

## Deniz jeolojisinde sediman karotiyeri örneklemesi

Eşref AYLAN<sup>1</sup>

### Giriş

Sedimanlar buldukları havzanın yaşı ve türüne bağlı olarak Yer'in etkin süreçlerinin neredeyse kesintisiz kayıtlarını oluştururlar. Bu kayıtlara ulaşabilmek için doğrudan ya da dolaylı yöntemler bulunmaktadır. Doğrudan bir yöntem olan denizel, gölsel, flüviyal ve kıyı sedimanlarından örnek alımı, sedimentasyon hızından, iklim değişikliklerine, eski depremler, volkanik aktiviteler ve büyük fırtına olaylarından, endüstri devrimi sonrası kirlilik ve yakın tarihli nükleer denemelere kadar sayısız sürece ait işaretlere erişebilmeyi sağlar. Sediman örneklemesinden, mühendislik yapılarının deniz tabanıyla mekanik etkileşimini kestirebilmek amacıyla yoğunluk, su-gaz içeriği, konsolidasyon, porozite, permeabilite ve makaslama dayanımı başta olmak üzere birçok mühendislik parametrelerinin saptanmasında da yararlanılmaktadır.

Örnekleme, çalışmanın amacına göre, derin bir sediman kesimini, sedimanın en üst kısmını, sediman yüzeyini veya üzerleyen su kolonunun bir bölümünü kapsayacak şekilde yapılmaktadır. Bu amaçla kullanılan sığ ve derin örnekleyiciler, hedeflenen seviyeden örnek alabilmek için zaman içerisinde hızlı bir gelişme göstererek oldukça çeşitlenmişlerdir. Bu yazıda genellikle derin (uzun) sediman örneği alınımında kullanılan, karotiyer tipindeki örnekleyiciler anlatılmaktadır.

### İlk Karotiyerler

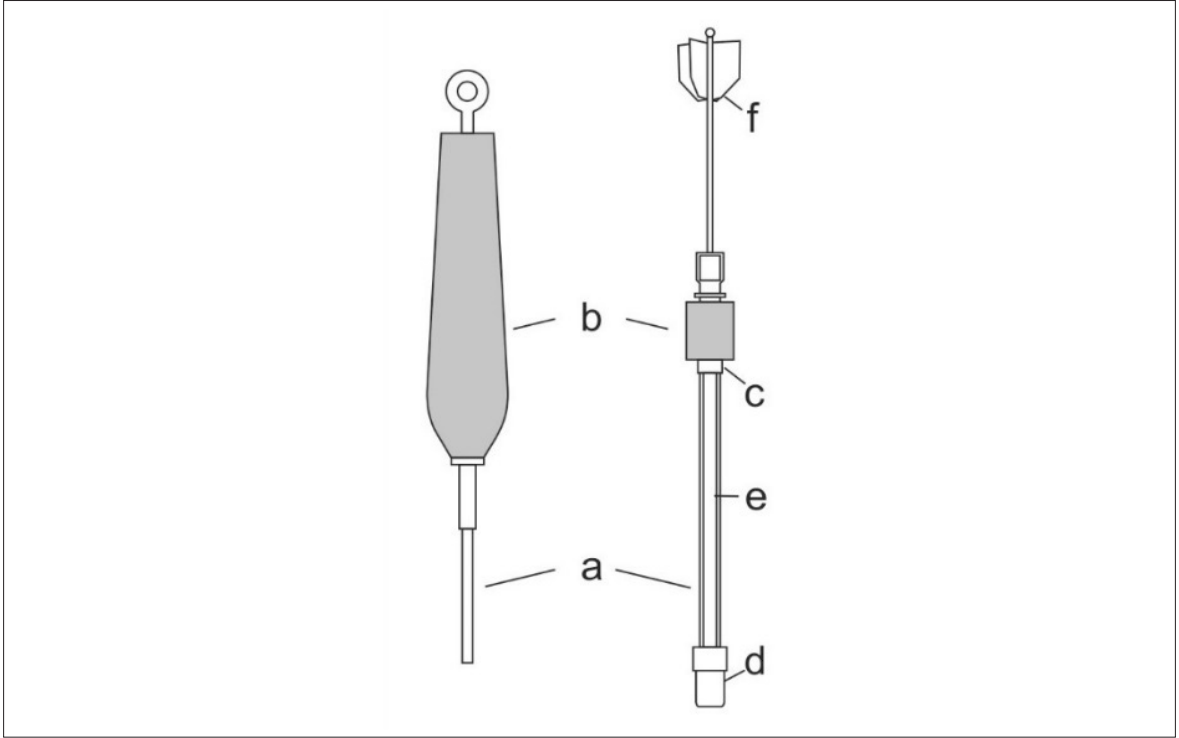
19. yüzyılın ikinci yarısında Manş denizinin iki yakasını birbirine bağlayacak bir tünelin ön etüt çalışmalarında, iskandil ile yapılan sistematik derinlik ölçümlerinin yanında, kıyı mostralardan bilinen, kolay kazılabilme ve tahkimata fazlaca ihtiyaç duymadan kendini taşıyabilme nitelikleriyle öne çıkan Üst Kretase Tebeşiri'nin deniz altındaki uzanımını belirlemek de ön planda olmuştur. Bu çalışmalar kapsamında Henry Marc Brunel, bir iskandil kurşunun ucuna yaklaşık iki santimetre çapında bir tüp ekleyerek "Punch Lead" adını verdiği bu aletle (Şekil 1) deniz tabanından örnekler almayı başarmıştır (Donovan, 1967). Bilinen ilk deniz tabanı karotiyeri sayılabilecek Punch Lead, yumuşak sedimandan başka onun altındaki Tebeşir Grubu'ndan da küçük parçalar örnekleyerek jeoteknik amaçlı bir iş yapmıştır.

Diğer taraftan, 19. yüzyılın son çeyreğinde buzulların ve okyanusun sıcaklık ve tuzluluk bakımından sürekli bir etkileşimde bulunduğu doğal bir laboratuvar olan Baltık coğrafyası, denizin değişik derinliklerinde işleyen süreçler hakkında muazzam bir deneyime ve teknolojik gelişime sahne olmuştur. Aynı dönemde Baltık ülkelerinde denizlerdeki fiziksel ve kimyasal koşullar ile balık türlerinin ve popülasyonlarının dağılımı arasında bir bağlantı olduğu görüşü de yaygınlaşmıştır. Böylece ekonomik değeri olan su ürünlerinin besin zincirini etkileyen süreçleri anlamak ve bu süreçlerin geleceğini kestirebilmek amacıyla birçok hidrografik ve biyolojik araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Ülkelerin birbirlerinden bağımsız yürüttüğü araştırmalar İsveçli fizikçi-kimyager-öşinograf Otto Pettersson'un girişimleri ve meslektaşlarının katkılarıyla uluslararası bir yapılanmaya kavuşmuştur. İlki 1899'da Stockholm'de, ikincisi 1901'de Christiania'da gerçekleşen Uluslararası Öşinografi Konferansı ilk çok uluslu deniz araştırmaları misyonunun ve beraberinde Uluslararası Deniz Araştırmaları Konseyi'nin (ICES - International Council for the Exploration of the Sea) doğmasını sağlamıştır. Konferansta alınan kararlardan biri doğrultusunda, katılımcı ülkelere yapacakları çalışmalar sırasında ihtiyaç duydukları aygıtları maliyeti karşılığı üretmek üzere Norveç'te bir merkez laboratuvar kurulmuştur. Bu laboratuvarda mevcut öşinografi aygıtlarını geliştirmek ve yenilerini icat etmek için yapılan çalışmalar su örneklemesini denizin daha derin kesimlerine ulaştırmakla kalmayıp, deniz tabanından sediman örneği alabilen karotiyerleri de ortaya çıkarmıştır. Bunlardan ilki olan V. Walfrid Ekman'ın tasarladığı sediman karotiyeri (Ekman, 1905) sonraki tüm karotiyerler için bir prototip olmuştur (Şekil 1).

### Sediman Karotiyerlerinin Genel Özellikleri

Karotiyerle sediman örneği alma işleminde hedef deniz tabanındaki belirli kalınlıkta sedimandan, orijinal tabakalanmayı bozmadan düşey bir örnek almaktır. Uygulama prensip olarak basittir. İdeal koşullarda belirli uzunlukta bir tüp sediman - su ara yüzeyine ya da yakınına kadar indirilir, bu tüp çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kendi boyu kadar sedimana saplanarak yine aynı boyda bir örnek alır ve örnek her iki ucundan da kapatılarak orijinal boyu ve iç yapısıyla yukarı çekilir. (Şekil 2). Oysa uygulamalar sırasında sadece karotiyer tüpünün boyu bilinebilir. Penetrasyon, örneğin alınırken ve yukarı çekilirken uzunlukları ve iç yapısı koşullara bağlı olup karotiyer dizaynının ve operasyon aşamalarının sürekli gözden geçirilmesiyle optimize edilmeye çalışılır. Örnek

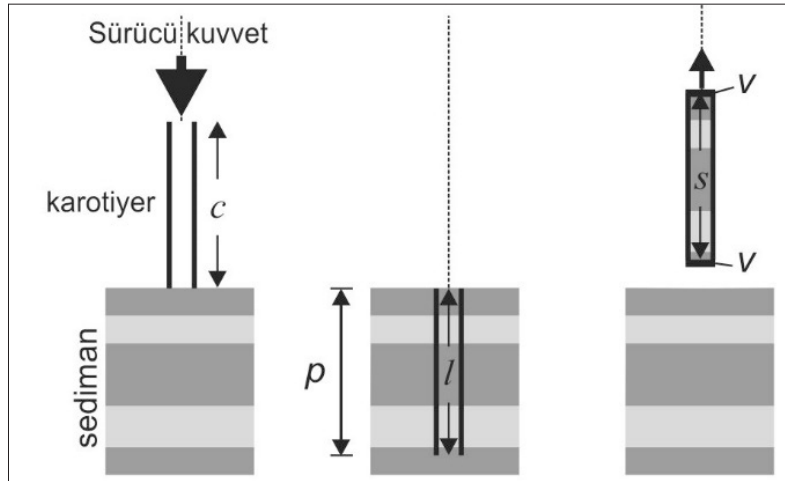
<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi, Ankara.



Şekil 1- Donovan (1964) rekonstrüksiyonuna göre Punch Lead (solda) ve Ekman karotiyeri (sağda), a) tüp, b) ağırlık, c) tek yönlü valf, d) yakalayıcı düzenek, e) astar, f) kanatlar.

alınacak noktadaki derinlik, sediman tane boyu, su içeriği, sedimandan yapılacak analizlerin türü, kullanılacak deniz aracının büyüklüğü ve sahip olduğu donanımın kapasitesi gibi birçok koşul hem karotiyer sistemi seçimini, hem de onunla alınan örneğin boyu ve ne ölçüde temsilci nitelik taşıyacağı üzerinde etkilidir.

Karotiyerin yeterli derinliğe penetrasyonu ve bu andan başlayarak gemiye çekilmesine kadar süren aşamalarda örnekte kayıp ve örselenme oluşmaması örnek alma operasyonlarının yegâne amaçlarıdır. Bugüne kadar tasarlanan, denenmiş ve her biri üzerinde sayısız değişiklik yapılan birçok sistem ile temelde bu iki amaca olabildiğince ulaşmaya çalışılmıştır.



Şekil 2 - Karotiyerle sediman örneği alma manevrasının mantıksal şeması. c uzunluğundaki tüp bir sürücü kuvvetin ( $F_s$ ) etkisiyle sedimana p kadar penetre eder ve içerisine l uzunluğunda bir örnek alır. Tüp yukarı çekilirken alt ve üst uçlarındaki kapatıcı düzenekler tarafından kapatılarak yukarıya s uzunluğunda bir örnek ulaştırılır (ideal şartlarda  $c = p = l = s$ ).

Penetrasyon ile ilgili en önemli sorun sediman ve karotiyer arasındaki sürtünme kuvvetinin yarattığı etkilerdir. Sürtünme örneğin tüp içinde daralarak penetrasyona göre daha kısa olmasına yol açabilir (core-shortening) ve bir noktadan sonra karotiyer tıkanarak örnek almaksızın penetrasyona devam edebilir (plugging). Daha çok, ince taneli sedimanlarda yaşanan bu sorun karotiyer çapı küçük olduğunda tüm sediman tipleri için geçerlilik kazanır. Tüpte sürtünme kuvvetinden daha fazla bir negatif basınç olduğu durumlarda ise (piston karotiyerde olduğu gibi) sediman tüpün içine doğru fazlaca emilerek orijinal halinden uzamış olarak girebilir (Şekil 3). Karot daralması ya da uzaması şeklindeki deformasyonlar tespit edilip ölçümler düzeltilmezse sedimantasyon hızı hesaplaması gibi çalışmalarda büyük hatalara yol açabilirler.

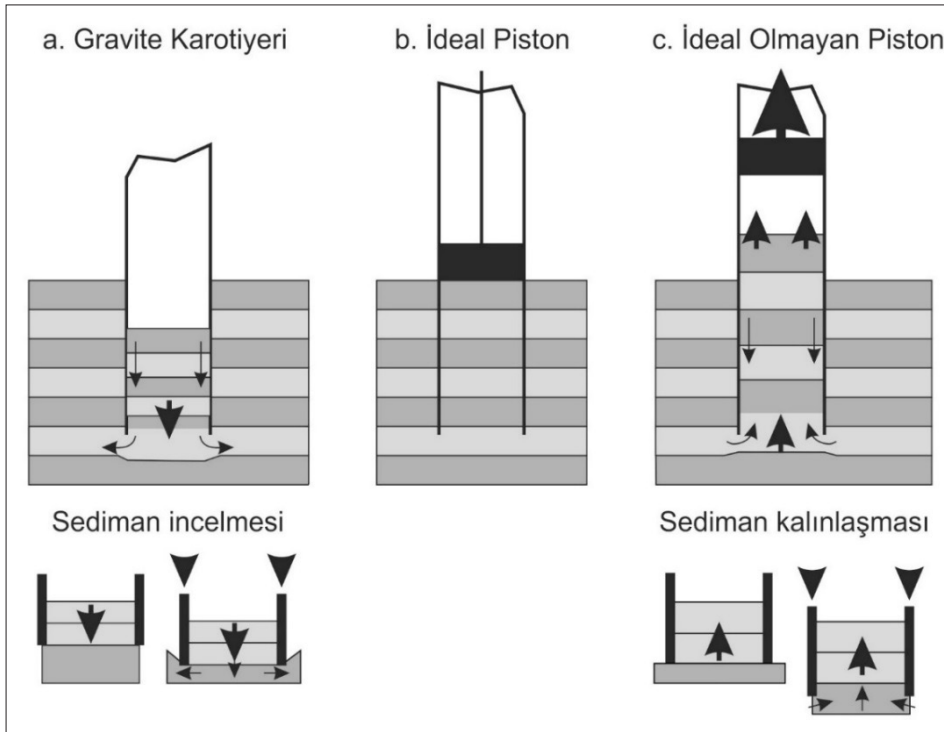
İlk dönemlerde örnekleme operasyonunun başarısı, daha çok, karotiyerin tabandan güverteye alınırken ne kadarının dolu olduğuyula (karot kurtarımı) ölçülmekteyken, teknolojik gelişmeler karot kurtarımıyla ilgili problemleri giderdikçe başarı ölçütlerinde örselenmemiş örnek alabilme kabiliyeti daha öne çıkmıştır.

## Karotiyer Tipleri

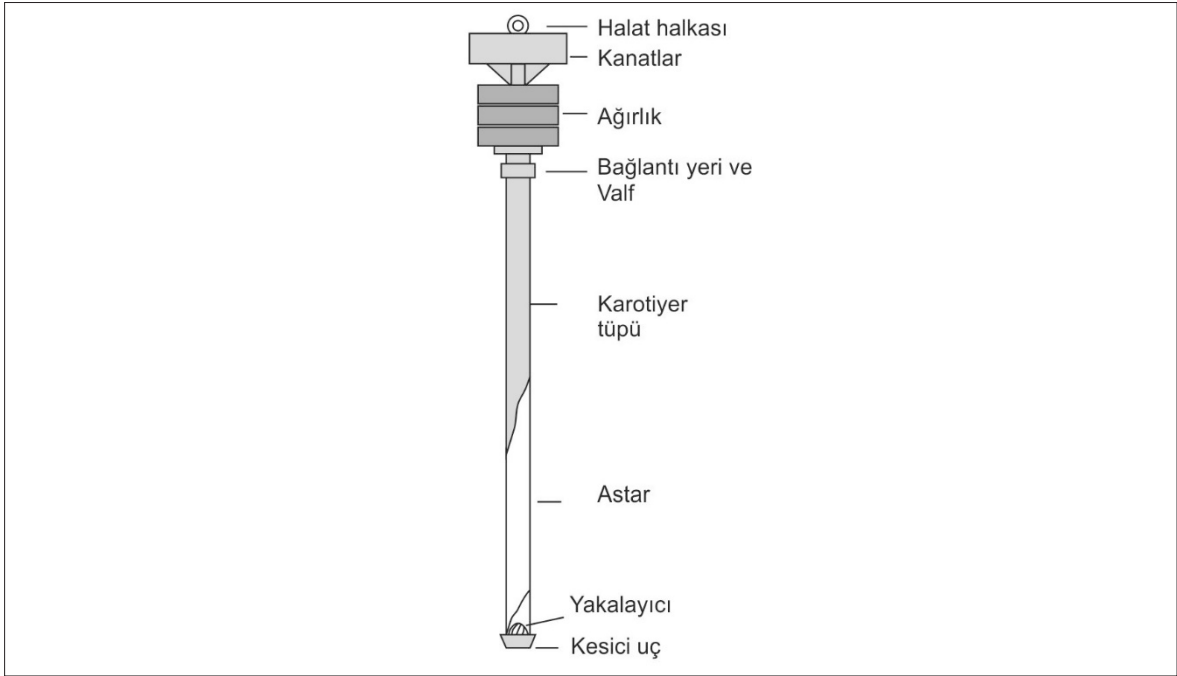
### Basit Gravite Karotiyeri

Ekman karotiyeri prensibine bağlı kalınarak geliştirilen sistemlerde penetrasyonu sağlayan kuvvet karotiyerin ağırlığıyla ilişkilidir. Sistemde üst kısmında kurşun ağırlık halkalarının takılı olduğu metal bir tüp ve onun içine geçen bir PVC astar kullanılır (Şekil 4). Hidrolik şok dalgası etkisini azaltmak için tüpün üst ucunda tabana dalış sırasında açık kalarak suyun serbestçe içinden geçmesine izin veren bir valf yer alır. Bu valf karotiyer yukarı çekilirken kapanarak alınan örneğin suyla yıkanıp kaybolmasını engeller. Tüpün alt ucunda kesici bir başlık ve onun içinde penetrasyon sırasında sedimanın girişine izin veren, karotiyer yukarı çekilirken ise örneğin alttan düşmesine engel olan bir yakalayıcı (catcher) bulunur. Karotiyerin en üst kısmındaki kanatlar düşey ekseninde stabil bir dalışa yardımcı olur. Sistem kanatların üstündeki bir halkadan gemideki vincin halatına bağlıdır.

Karotiyerin standart çapı 102 mm, tüp uzunlukları 1-6 metre arasında değişmektedir.



Şekil 3- Karotiyerin penetrasyonu sırasında tüp içinde oluşan sürtünme kuvvetleri piston mevcut ve ideal çalışırsa dengelenebilirken (b) pistonun olmadığı durumda sedimanda incelmeye ve örnekte daralmaya (a) pistonun sabit tutulamadığı durumlarda ise oluşan negatif basınç nedeniyle örnekte uzamaya (c) yol açmaktadır (Skinner ve McCave, 2003).



Şekil 4- Basit gravite karotiyeri güncel tasarımının temel elemanları.

#### Avantajları:

- Örnek alabileceği su derinliği çok geniş bir aralıktadır. Birkaç on metreden birkaç bin metreye kadar derinliklerde çalışabilir,
- Basit bir tasarıma sahip olduğu için maliyeti düşüktür.

#### Dezavantajları:

- Yüzeyledeki sedimanı örseler,
- Sediman tane boyu arttıkça penetrasyonu azalır.
- Sürtünme nedeniyle penetrasyondan daha kısa örnek alma, tabakaların karotiyerin içine incelerek girmesi ve sedimanın karotiyeri tıkaması mümkündür.
- Vinç bulunduran bir tekneye ihtiyaç vardır

#### Kasten Karotiyeri

Tüp kısmı hariç, basit gravite karotiyerine yakın bir yapıdadır. Uzun bir kutu karotiyerine (box corer) benzeyen tüp, kare biçimli kesiti sayesinde geniş bir örnekleme alanına sahiptir. Örnek alımı sırasında içinde astar kullanılmamaktadır. Bunun yerine örneğe erişim için ortadan ikiye ayrılabilen bir tüp yapısı sunmaktadır.

#### Avantajları:

- Geniş örnekleme alanı (15x15 cm veya 30x30 cm) sayesinde iyi kalitede örnek alır.

#### Dezavantajları:

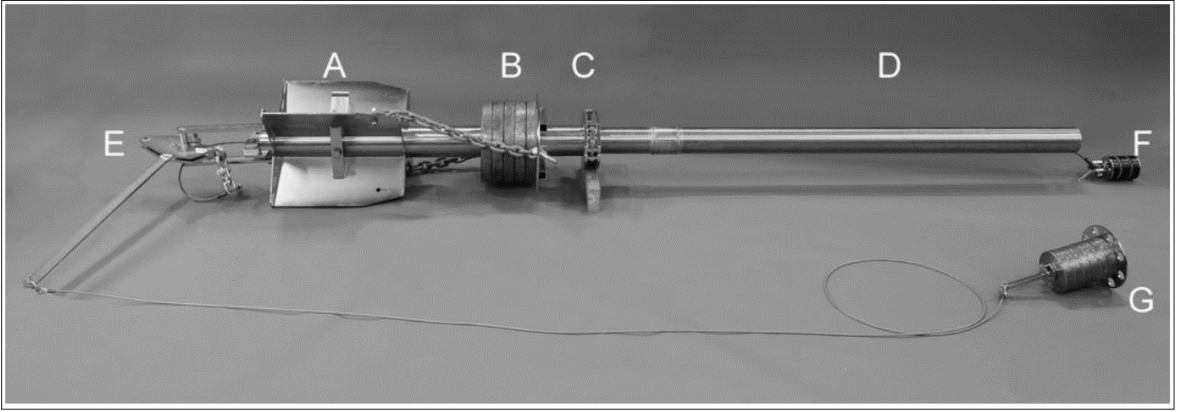
- Sadece yumuşak sedimanda kullanıma uygundur

#### Piston Karotiyerleri

Sürtünme ile ilgili problemlere çözüm olarak basit karotiyer dizaynına bir pistonun dahil edildiği Kullenberg karotiyerini (Kullenberg, 1947) esas alır. Karotiyer bir tetikleme mekanizmasıyla çalışmaktadır (Şekil 5). Tetikleme sistemi deniz tabanına belli bir yükseklikten karotiyerin serbest düşmesine imkân verir. Tetikleme ağırlığının tetiğe asılı olduğu kablunun uzunluğu planlanan serbest düşme yüksekliği ile karotiyer sisteminin boyunun uzunluğu toplamına karşılık gelmektedir.

Tetikleme ağırlığı su içinde rahat hareket edecek biçime sahip ve kurşundan imal edilmiştir. Bazen bu ağırlık bir tüpün başına eklenmiştir ve hem tetikleme hem de kısa bir gravite karotu almaya yarar.

Piston, karotiyerin alt ucundaki kesme konisinin hemen üzerinde ve astar içinde yer almaktadır. Sediman yüzeyinde sabit duran piston burada suyun geçişini engelleyerek, karotiyerin içine sadece sedimanı alır. Penetrasyon sırasında tüp sediman içinde aşağı yönde ilerlerken piston da sedimanla birlikte tüp içinde görel olarak yukarı hareket etmiş olur. Bu sayede oluşan emme etkisi sediman - karotiyer iç çeperi arasındaki sürtünmeyi dengeleyerek örneğin girişini destekler. Piston sistemi taşıyan kablunun ucunda yer aldığı için, sistem yukarı çekilirken piston



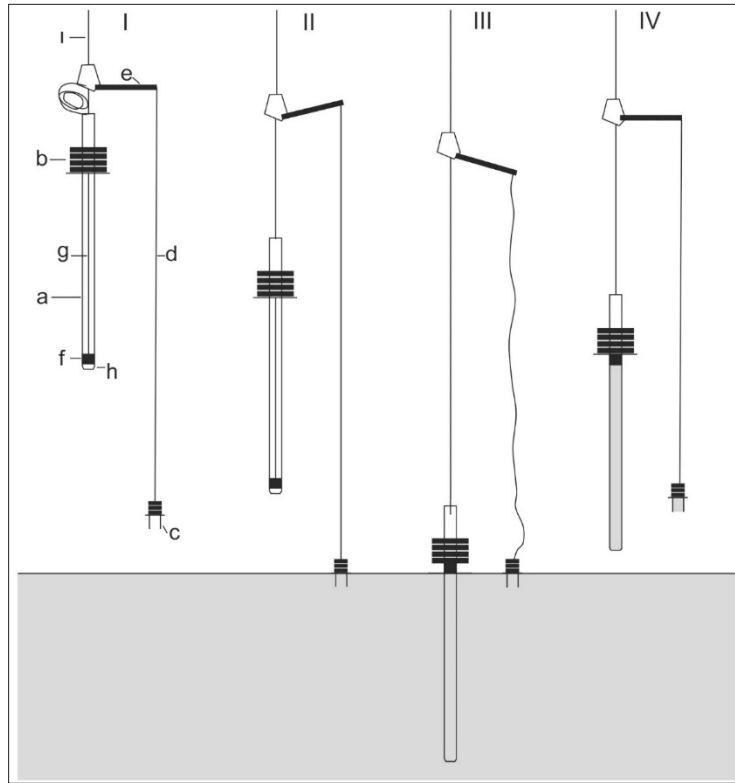
Şekil 5- Bir piston Kullenberg tipi bir piston karotiyerin bölümleri: kanatlar (A), sürücü ağırlıklar (B), kilit (C), çelik tüp (D), tetikleme kolu (E), piston (F), tetikleme ağırlığı (G).

da astara vakum uygulayarak örneği astar içinde alıkoyar (Şekil 6).

Avantajları:

- Sedimanı daha az örseler.

- Basit gravite karotiyerine göre daha uzun örnekler alabilir (30 metreye kadar).
- Yaptığı penetrasyon ile aldığı örnek boyu birbirine daha yakındır.



Şekil 6- Piston karotiyerin örnek alma aşamaları I: Vinç halatına (a) bağlı karotiyer sistemi sabit bir hızla indirilir II: Tetik ağırlığı (c) tabana dokununca tetik kolu (e) kalkarak tetik halatı uzunluğu (d) ve karotiyer boyunun farkı kadar bir yükseklikten ana karotiyeri (a) serbest düşmeye bırakır III: Piston halatının (g) ucunda yer alan piston (f) penetrasyon tamamlanana kadar yerinde sabit kalır. IV: Sistem geri çekilmeye başladığında sedimanla dolu karotiyerin en alt kısmındaki yakalama sistemi (h) bu ucu kapatır.

## Dezavantajları:

- Az sayıdaki araştırma gemisinde bulunabilen ekipmanla kullanılabilir,
- Kullanımı genellikle yumuşak sedimandan örnek almayla sınırlıdır,
- Tetikleme mekanizmasıyla kullanılması idaresini zaman alıcı ve karmaşık bir hale getirir.

## Darbe Karotiyeri (Impact Corer)

Ağırlığın örnek alımı için tek başına yeterli olmadığı sıkı sediman koşullarında penetrasyonu sağlamak için karotiyeri sedimana çakmak gerekebilir. Bunun için halat üzerinde belirlenmiş kısa bir bölüm boyunca bir ağırlık karotiyer tüpünün üzerine tekrarlı düşürülüp kaldırılarak çekiç gibi kullanılır. Bu sistemde çekiç ağırlığı el ile ya da vinç yardımıyla kullanıldığı gibi, hava basıncı ile çalışan çekiçlerden de yararlanılabilir. Çekiç sistemi piston karotiyer prensibine uyarlanarak her iki sistemin avantajı elde edilebilir (Şekil 7).

## Hidrolik Sönümlmeli Gravite Karotiyeri (Hydraulically Damped Gravity Corer)

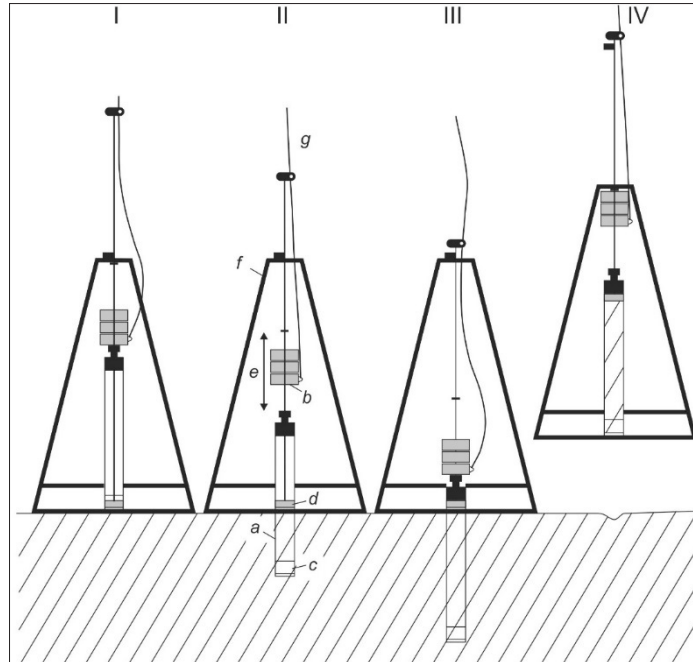
Sedimanın yerinde örselenmesini önlemenin bir yolu da penetrasyonu yavaşlatmaktır. Bu amaçla karotiyerde su ile dolu bir piston kullanılır. Bir kaide ile deniz tabanına bırakılan karotiyer yine kendi ağırlığıyla ancak bu defa pistondaki suyun çekilme hızına bağlı bir hızda sedimana penetre eder.

## Avantajları

- Kontrollü penetrasyona imkan vererek örselenmemiş örnek almayı sağlar.

## Kutu Karotiyeri (Box Corer)

Metal bir kutu, sürücü ağırlıklar ve tetiklemeyle kutuyu alttan kapatan bir mekanizmadan oluşmaktadır. Kapatma mekanizmasına göre Ekman tipi ve Reineck tipi olmak üzere iki dizaynı mevcuttur. Ekman tipinde tetiklenmeyle iki kanat kapanırken, Reineck tipinde kutunun altını kayarak kapatan kürek biçiminde bir araç bulunmaktadır. Deniz tabanının eğimli olduğu yerlerde penetrasyonun dikey olmasını ve karotiyerin dengesini sağlayan bir iskelete sahiptir.



Şekil 7- Darbe-gravite prensibinin birleştirildiği bir karotiyerin çalışma şeması (Gallmetzer vd., 2016) I: karotiyer bir tripod (f) üzerinde tabana indirilir II: halatın belli bir kısmında (e) kaldırılıp düşürülen ağırlık (b) karot tüpünü (a) sedimanın içine iterken piston (d) sediman yüzeyinde sabit durur, III: penetrasyon tamamlandığında yakalayıcı (c) örneği hapseder IV: tüp tabandan kurtarılır ve karotiyer gemiye çekilir.

**Avantajları;**

- Sedimanın en üst kısmı ve yüzeyinden çok kaliteli örnek alabilir.

**Dezavantajları;**

- Karotiyer kutusu iri taneli seviyeler içeren sedimanlarda kullanılırsa zarar görebilir. Bu nedenle en az 1 metre kalın yumuşak ve ince taneli sedimanın bulunduğu bilinen yerlerde kullanılmalıdır.
- Büyük ve ağır olduğundan, kullanımı için kuvvetli bir vince ve büyük bir güverteye sahip teknelere ihtiyaç gösterir.

**Titreşim Karotiyeri (Vibrocorer)**

Bir veya birden fazla elektrik motoru yardımıyla tüpün sağa sola ya da yukarı aşağı titreşimi sağlanarak karotiyer sisteminin sedimana penetrasyonu gerçekleştirilir.

**Avantajları:**

- Gravite karotiyerlerinin örnek almada zorlandığı kum, çakıl ve tefra gibi iri taneli sedimanlardan örnek alabilir.

**Dezavantajları:**

- Boyutları genellikle çok büyüktür.

**Örneklerin Taşınması**

Deniz tabanından kayda değer bir planlama, emek ve maliyetle alınan örnekler, analizlerin yapılacağı laboratuvarlara ya da saklama alanlarına yine aynı özenle taşınmalıdır. Karotun alındığı yerdeki orjinal içyapısını mümkün olduğu kadar iyi korumayı hedefleyen bir taşıma prosedürü analiz sonuçlarının gerçeği yansıtmasını da sağlayacaktır. Dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. PVC astarın baş kısmından sediman ve kapak arasında boşluk kalmayacak şekilde kesilmesi,

kalan boşluk varsa sedimanın akmasına ve karışmasına engel olmak için bu boşluğun doldurulması ve kapakla kapatılması

2. Uzun tüplerin elverişli bir taşımayı mümkün kılacak boylara bölünmesi (yaklaşık 1m.)
3. Karot tüplerinin düşey konumda ve baş kısmı yukarıda taşınması.

**Örneklerin Saklanması**

Karot örnekleri alındıkları andan başlayarak canlı aktivitesinden etkilenirler. Örneklerin alınması ve taşınması ne kadar başarılı olursa olsun saklama sürecinde bu etken – karotun ne amaçla kullanılacağına da bağlı olarak- karotu kullanılmaz hale getirebilir. Bu nedenle biyolojik aktiviteyi durdurmak için karotlar dondurularak saklanır (Dondurma işlemi, örneğin su içeriğine bağlı olarak, buz genleşmesine ve karot boyunda %3-6 arasında bir uzamaya neden olur).

**Değinilen Belgeler**

- Donovan, D.T. 1967. Henry Marc Brunel: The first submarine geological survey and the invention of the gravity corer. *Marine Geology*, 5, 5-14.
- Ekman, V.W. 1905. An apparatus for the collection of bottom-samples. *ICES Journal of Marine Science*, 27, 3-6.
- Gallmetzer, I., Haselmair, A., Stachowitsch, M., Zuschin, M. 2016. An innovative piston corer for large - volume sediment samples. *Limnology and Oceanography: Methods*, 14, 698-717.
- Kullenberg, B. 1947. The piston core sampler. *Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter*. Ser. 4: Hydrografi, Band 1, Hafte 2, 1-46.
- Skinner, L.C., McCave, I.N. 2003. Analysis and modelling of gravity- and piston coring based on soil mechanics. *Marine Geology*, 199, 181-204.

