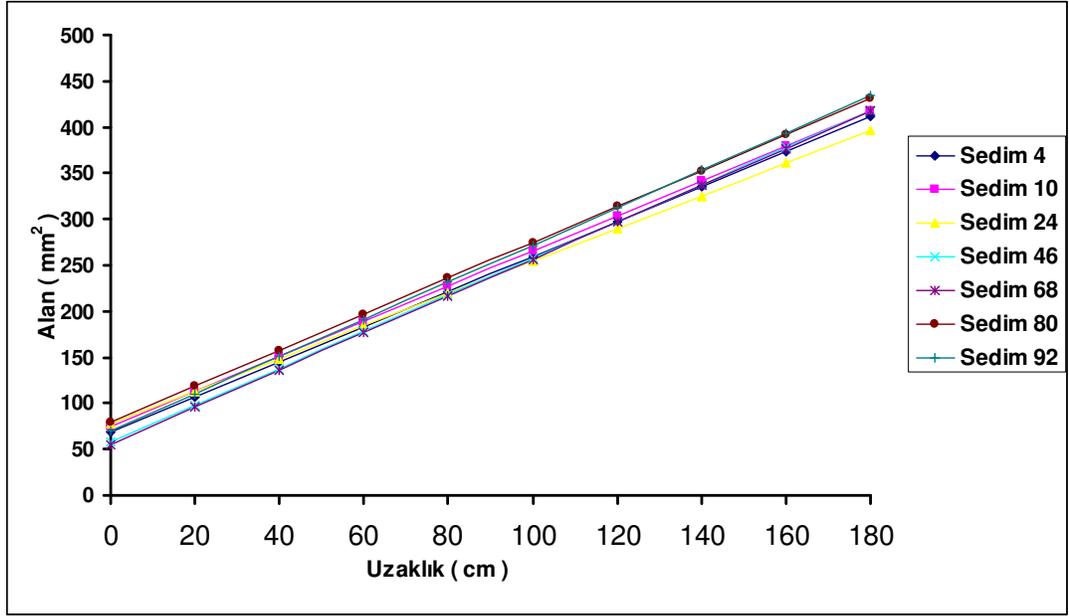
Sedimentasyon yoğunluğu ile açılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanamamıştır.



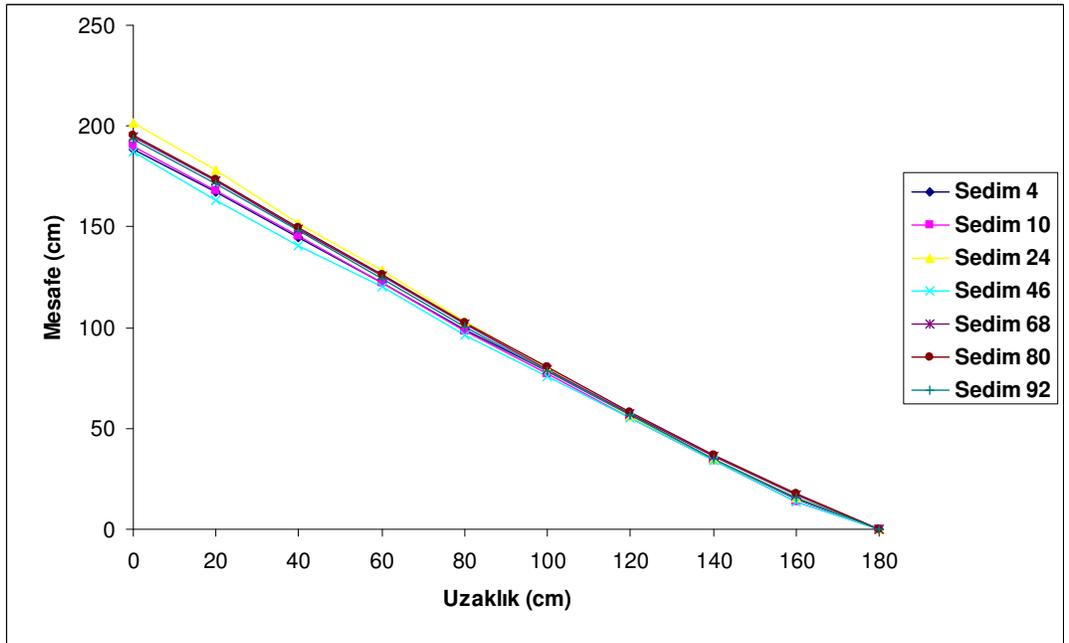
Grafik 2 Her bir sedimentasyon düzeyinde, fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı ile kan lekesinin boyu arasındaki değişim



Grafik 3 Her bir sedimentasyon düzeyinde, fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı ile kan lekesinin eni arasındaki değişim



Grafik 4 Her bir sedimentasyon düzeyinde, fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı ile kan lekesinin kapladığı alan arasındaki değişim



Grafik 5 Her bir sedimentasyon düzeyinde, fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığı ile kan damlasının gittiği mesafe arasındaki değişim

Fırlatılan kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığına bağlı kan lekesinin boy, en, alan ve kan damlasının gittiği mesafedeki değişimler doğrusal regresyon analizi ile araştırılmıştır.

Fırlatılan kan damlasının hava üfleye alete 30-120 cm aralığındaki uzaklığına bağlı istatistiki incelemede:

A) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, boyda 0,07 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir.

$$\text{Boy} = 8,85 + 0,07 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,68 ; P < 0,001)$$

B) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, ende 0,089 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir.

$$\text{En} = 6,07 + 0,089 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,75 ; P < 0,001)$$

C) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, alanda 1,937 mm<sup>2</sup>'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir:

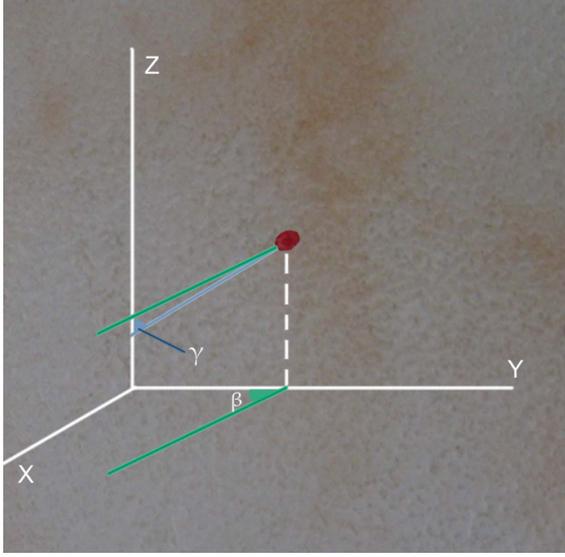
$$\text{Alan} = 69,09 + 1,937 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,76 ; P < 0,001)$$

D) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik artışa bağlı olarak kan damlasının gittiği mesafede 1,069 cm'lik azalma olduğu anlaşılmış ve bu azalma aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir:

$$\text{Mesafe} = 192,45 - 1,069 \times \text{Uzaklık} \quad (r = -0,86 ; P < 0,001)$$

Bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Yukarıdaki araştırılan parametreler, farklı sedimentasyon değerleri (4, 10, 24, 46, 68, 80, 92 ) için de araştırılmıştır ve elde edilen tüm doğrusal regresyon modelleri anlamlı çıkmıştır. Buradan uzaklık ile boy, en, alan ve mesafenin ilişkilerinin sedimentasyon düzeyinden etkilenmediği tespit edilmiştir.



Şekil 8 Duvar üzerinde olduğu varsayılan bir kan lekesinin eksenlerle yaptığı 'γ' ve 'β' açılarının gösterimi

Şekil 8'de gösterilen kan lekesinin en ve boy uzunluğu photoshop programı kullanılarak ölçülmüş ve en = 3 mm, boy = 6 mm olarak bulunmuştur.

$\alpha = \arcsin (\text{kan lekesinin eni} / \text{kan lekesinin boyu})$  formülü kullanılarak,

$$\alpha = \arcsin (3 / 6)$$

$$\alpha = \arcsin (0,5)$$

$$\alpha = 30^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

$\gamma$  açısı (kan lekesinin duvar üzerindeki yönünü belirtir) photoshop programı kullanılarak  $55^\circ$  olarak ölçülmüştür.

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  açıları arasındaki matematiksel ilişki kullanılarak;

$$\beta = \arcsin \{ \tan (\alpha) / \sin (\gamma) \}$$

$$\beta = \arcsin \{ \tan 30 / \sin 55 \}$$

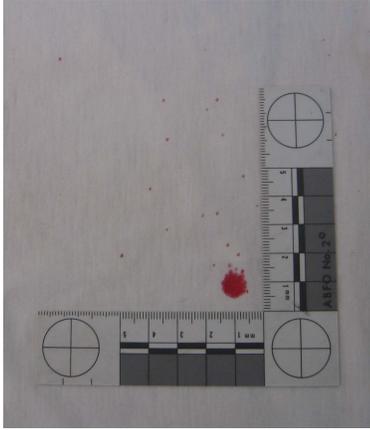
$$\beta = \arcsin \{ 0,57 / 0,8 \}$$

$$\beta = \arcsin (0,70)$$

$$\beta = 35^\circ \text{ (kan lekesinin y eksenine yaptığı açı) olarak bulunur.}$$

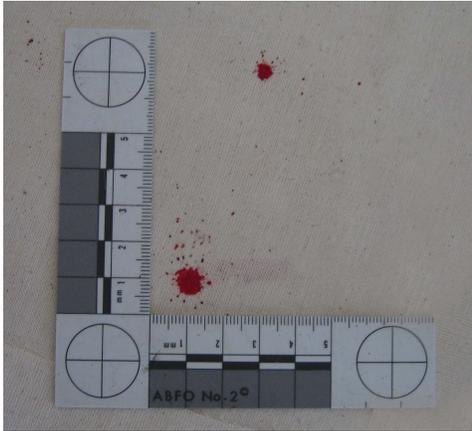
Kan damlaları yerden 120 cm olan bir mesafeden açılı bir şekilde pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak zemin üzerine damlatılarak da kan lekeleri oluşturuldu. Bu tür yüzeylerin sıvıları emme özelliğinden dolayı tam anlamıyla oval kan lekesi oluşmadığı gözlemlendi.

Kan damlalarının pamuklu kumaş üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinde damlanın fırlatıldığı tarafa doğru satellitler gözlemlendi.



Resim 7 Kan damlalarının pamuklu kumaş üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Kan damlalarının keten kumaş üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinin etrafında satellitlerin oluştuğu, bu satellitlerin damlanın fırlatıldığı tarafa doğru daha yoğun bir şekilde oluştuğu gözlemlendi.



Resim 8 Kan damlalarının keten kumaş üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Kan damlalarının halı üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinde damlanın fırlatıldığı tarafa doğru satellitler gözlemlendi.



Resim 9 Kan damlalarının halı üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Kan damlalarının toprak üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinde damlanın fırlatıldığı tarafa doğru satellitler gözlemlendi.



Resim 10 Kan damlalarının toprak üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekeleri

Kan damlalarının pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak gibi zeminler üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinden, damlanın zemine kaç derecelik bir açıyla çarptığına dair bir bilgiye ulaşmanın mümkün olmadığı gözlemlendi. Kan damlalarının bu tür zeminlere açılı bir şekilde çarpmasıyla oluşan dikensi çıkıntılar ve satellitlerden, damlanın geliş doğrultusu hakkında bilgi verdiği sonucuna ulaşıldı. Bu dikensi çıkıntılar ve satellitlerin, damlanın gidiş istikameti yönünde olduğu izlendi.

## 4. TARTIŞMA

Kan lekeleri mozaik, halı, pamuklu kumaş, keten kumaş ve toprak zemin üzerinde incelenmiş olup bunların nitelikleri aşağıda tartışılmıştır.

Kan damlaları 90 derecelik bir açıyla 50, 100, 150, 175 ve 200 cm'lik yüksekliklerden mozaik zemin üzerine damlatılarak serbest düştüğü yükseklik arttıkça, kan lekelerinin daire çaplarında artış gözlenmiştir (Grafik 1). Bu bulgu, James ve Eckert'in (1999) çalışmasıyla uyumludur. Kan damlalarının düşme yüksekliği arttıkça kan lekelerinin çaplarının artması, sıvıların çarpma yüzeylerinin artışı ile ilgilidir. Çarpma yüzeyi pamuklu kumaş, keten kumaş, halı veya toprak olması halinde, çarpma yüzeyindeki çap büyüklüğü ile kanın düşme yüksekliği arasında bir bağıntı saptanamamıştır. Bu nedenle lekenin oluşumunda zeminin niteliklerine de bakmak gerekir. Nitekim lekenin boyutunun farklı olması, sıvı haldeki kanın zemin tarafından emilmesi ile ilgilidir. Pamuklu kumaşın emme yüzeyi geniştir ve lekeyi yanlara doğru da emdiğinden dolayı büyüklük olarak mozaığe yakın büyüklük saptanmıştır (Resim 7).

Pamuklu ve keten kumaşlarda kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerinde girinti ve çıkıntılar artıyor. Daha yoğun satellit oluşuyor. En uzak iki satellit arasındaki mesafenin de artığı gözlenmiştir. Burada kumaşın içerdiği sentetik materyalin kan lekesinin özelliklerini etkilediği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Toprak zemin üzerine kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça girinti ve çıkıntı artışı, toprağın yüzeyinin geniş olmasından kaynaklanabilir.

Halı üzerinde kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldığında bir değişim gözlenmeyişi, kanı emme özelliğinin yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Çeşitli zeminlere 90 derecelik bir açı ile serbest düşüş şeklinde oluşturulan kan lekeleri incelendiğinde; halı, kumaş ve toprak gibi mozaik zemine göre daha pürüzlü olan yüzeylerde kan lekelerinin çevresinin daha girintili çıkıntılı olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler DeForest, Lee ve Gaensslen'nin (1983) bu konudaki çalışmaları ile benzer nitelikte bulunmuştur.

Kan damlalarının mozaik zemin üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekelerinde, fırlatılan kan damlasının yatay hızına bağlı kan lekesinin boy, en, alan ve kan damlasının gittiği mesafedeki değişimler doğrusal regresyon analizi ile araştırılmıştır (Tablo 1).

Fırlatılan kan damlasının hava üfleye alete 30-120 cm aralığındaki uzaklığına bağlı istatistiki incelemede:

A) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, boyda 0,07 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir.

$$\text{Boy} = 8,85 + 0,07 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,68 ; P < 0,001)$$

B) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, ende 0,089 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve aşağıdaki belirtilen formül ile kan lekesinin eni hesaplanmıştır.

$$\text{En} = 6,07 + 0,089 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,75 ; P < 0,001)$$

C) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, alanda 1,937 mm<sup>2</sup>'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir:

$$\text{Alan} = 69,09 + 1,937 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,76 ; P < 0,001)$$

D) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik artışa bağlı olarak kan damlasının gittiği mesafede 1,069 cm'lik azalma olduğu ve aşağıdaki biçimde formüle edilebileceği görülmüştür:

$$\text{Mesafe} = 192,45 - 1,069 \times \text{Uzaklık} \quad (r = -0,86 ; P < 0,001)$$

Yukarıdaki formüller kullanılarak, herhangi bir olay yerinde bulunan kan damlaları analiz edilerek kan damlasının kaynaklandığı çıkış bölgesi tespit edilebilir. Bununla birlikte çalışmamıza benzer bir araştırma görülmediğinden; bu konuda deneysel çalışmalar yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Yukarıdaki araştırılan parametreler, farklı sedimentasyon değerleri (4, 10, 24, 46, 68, 80, 92 ) için de araştırılmıştır. Buradan uzaklık ile boy, en, alan ve mesafenin ilişkilerinin sedimentasyon düzeyinden etkilenmediği tespit edilmiştir (Grafik 2, 3, 4, 5). Sedimentasyon yoğunluğu ile açılar arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanamamıştır.

Kan damlalarının pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak gibi zeminler üzerine açılı damlatılmasıyla oluşan kan lekelerinden, damlanın toprağa kaç derecelik bir açıyla çarptığına dair bir bilgiye ulaşmanın mümkün olmadığı gözlenmiştir. Kan damlalarının bu tür zeminlere açılı bir şekilde çarpmasıyla oluşan dikensi çıkıntılar ve satellitlerden, damlanın geliş doğrultusu hakkında bilgi verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu dikensi çıkıntılar ve satellitlerin, damlanın gidiş istikameti yönünde olduğu izlenmiştir.

Çarpma açısı ne kadar dar açı ile olur ise eliptik, dar açıdan uzaklaşır ise yuvarlak kan lekesi oluştuğu belirlenmiştir. Bu durumun tek istisnası çarpılan hedefin çarpma sırasında hareketli olmasıdır ki bu durumda hareketli bir hedefe 90° açı ile çarpan bir leke, sabit hedefe dar açı ile çarpan bir lekenin şeklini taklit edebilir. Burada ayırım, hareketli hedefe çarpan kan lekesinde dikensi çıkıntılarının ve satellit sıçrama lekelerinin oluşmaması ile yapılır.

Ayrıca açık bir yarıdan sızan kan damlalarının serbest düşüş şeklinde damlarken rüzgar ve diğer dış faktörlerin etkisi altında zemine açılı bir şekilde çarpmasıyla oluşturduğu oval şeklindeki kan lekeleri, hareket halindeki bir şahıstan damlamış gibi anlaşılabilir. Bu yüzden rüzgar ve diğer dış faktörlerin de kan lekesi şeklini etkileyebileceğinin dikkate alınması gerektiği kanaatindeyiz.

## 5. SONUÇ

Kan lekelerinin; kanın orijini ile düştüğü zemin arasındaki yüksekliğe, kanın çıkış hızına, zemine çarpma açısına ve zeminin özelliğine göre farklı şekillerde oluştuğu anlaşılmıştır.

Zeminin mozaik olması halinde üzerine dik olarak ve serbest düşen kan damlalarının düştüğü yükseklik arttıkça, daire şeklinde oluşan kan lekelerinin çapları da arttığı gözlenmiştir. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde çarpma açısı bulunabilmiştir. Çarpma açısı şu formülle hesaplanabilir:

Çarpma açısı =  $\arcsin(\text{lekenin eni} / \text{lekenin uzunluğu})$

Zeminin kumaş, toprak veya halı olması halinde üzerine dik olarak ve serbest düşürülen kan damlalarının düştüğü yükseklik arttıkça, kan lekesinin çap büyüklüğü hakkında bir bağlantı saptanamamıştır. Bunun sebebi zeminin sıvıyı emerek leke boyutunu değiştirmesine bağlı olabilir. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde ise çarpma açısı bulunamamıştır. Kan damlalarının bu tür zeminlere açılı bir şekilde çarpmasıyla oluşan dikensi çıkıntılar ve satellitlerden, damlanın geliş doğrultusu hakkında bilgi verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu dikensi çıkıntılar ve satellitlerin, damlanın gidiş istikameti yönünde olduğu izlenmiştir.

Pamuklu ve keten kumaşlarda ve toprakta kan damlalarının düştüğü yükseklik arttırıldıkça, kan lekelerindeki girinti ve çıkıntılar artması ve satellitlerin daha yoğun oluşması, zeminin emme özelliği yanı sıra yüksekten düşme sırasındaki hız artışına bağlı olabilir.

Kan damlasının hareket ve yönünün tespiti ile olayların dizini yapılabilir ve olayın nerede başlayıp nerede bittiği söylenebilir.

## ÖZET

### **Kan Lekesi Modeline Göre Kanın Yükseklik ve Düşme Açısının Hesaplanması**

Olay yerinde en fazla sıklıkla incelenen lekeler, kan lekeleridir. Kan lekesinin şeklini etkileyen faktörlerden zeminin özelliği, yükseklik ve kanın çarpma açısı kan lekesinin şeklinin oluşmasında önemli etkenlerdendir. Bu nedenle, bu parametrelerin lekenin şeklinin oluşumunda ne ölçüde etkili olduğunun anlaşılması maksadıyla bu çalışma planlanmıştır.

Uzun süre, kan lekesi dağılım analizi veya kan lekesi dağılımının değerlendirilmesi gibi tanımlamalar yapılmış ise de bugün için kan lekesi analiz modeli, kan lekesinin ebat, şekil, dağılım vb. gibi fiziksel özelliklerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyerek sonuçlar çıkaran ve bu çıkarımları yaparken fizik ve matematikten yararlanan bir alandır.

Bu çalışmada kan damlalarının mozaik zemin, pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak üzerine çeşitli yüksekliklerden dik olarak serbest düşürülmesi ve açılı atılmasıyla kan lekeleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmalar, farklı sedimentasyon yoğunluğundaki kan numuneleriyle tekrarlanmıştır. Oluşturulan bütün kan lekelerinin yanına ölçek konularak fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen bu fotoğraflar bilgisayara aktararak, photoshop programı ile dairesel ve oval kan lekelerinin çap, uzunluk ve genişliklerinin ölçümü yapılmıştır.

Lekeler, mozaik ve diğer zeminler olmak üzere düşüş yerine göre iki gruba ayrılmıştır. Kan damlalarının mozaik üzerine dik olarak ve serbest düşmesi halinde, yükseklik arttıkça, daire şeklinde oluşan kan lekelerinin çapları da arttığı gözlenmiştir. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde çarpma açısı bulunabilir. Çarpma açısı şu formülle hesaplanabilir:

Çarpma açısı =  $\arcsin$  (lekenin eni / lekenin uzunluğu)

Kan damlalarının mozaik zemin üzerine açılı bir şekilde düşmesiyle oluşan kan lekelerinde, fırlatılan kan damlasının yatay hızına bağlı kan lekesinin boy, en, alan ve kan damlasının gittiği mesafedeki değişimlerle ilgili formüller şunlardır (Fırlatılan kan damlasının hava üfleye alete uzaklığı 30-120 cm aralığındadır):

A) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, boyda 0,07 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir.

Boy =  $8,85 + 0,07 \times \text{Uzaklık}$  ( $r = 0,68$  ;  $P < 0,001$ )

B) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, ende 0,089 mm'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve aşağıdaki belirtilen formül ile kan lekesinin eni hesaplanmıştır.

$$En = 6,07 + 0,089 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,75 ; P < 0,001)$$

C) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik değişikliğin, alanda 1,937 mm<sup>2</sup>'lik değişim yarattığı anlaşılmış ve bu değişim aşağıdaki biçimde formüle edilmiştir:

$$\text{Alan} = 69,09 + 1,937 \times \text{Uzaklık} \quad (r = 0,76 ; P < 0,001)$$

D) Kan damlasının hava üfleyen alete uzaklığındaki 1 cm'lik artışa bağlı olarak kan damlasının gittiği mesafede 1,069 cm'lik azalma olduğu ve aşağıdaki biçimde formüle edilebileceği görülmüştür:

$$\text{Mesafe} = 192,45 - 1,069 \times \text{Uzaklık} \quad (r = -0,86 ; P < 0,001)$$

İkinci grup zeminlerde ( pamuklu kumaş, keten kumaş, halı ve toprak) üzerine dik olarak ve serbest düşürülen kan damlalarının yükseklik arttıkça, kan lekesinin çap büyüklüğü hakkında bir bağlantı saptanamamıştır. Kan damlalarının açılı atılmasıyla oluşan kan lekelerinde ise çarpma açısı bulunamamıştır. Kan damlalarının bu tür zeminlere açılı bir şekilde çarpmasıyla oluşan dikensi çıkıntılar ve satellitler, damlanın geliş doğrultusu hakkında bilgi vermektedir.

Kan, ölümle sonuçlansın ya da sonuçlanmasın her türlü şiddet suçunun araştırılmasında en sık kullanılan ve en belirgin olan fiziksel delillerden biridir. Şiddet suçlarının doğası gereği sıklıkla oluşan kan lekelerinin geometri ve dağılımlarının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ile olay hakkında önemli bilgiler elde edilebileceği gibi, olayın yeniden kurgulanması da mümkün olacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Adli Biyoloji, olay yeri, kan lekeleri, kan lekesi modeli, şekil.

## SUMMARY

### **Determining of Height and Falling Angle of Blood According to Bloodstain Model**

Bloodstains are the most investigated stains in the crime scene. Features of floor, height and impact angle of blood are the most important parameters that determine the shape of bloodstain. The goal of this research is determining how these parameters effect the shape of stain.

For a long time, either “bloodstain distribution analysis” or “determination of bloodstain distribution” are used as definition of the issue, today the bloodstain model analysis is the known name of the model by the scientists. Bloodstain model analysis investigates the physical properties of blood like dimension, shape and distribution. And also defines the relationship of these properties with each other physics and mathematics.

In this research, bloodstains are investigated which exist as a consequence of throwing blood drops on mosaic floor, cotton, linen, carpet and sand from different heights either with vertical free fall or with throwing from different angles.

These researches are repeated with blood samples of different measurement of bloodstains which are taken with a ruler near them, are transformed to computer. Then diameter, length and width of circular and oval bloodstains are measured using photoshop program.

Stains are classified into two groups as mosaic and other floors according to the place they impact. When blood drops fall with vertical free fall on the mosaic floor if height increases, it is observed that the diameter of the circular bloodstain is also increases. Impact angle of bloodstain which appear when blood drops are thrown with an angle could be found. Impact angle could be calculated by using the formul below:

Impact angle = arc sin (width of stain/ length of stain)

The relationship between the horizontal velocity of blood drops thrown with an angle on the mozaic flor and height, width, area of bloodstain and travel distance of blood drop could be explained by using the formulas below (The distance between the air blowing equipment and blood drop change from 30 to 120 cm) :

A) The change of 1 cm in the distance of blood drop from the air blowing equipment crates 0,07 mm change in the height of bloodstain. This could be calculated using the formulation below:

Height = 8,85 + 0,07 x Distance (r = 0,68 ; P<0,001)

B) The change of 1 cm in the distance of blood drop from the air blowing equipment crates 0,089 mm change in the width of bloodstain. This could be calculated using the formulation below:

$$\text{Width} = 6,07 + 0,089 \times \text{Distance} \quad (r = 0,75 ; P < 0,001)$$

C) The change of 1 cm in the distance of blood drop from the air blowing equipment crates 1,937 mm<sup>2</sup> change in the width of bloodstain. This could be calculated using the formulation below:

$$\text{Area} = 69,09 + 1,937 \times \text{Distance} \quad (r = 0,76 ; P < 0,001)$$

D) 1 cm increase in the distance of blood drop from the air blowing equipment makes a 1,069 cm decrease in the distance of blood drop travels. This could be calculated using the formulation below:

$$\text{Travel distance} = 192,45 - 1,069 \times \text{Distance} \quad (r = -0,86 ; P < 0,001)$$

The relationship of the height of the blood drops which are thrown with vertical free fall on the second group floor (cotton, linen, carpet and sand with the diameter of the bloodstain couldn't be defined. Otherwise in the case of bloodstain which appear when blood drops are thrown with an angle, the impact angle of bloodstain couldn't be calculated. When blood drops impact with an angle on the second group floors, the direction of blood drop is determined.

Blood is one of the most significant and frequently encountered types of physical evidence associated with the forensic investigation of death and violent crime. The circumstances and nature of violent crimes frequently produce a variety of bloodstain that, when carefully studied and evaluated with respect to their geometry and distribution, may provide important information to assist the investigator with the reconstruction off the scene.

**Keywords:** Forensic Biology, crime scene, bloodstains, bloodstain model, patterns.

## KAYNAKLAR

- AÇIKGÖZ, H.N., HANCI, İ.H. (2002). Adli Biyoloji, 26. Bölüm, *Adli Tıp ve Adli Bilimler* içinde; Editör: İ. Hamit Hancı. Sözkese Matbaası, s.: 580-81.
- ALSAWAF, K., TU, A.T. (1985). Isotachophoretic analysis of bloodstain: differentiation of human, menstrual, bovine and ovine bloods. *J. Forensic Sci.*, 30(3): 922-30.
- BENECKE, M., BARKSDALE, L. (2003). Distinction of bloodstain patterns from fly artifacts. *Forensic Science International*, 137: 152-59.
- BEVEL, T. (1983). Geometric Bloodstain Interpretation. *FBI Law Enforcement Bulletin*, Office of Congressional and Public Affairs, 52(5): 7-10.
- BEVEL, T., GARDNER, R.M. (1997). Bloodstain Pattern Analysis-An Introduction to Crime Scene Reconstruction. Boca Raton: CRC Pres, 2.
- BİLGE, Y. (2005). Adli Tıp. Üçbilek Matbaası. Ankara, s.:19.
- BİLGE, Y. (2002) Adli Bilimler Sözlüğü.2002, Üçbilek Matbaası, Ankara.
- BRINKMANN, B., MADEA, B., RAND, S. (1985). Characterization of microtraces of blood. *Z. Rechtsmed*, 94(3): 237-44.
- BURNETT, B.N., ORANTES, J.M., PIERSON M.L. (1997). An unusual bloodstain case. *Journal of Forensic Science*, 42(3): 519-523.
- CARTER, A.L. (2001). The directional analysis of bloodstain patterns theory and experimental validation. *Can. Soc. Forens. Sci. J.*, 34(4): 173-89.
- CARTER, A.L. (1995). Bloodstain pattern analysis with a video camera and a PC computer. *IABPA News*, 11(2): 15-6.
- CARTER, A.L., PODWORNÝ, E.J. (1991). Bloodstain pattern analysis with a scientific calculator. *Can. Soc. Forensic Sci. J.*, 24(1): 37-42.
- CHAFE, F. (2003). Determination of impact angle using mathematical properties of the ellipse. *IABPA News*, 19(1): 5-9.
- CHEATHAM, C.S. (2003). A national survey of police exposure to bloodstain pattern analysis. *IABPA News*, 19(2): 4-14.
- ÇETİN, C.M. (1999). Olay yeri incelemelerinde kan lekelerinin yorumlanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- DEFORREST, P.T., LEE, H.L., GAENSSLEN, R.E. (1983). An Introduction to Criminalistics. *Forensic Science*, New York: McGraw-Hill, p.: 306-8.

- EIKELENBOOM, R. (2003). Bloodstain Pattern Analysis: The Professional Approach. 3rd. European Academy of Forensic Science Meeting. Istanbul; Turkey.
- HURLEY, M., PEX J. (1990). Sequencing of blood shoe impression by blood spatter and blood droplet drying times. *IABPA News*, 3(2): 34-6.
- JAMES, S.H. (1999). Scientific and Legal Applications of Bloodstain Pattern Interpretation. Boca Raton: CRC Pres, p.: 4-14.
- JAMES, S.H., ECKERT, W.G. (1999). Interpretation of Bloodstain Evidence at Crime Scenes. Boca Raton : CRC Pres, p.: 3-35.
- KARGER, B., RAND, S.P., BRINGMANN, B. (1998). Experimental bloodstains on fabric from contact and droplets. *Int. J. Legal Med.*, 111(1): 17-21.
- KIRK, P.L. (1974). Crime Investigation, 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons, p.: 148-56.
- KLEIBER, M., STILLER D., WIEGAND, P. (2001). Assessment of shooting distance on the basis of bloodstain analysis and histological examinations. *Forensic Science International*, 119: 260-2.
- LABER, T.L. (1985). Diameter of a bloodstain as a function of origin distance fallen and volume of drop. *IABPA News*, 2(1): 12-6.
- LABER, T.L., EPSTEIN, B.P. (1983). Experiments and Practical Exercises in Bloodstain Pattern Analysis, Minnesota, 38.
- LEE HENRY, C., GAENSSLEN, R.E., PAGLARIO ELAINE, M. (1986). Bloodstain volume estimation. *IABPA News*, 3(2): 47-55.
- LEWIS, J., HAMMOND, R. (2003). Bloodstain Pattern Arising in Physical Assaults - The value of Reconstruction. 3rd. European Academy of Forensic Science Meeting. Istanbul; Turkey.
- MACDONELL, H.L. (1993). Bloodstain Pattern. Newyork: Golos Printing Inc., 15.
- MACDONELL, H.L. (1981). Criminalistics blood stain examinations. *Forensic Sciences*, 3: 35-8.
- MACDONELL, H.L., PANCHAU, C. (1979). Bloodstain pattern on human skin. *J. Canadian Society Forensic Sci.*, 12(3): 134-41.
- MACDONELL, H.L., BIALOUSZ, L.F. (1971). Flight characteristics and stain patterns on human blood. *National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice*, LEAA Report PR-71, US Government Printing Office, Washington, DC, 21.
- PEX, J.O., VAUGHN, C.H. (1987). Observation of high velocity blood spatter on adjacent object. *J. Forensic Sci.*, 32(6): 1587-94.
- PIZZOLA, P.A., ROTH, S., DEFOREST, P.R. (1986). Blood droplet dynamics-I. *J. Forensic Sci.*, 31(1): 36-49.
- PIZZOLA, P.A., ROTH, S., DEFOREST, P.R. (1986). Blood droplet dynamics-II. *J. Forensic Sci.*, 31(1): 36-49.

- RISTENBATT, R.R., SHALER, R.C. (1995). A bloodstain pattern interpretation in a homicide case involving an apparent 'stomping'. *J. Forensic Sci.*, 40(1): 139-145.
- STEPHENS, B.G., ALLEN, T.B. (1983). Back spatter of blood from gunshot wounds- Observation and experimental simulation. *J. Forensic Sci.*, 28(2): 437-9.
- SUTTON, T.P. (1993). *Bloodstain Pattern Analysis in Violent Crimes*. Memphis: University of Tennessee, p.: 56-8.
- THOMAS, J.M. (2002). A laser angle gauge for use in stringing blood patterns. *IABPA News*, 18(3): 9-12.
- WHITE, R.B. (1986). Bloodstain patterns of fabrics - The effect of drop volume, dropping height and impact angle. *J. Canadian Society Forensic Sci.*, 19(1): 3-36.
- WILLIS, C., PIRANIAN, A.K., DONAGGIO J.R., BARNETT, R.J., ROWE, W.F: (2001). Errors in the estimation of the distance of fall and angles of impact blood drops. *Forensic Science International*, 123: 1-4.
- WILSON, C.I., ALTSCHUL, S., MEAD, A., FLANNAGAN, L.M. (2004). Bloodstain pattern analysis in a case of suicide with a compound bow and arrow. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 25(1): 80-2.
- WONDER, A.Y. (2003). Fact or fiction in bloodstain pattern evidence. *Sci. Justice*, 43(3): 166-8.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı : Ömer İren  
Soyadı : Kızılöz  
Doğum Yeri ve Tarihi : Gaziantep, 1980  
Uyruğu : T.C.  
Medeni Durumu : Bekar  
İletişim Adresi ve Telefonu : İşçi Blokları Mah. 32. Cadde Öncü Sitesi  
D Blok No:19 Çankaya / ANKARA  
Tel: 0533 3473264  
E-mail: irenkiziloz@hotmail.com  
Eđitimi : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakóltesi  
Biyoloji Bölümü (2003)  
Ayrancı Süper Lisesi (1998)  
Yabancı Dil : İngilizce