

24678

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ ENSTİTÜSÜ
DENİZ JEOLojİSİ VE JEOfİZİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÖNETEN
Doç. Dr. Atilla ULUĞ

DENİZ SİSMİK ENERJİ KAYNAKLARI
VE SİNYAL MODELLERİ

Jeofizik Mühendisi Recep ÇAKIR

İZMİR
Şubat 1992

DOĞUMANTASYON MERKEZİ

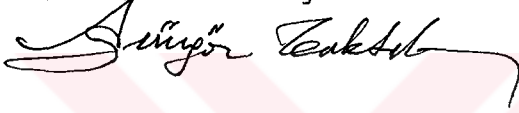
Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve
Teknolojisi Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Deniz Bilimleri Anabilim
Dalında YÜKSEK LİSANS (MASTER) Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Atilla ULUĞ



Üye : Prof. Dr. Güngör TAKTAK



Üye : Doç. Dr. Rahmi Pınar



Kod No :

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu
onaylarım.



Prof. Dr. Orhan USLU
Enstitü Müdürü

Katkı Belirtme

Bu çalışmayı yöneten ve bana yol gösteren hocam sayın, Doç. Dr. Atilla ULUĞ 'a teşekkür ederim.

Ayrıca benden yardımlarını hiç esirgemeyen değerli hocam, Doç.Dr. Mustafa Ergun'e, Dr. Erdeniz Özel'e teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması sırasında Jeloji Müh. Hüsnü ERONAT'ın samimi yardımları için teşekkür ederim.

Bunun yanında her türlü maddi manevi yardımı sağlayan anneme ve ağabeyime sonsuz şükranlarımı sunarım.



ABSTRACT

Obtaining the seismic record resolution can be accomplished in two stages. The first being the control of the source wave and second being trough data processing on record. Even if enhancement is available during the data processing stage, there is no assurance that problems that occur during data acquisition can be solved. Because of this problem knowing the source wave simplifies everything for both stages.

It is obvious that working on marine seismic, survey activities is more expensive than working on land, seismic activities it is also very important when working on marine seismic activity to select suitable energy source.

Recognizing the signal source definition means; knowing the needed source signal during signal enhancement process (or during deconvolution). With recognition of source signal type helps the data acquisition or during the data processing stage.

In the marine seismic studies there is an oscillation on the source signal as a result of the seawater pressure. This creates unwanted peaks after the source which called the bubble effect. As a result, we try to interpret it as a layer during the interpretation. To avoid this problem, we have to control energy source parameter or energy source array.

ÖZ

Sismik kayıtlarda tabaka ayrımlılığını sağlanması; yeraltına gönderilecek kaynak dalgacığının başlangıçtaki kontrolü ve alınan kayıtlar üzerine veri-işlemin (data processing) uygulanması olarak iki aşamada gerçekleşmektedir. Her ne kadar veri-işlem safhasında, alınan kayıtlar üzerinde iyileştirme işlemi yapılsada, veri toplama (data acquisition) esnasında yapılacak olan hataların yok edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle sismik kesitin, veri-işlem ve yorumlama safhasında daha gerçeğe uygun olabilmesi için, kaynaktan çıkan dalganın önceden bilinmesi büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Deniz sismik çalışmalarının kara sismik çalışmalarından daha masraflı olduğu açıktır. Bu nedenle, deniz sismik çalışmalarında enerji kaynağı, çalışmanın amacına göre en iyi şekilde seçilmelidir. Böylece çalışmanın maliyeti açısından büyük zararlardan kaçınılmış olacaktır.

Kaynak sinyalinin tanınması, sinyal iyileştirme işleminde yani dekonvolüsyonda, arzu edilen çıkış sinyalinin bilinmesi anlamına gelir. Bu açıdan kaynak sinyalinin tipinin belirlenebilirliği, hem veri toplama öncesi (modelleme v.b.) hem de verinin değerlendirilmesi aşamasında kolaylık sağlamaktadır.

Deniz sismik çalışmalarında, deniz suyunun uyguladığı hidrostatik basınç nedeniyle, kaynak sinyalinin osilasyonuna sebebiyet vermektedir. Bu da kaynak sinyalinin henüz yer altına geçmeden su ortamında, kabarcık (bubble) etkisi adı verilen ve kaynak ana sinyalinin arkasından gelen istenmeyen piklerini oluşturur. Bu piklerin yansıma sinyalleri ile karışmasını önlemek, günümüzde sismik enerji kaynaklarının parametrelerinin kontrolü veya kaynak dizilimleri (array) kullanımıyla mümkün olmaktadır.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
BÖLÜM 1	
- Kaynak Dalgacağı Kavramı	3
- Dalga Yolu Geometrisi Ve Genel Kuralllar	10
BÖLÜM 2	
- Denizde Sismik Kaynak Yaratmanın Temel İlkeleri	20
BÖLÜM 3	
- Sualtında Sismik Dalga Üretilmesi Ve Sorunları	25
BÖLÜM 4	
- Deniz Sismik Kaynaklarına Genel Bakış	29
* Dinamit	29
- Deniz Sismik Çalışmalarında Düşük Enerji Kaynakları	35
* Maxipulse	35
* Flexiotir	38
* Flexichoc	40
* Aquaseis	42
* Seisprobe	43
* Dinoseis	48
* Hydrosein	50
* Vaporchoc	51
* PAR Air Gun	54
* Sismojet	62
* Water Gun	64
* Vibroseis	68
* Magnetik Air Gun	69
* Sparker	70
* O.R.E.	73
* Uniboom	76
- Grafik Kayıtçı	76
- Alıcı Sistemi	79
- Yanal Taramalı Sonar	82

BÖLÜM 5

- Deniz Sismik Enerji Kaynaklarının Teknik Özellikleri ve genel bir değerlendirmesi	87
---	----

BÖLÜM 6

- Sonuç Ve Öneriler	97
- Kaynakça	98
EK 1	99
EK 2	102
UYGULAMALAR	104
Uygulama İçin Kullanılan Bilgisayar Programları	111



Giriş

Yeraltının araştırılmasında jeofizik biliminin rolü ne kadar önemliyse, jeofizik yöntemler içerisinde de en etkili olanını sismik yöntemlerin oluşturduğu kuşku götürmemektedir.

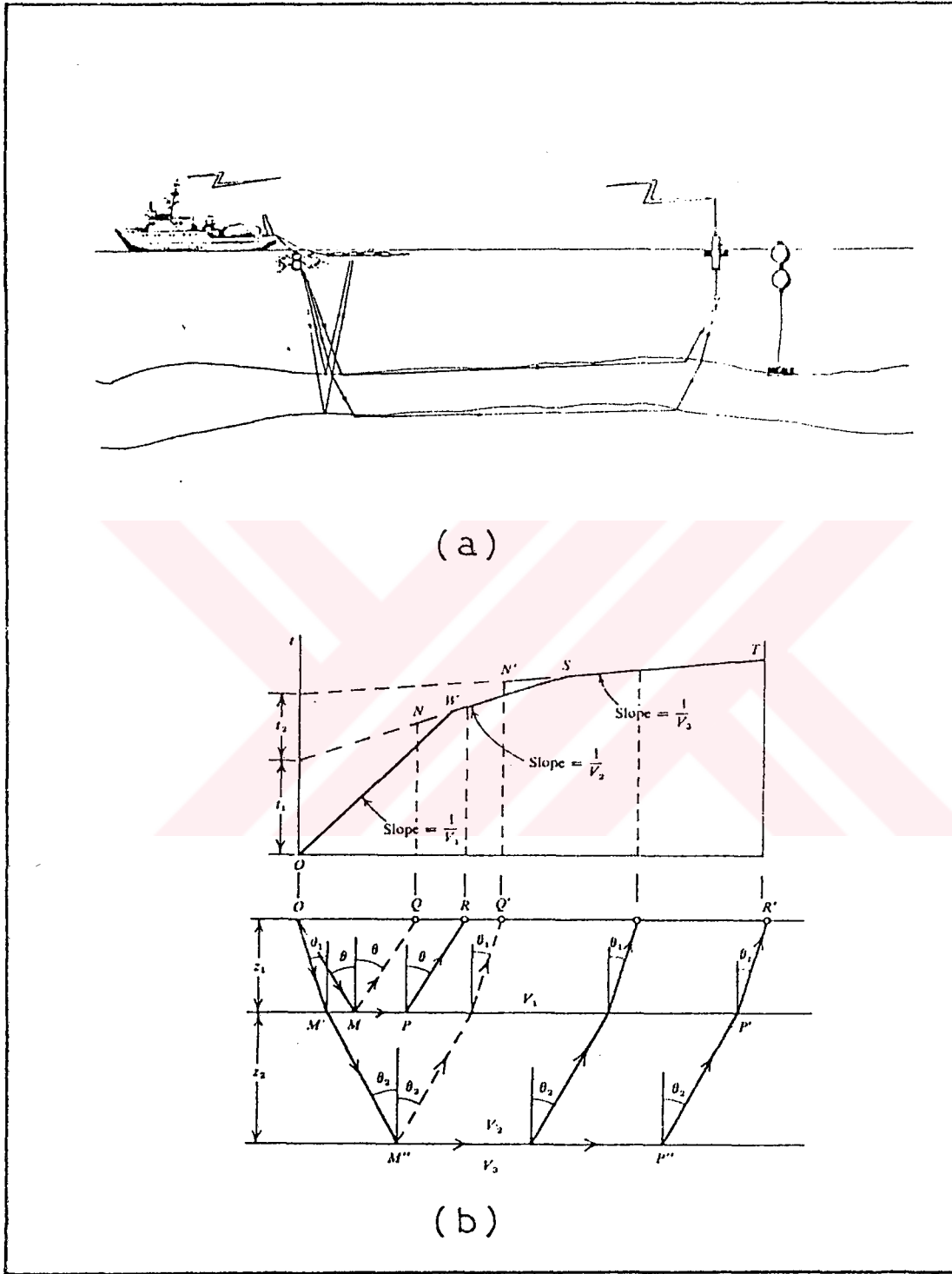
Sismik çalışmalar bilindiği gibi yansıma ve kırılma adı altında iki grupta toplanabilir. Yansıma yöntemi adından da anlaşılacağı gibi, bir sismik kaynaktan yayımlanan dalgaların yer altındaki belirli katmanlardan yansıyıp gelenlerin kayıt edilerek, bu yansımış dalgaların incelenmesi ile yer altı hakkında bilgi sahibi olunabilmesini sağlamaktadır. Kırılma yöntemi ise fizikteki kırılma prensipleri gibi, sismik dalganın fiziksel özellikleri farklı iki tabakanın sınırından kırılarak ilerlemesi ve kırılan dalgaların tekrar üst ortama geçerek kayıt edilmeleri ve bunların değerlendirilmesi ile yer altı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar (Şekil 1.1).

Her ne kadar bir sismik kaynaktan yayılan dalgaların bir kısmı yansıyıp, bir kısmı kırılıyor olsada, jeofizik prospeksiyonda amaca uygun olarak bunlardan bir tanesi seçilir. Zira sismik yansıma çalışmalarında sismik enerji kaynağının, gücünün yüksek olması ayrımlılık (resolution) sağlamak amacıyla tercih sebebidir. Yani yüksek frekansları içeren bir kaynak biçimidir. Halbuki sismik kırılma yönteminde sismik kaynağının frekansının daha düşük olması, daha derinlerdeki yapının ortaya konması açısından tercih edilen bir durumdur. Çünkü yüksek frekanslı sinyaller çabuk soğrulduklarından derinlere ve uzaklara yayılamazlar. Bu nedenlerden dolayı, jeofizik yöntemlerden hangisi uygulanacak ise amaca uygun olarak kaynak tipi ve/veya parametre seçimi yapılabilir.

Kara sismik çalışmalarında muhtelif enerji kaynakları (dinamit, vibratör, ağırlık düşürme, land air gun vs.,) çalışmanın amacına uygun olarak seçilirler. Ekonomiklik açısından kara çalışmalarında, kaynak sayısı az, alıcı sayısı fazla tutulur (kanal sayısı artırılır). Oysaki deniz çalışmalarında kanal sayısının çoğaltılabilmesinin yanında, tek bir patlatma aleti ile bir çok noktada kaynak yaratılmış olacaktır. Yani akustik sismik enerji kaynaklarının sık aralıklarla patlatılmalarının ihtiyacı yanısıra, aynı zamanda istenilen frekans bandlarında kapsamaları arzu edilir. Bunun için çok çeşitli akustik sismik enerji kaynakları üretilmiş ve bunlar birbirleri arasında avantaj ve dezavantajlara sahip olmuşlardır. Örneğin bir dinamitin gerekli enerji ve frekans bandına sahip olmasına rağmen ekonomik olmaması ve patlatma riskinin bulunması nedeniyle deniz çalışmalarında tercih edilmemektedir. Fakat bunun yanında bir transduserin nispeten düşük enerjili olmasına rağmen, ekonomiklik açısından tercih edilen akustik kaynak üreticidir.

Bu çalışmada özetle; denizlerde kullanılan akustik sismik enerji kaynakları hakkında bilgiler verilmektedir. Bu bilgilerin ışığında deniz sismik enerji kaynaklarının sinyalleri tanınmaya çalışılırken, uygun sismik kaynak ve sinyalinin, çalışmanın amacına göre optimum seçimi yapılması öngörülmektedir.

Kullanılan kaynak sinyalleri arasında bugün için en ekonomik olanı airgun'dür. Bu amaçla airgun ve sinyalleri üzerinde önemle durulmaktadır.



Şekil 1.1. a) Sismik yansima ve kırılma metodunun prensibi.
b) Yatay üç tabaka modeli için sismik ışın yolları ve yol-zaman grafiği.¹⁰

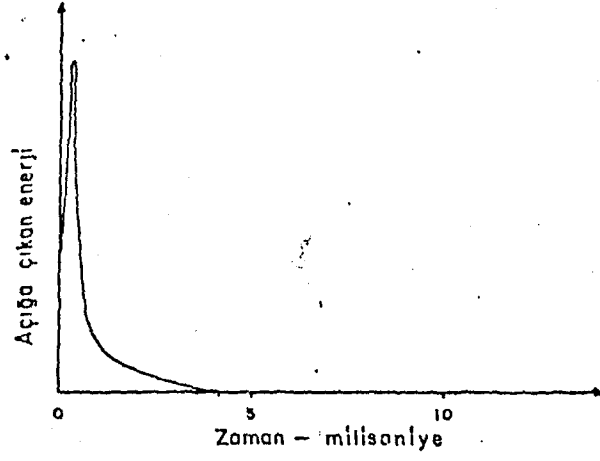
BÖLÜM 1

Kaynak Dalgacığı Kavramı

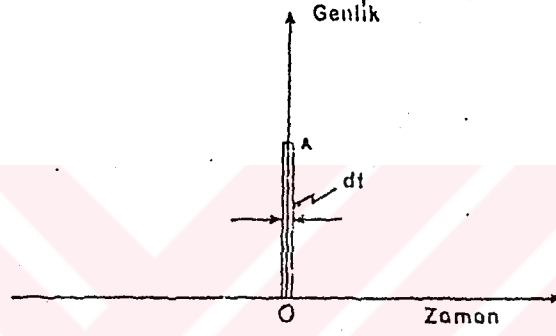
Elastik ortamlarda partikül yerdeğiştirmesine neden olabilecek her türlü enerji boşalımı kaynak olarak alınabilir. Bu deniz ortamında akustik kaynak adını alır. Enerji boşalımı için sismikte kullanılan en yaygın kaynak, patlayıcılardır. Karada ağırlık düşürme, vibrasyon yaratma, tabanca patlatmada enerji boşalım kaynağı olarak alınabilir. Patlayıcı maddelerden dinamit karada, hava tabancası (air gun) denizde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kaynak olarak dinamit kullanılması durumunda, eğer dinamitin boyutları çok küçük ise, nokta kaynak adını alır. Nokta kaynağı oluşturan dinamitin patlatılmasında, izlenen olay, çok kısa bir zaman içinde büyük bir enerjinin açığa çıkması şeklinde tanımlanabilir. Zamana bağılı olarak olayı incelerken dinamitin patlama anını $t=0$ olarak, Şekil 1.1.1 'deki gibi bir davranışı düşünülebilir. Bu daha basit anlamda delta fonksiyonu olarak alınabilir. Delta fonksiyonu, başlangıç anında taradığı alan birim değere eşit olduğu halde, diğer zamanlarda sıfırdır (Şekil 1.1.2). Delta fonksiyonunu dinamit kaynağı olarak alıp belirli bir derinlikde patlatıldığını düşünelim. Ortamın homojen ve izotrop olduğunu düşünürsek, patlamayla oluşan basıncın her yönde aynı partikül yer değiştirmesini oluşturacağı açıktır. Yer değiştiren her partikül komşu partikülü harekete geçireceğinden, patlama olayının etkisi yayınma halini alacaktır. Bu yayılım belirli bir hızda olacağından, Şekil 1.1.3 'de gösterildiğı gibi zaman bağılı bir yayılım uzaklığı söz konusu olacaktır. Yayılım olayına fiziksel açıdan bakıldığında, zoruna bir titreşim olduğu görülür. Oluşan enerjinin belirli bir zaman sonra belirli bir uzaklıkta sönmüneceğı açıktır. Bu sönmeye olayına dalga yayılımının oluştuğı fiziksel ortamın neden olduğu düşünülürse, ortamı enerji süzgeci şeklinde değerlendirmek olasıdır. Süzgece anlam verebilmek için dalga yayılımının bir salınım olduğunu hatırlamak gerekir. Her salınım hareketinin salınım periyodu veya salınım frekansı sözkonusudur. O zaman salınımın neden olan kaynağın yarattığı frekansları incelemek gerekir. Şekil 1.1.2 de verilen delta fonksiyonu dinamiti gösterdiğine göre kaynak frekanslarının varlığından bahsedilebilir. Zaman ortamındaki davranışı delta fonksiyonu olan bir fiziksel olayın, bütün frekansları içerdiği bilinmektedir. Şekil 1.1.2 de dt ile gösterilen enerjinin açığa çıkma süresi büyüdükçe, partiküller daha uzun sürelerde serbest kalacağından salınım periyodu büyüyüp, frekansı küçülecektir.

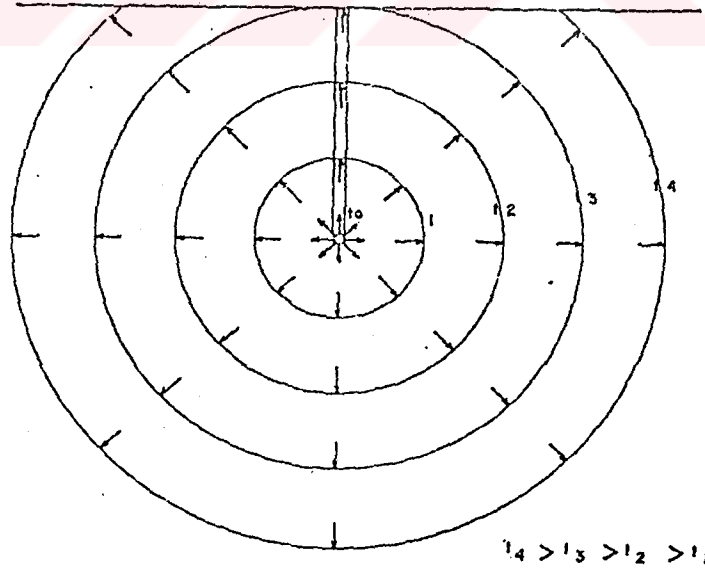
Dinamit patlaması ile yaratılacak frekansları tanımak için delta fonksiyonunun nasıl yaratılacağına bakmak gerekir. Herhangi bir karmaşık fizik olay, bir çok basit olayın toplamı şeklinde incelenebilir. Delta fonksiyonu matematiksel basitliğine rağmen, fizik açıdan karmaşık bir durum arz eder. Fizik açısından basit bir olaya örnek, genliği ve frekansı belirli olan bir periyodik salınım verilebilir. Diğer olaylarda bu periyotlar kapsamında açıklanır. Delta fonksiyonu bu açıdan her frekanstaki periyodik salınımların uygun şekilde toplanması ile elde edilebilir. Örneğin Şekil 1.1.4 'de gösterildiğı gibi frekansları $f_1, 2f_1, 3f_1, 4f_1$ ve $5f_1$ olan beş adet kosünüs



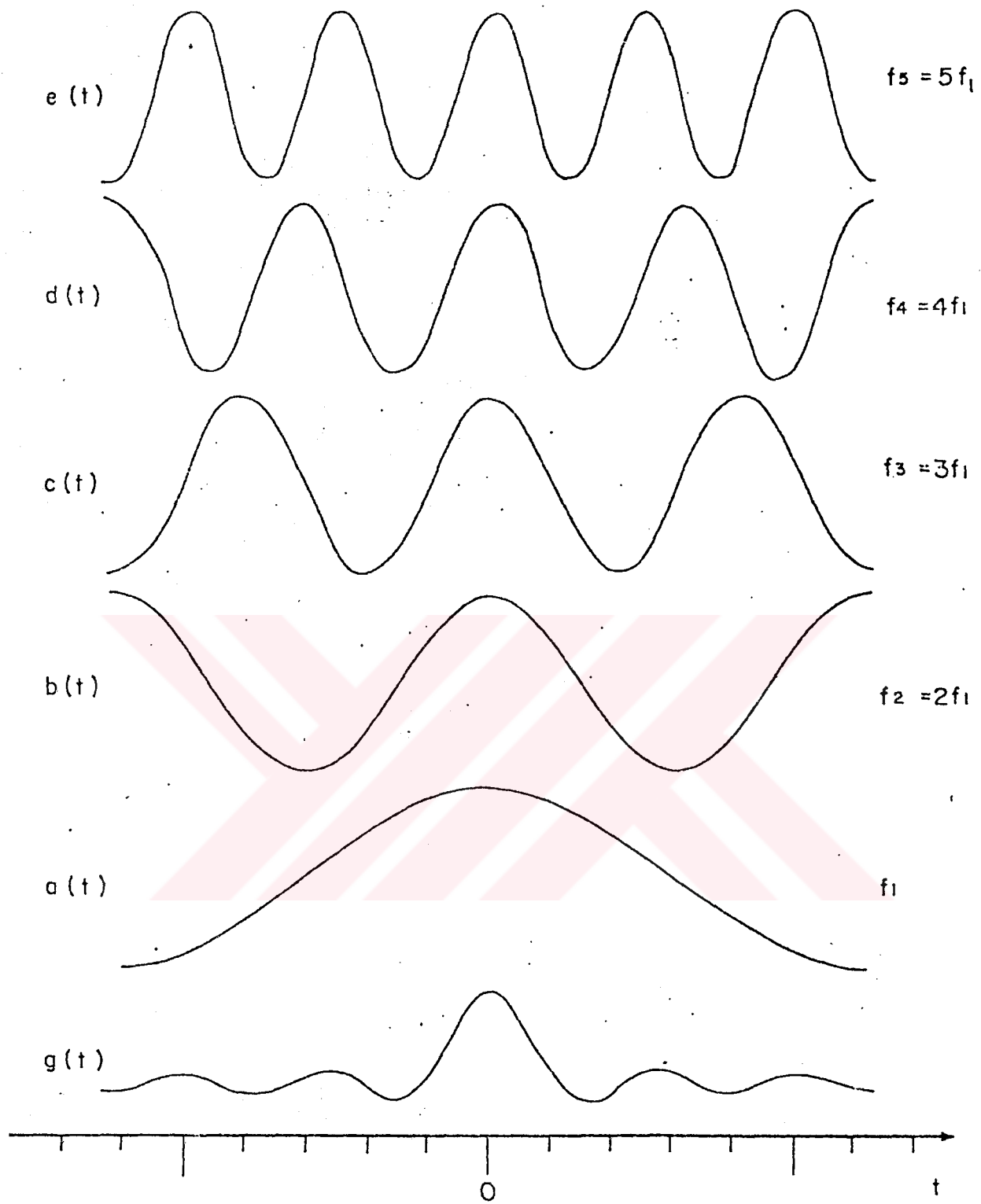
Şekil 1.1.1. Dinamit Enerjisinin Zaman İçindeki Davranışı¹



Şekil 1.1.2. Zaman Ortamında Delta Fonksiyonu¹



Şekil 1.1.3. Nokta Kaynaktan Enerji Yayılımı¹



$$g(t) = a(t) + b(t) + c(t) + d(t) + e(t)$$

Şekil 1.1.4. Basit Olayların Birleştirilmesi¹

eğrisi negatif ve pozitif zamanları içerecek şekilde toplanacak olursa, yine Şekil 1.1.4 de gösterilen $g(t)$ eğrisi elde edilir. Bu bileşke eğrinin özelliği $t=0$ anındaki genlik, bileşenlerin $t=0$ zamanındaki pozitif işaretli genliklerinin toplamı olduğu halde, eğrinin diğer kısımları bileşenlerin negatif ve pozitif işaretli genliklerinin toplamından oluşur. Bu özelliğinden ötürü işleme değişik frekanslı bileşenlerin sokulmasıyla, $g(t)$ fonksiyonunun $t=0$ anındaki genliği büyürken, diğer genlikler küçülür. Bu bileşen artırma işlemi devam ederse, limit değer olarak delta fonksiyonuna yaklaşılır. Delta fonksiyonunu dinamit ile benzeştirmeyi farz edersek, şekil 1.1.2 deki delta fonksiyonunu frekans ortamında, Şekil 1.1.5 deki gibi görünümü oluşur. Burada dinamitin oluşturduğu tüm frekanslar aynı genliğe sahiptir (beyaz spektrum).

Kaynaktan yayılan çok frekanslı salınımlar, yayılım hızı ile ilerledikçe, ortamın oluşturduğu bir süzgeçte sönüme uğrarlar. Sönüm iki ana nedenden oluşur. Birincisi fizikte bilinen genel sönüm kuralı. Bu kurala göre bir noktadan yayılan enerji uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. İkinci neden enerjinin veya genliğin yutulması olayıdırki, bu doğrudan partikül hareketlerinden ve ısıya dönüşmeden ileri gelen bir sönümdür ve ortamın mikro yapısına bağlıdır.

Bir nokta kaynaktaki genlik A_0 ile gösterilirse, bu kaynaktan r uzaklığındaki bir noktadaki A_r genliği, Şekil 1.1.7 deki gibidir. Burada α yutma (absorbüsyon) katsayısı olup;

$$A_r = \frac{A_0}{r} e^{-\alpha r}$$

$$\alpha = \frac{\delta f}{V}$$

bağıntıları ile tanımlanır. Buna göre yutma katsayısı, logaritmik azalma (δ) ve yayılım frekansı (f) ile doğru orantılı ve dalga yayılım hızı (V) ile ters orantılıdır. Yutma katsayısının frekansla değişimi;

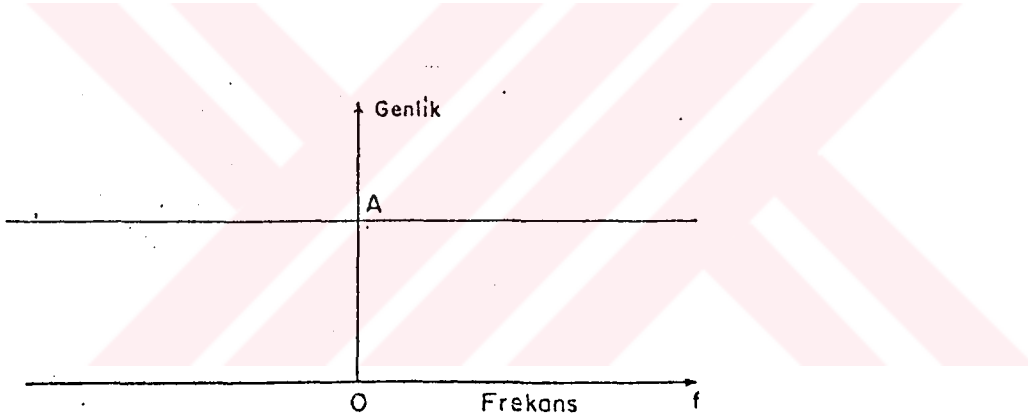
$$A(r, f) = \frac{A_0}{r} e^{-r\alpha(f)}$$

bağıntısı ile belirtmek daha anlamlı olacaktır. Üstteki bağıntının yorumundan yüksek frekanslı bileşenlerin daha hızlı yutulmaya uğradıklarından kolayca sönümlendikleri söylenebilir. eğer $A(r,f)/A_0$ oranı gözlenecek olursa, desibel olarak sönüm;

$$S(r,f) = 20 \log (A(r,f)/A_0)$$

bağıntısına dönüşür. Buradan da anlaşılacağı gibi sönüm frekansın yanında, uzaklığa da bağlı değişim gösterir. Kaynaktan alıcılara gelen dalgaların göstereceği değişim, Şekil 1.1.8 deki gibidir.

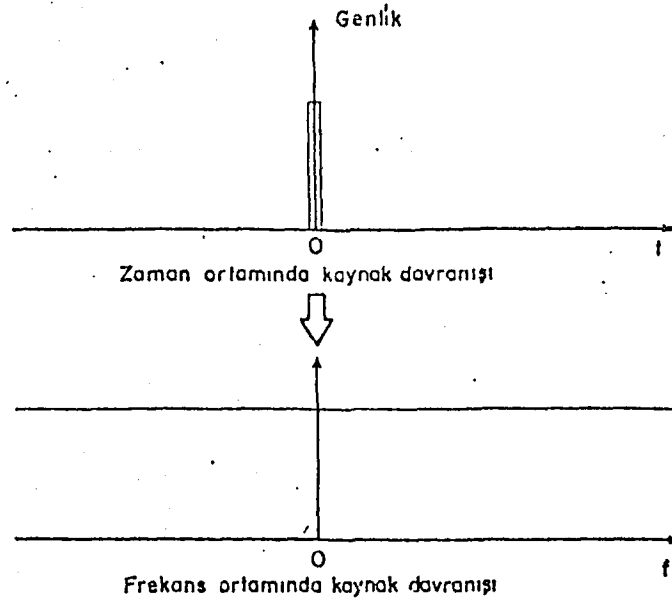
Kaynak dalgacığını uzaklıkla değişimi, Şekil 1.1.9,10 ve 11 deki gibidir.



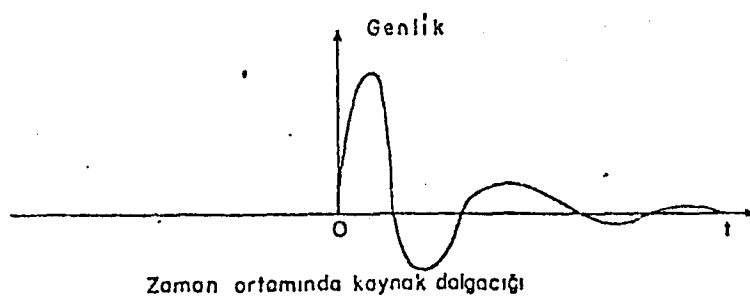
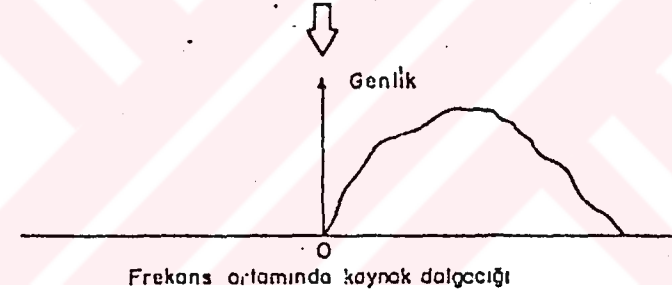
Şekil 1.1.5 Frekans Ortamında Delta Fonksiyonu¹

$$A_0 \quad r \quad A_r = \frac{A_0}{r} e^{-\alpha r}$$

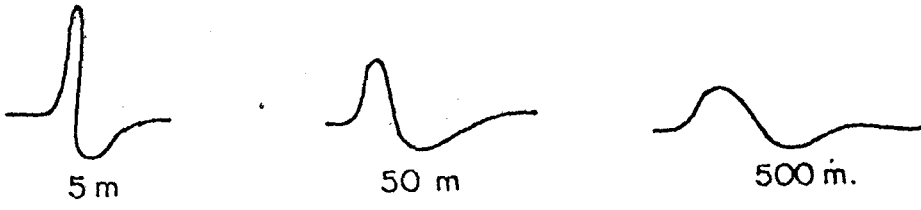
Şekil 1.1.7. Dalgaların Sönümü¹



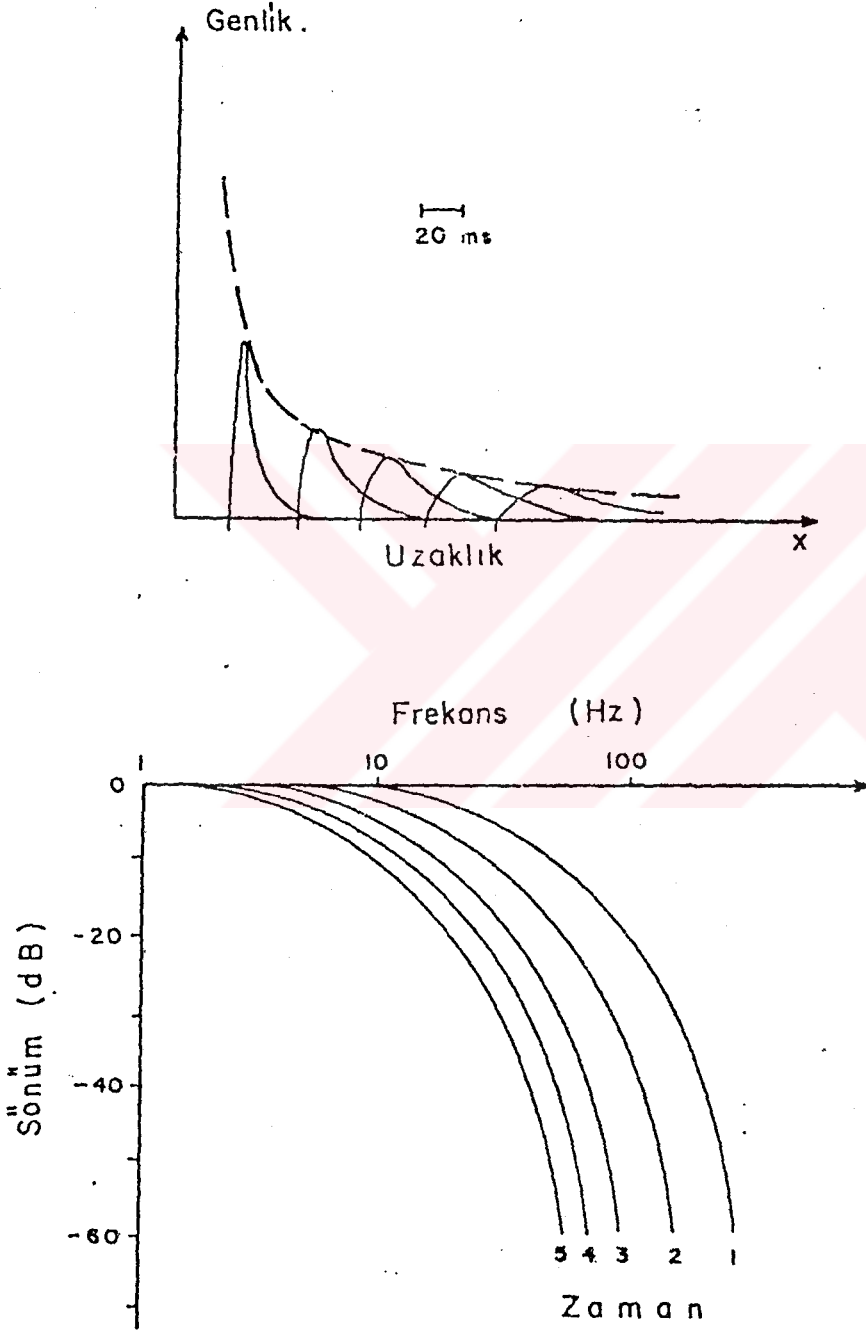
KAYNAK - ALICI ARASINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER



Şekil 1.1.8. Kaynak Dalgacığı Oluşumu¹



Şekil 1.1.9. Kaynak Algacığının Uzaklıkla Değişimi¹



Şekil 1.1.10. Zamana VE Frekansa Bağlı Sönüm¹

Dalgayolu Geometrisi ve Genel Kurallar

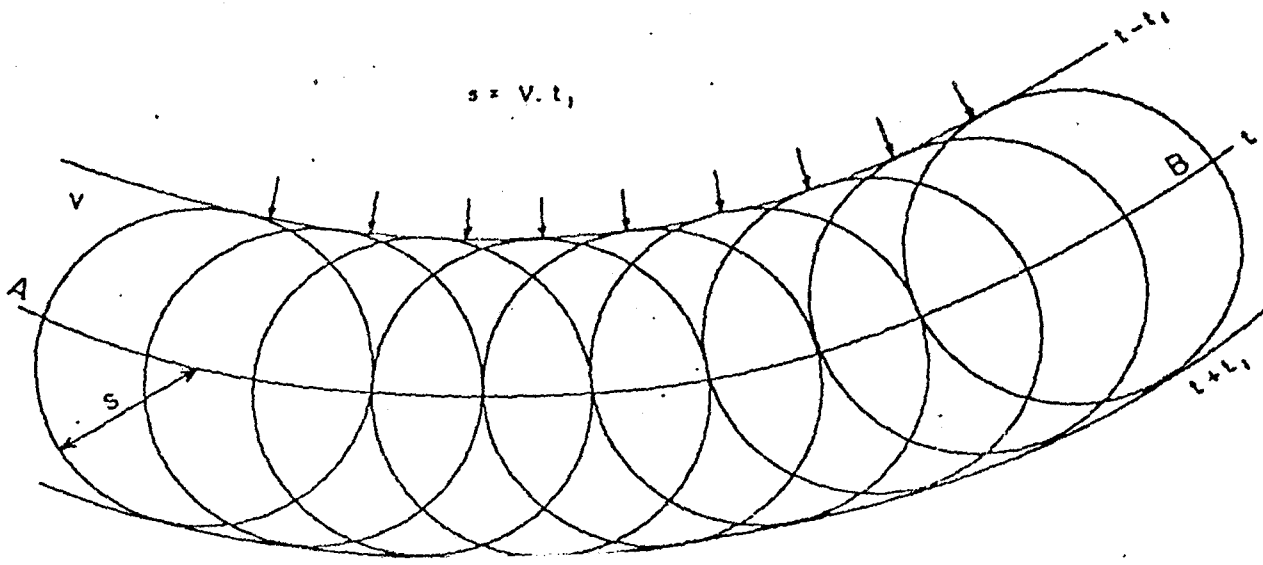
Huygens prensibine göre; suya atılan taşın yaratacağı dalgalar küre şeklide yayılır. Küreyi oluşturan yüzeylere dalga önü denir ve dalga önlerini oluşturan her nokta yeni bir enerji noktası gibi davranır. Bu prensibe göre, belirli bir zaman içinde herhangi bir dalga önü geometrisinin bilinmesi halinde daha sonra oluşacak dalga önleri geometrileri belirlenebilir. Bu belirleme, dalga önünün her noktasının enerji kaynağı olduğu düşünülerek her noktada yayılan küresel dalgaların zarfları çizilerek yapılır. Noktaları kullanılan dalgaönü şimdiki zamanı gösterirse, eğrilik yarıçapı küçük olan dalga önü geçmiş zamanı gösterdiği halde, eğrilik yarıçapı büyük olan dalga önü gelecek zamanı gösterir. Şekil 1.1.12 de Huygens'e göre dalga önleri belirtilmektedir. eğer t anındaki dalgaönü AB çember parçasıyla gösterilirse t-t₁ t+t₁ anlarındaki dalgaönleri için S=V.t₁ ortamın yayılım hızı kullanılarak bulunur. t anındaki dalgaönünün her noktası enerji kaynağı kabul edilerek s yarıçaplı çemberler çizilip zarfları, t-t₁ ve t+t₂ zamanlarındaki dalga önleri çizilir. Dalgönlerine dik doğrulara dalga yolları denir. Huygens kuralına göre genişleyen dalga cepheleleri oluşurken, dalga iki nokta arasını en kısa sürede gidebileceği yörüngeyi izler. Bu özellik fermat kuralı olarak bilinir. Fermat veya huygens kuralının farklı hızlı tabakaların oluşturduğu ortamlara uygulanması sismik kesitleri oluşturan verilerin temelidir. Şekil 1.1.13 'de gösterildiği gibi ortam V₁ ve V₂ hızlarından oluşuyorsa, aynı ortamdaki A ve B noktaları arasındaki dalga yayılımı, dalganın gelme açısıyla yansıma açısının eşitliğini gerektirir. Aynı ortamda olmayan A ve C noktaları arasındaki dalga yayılımı ise,

$$\frac{\sin\theta_1}{V_1} = \frac{\sin\theta_2}{V_2}$$

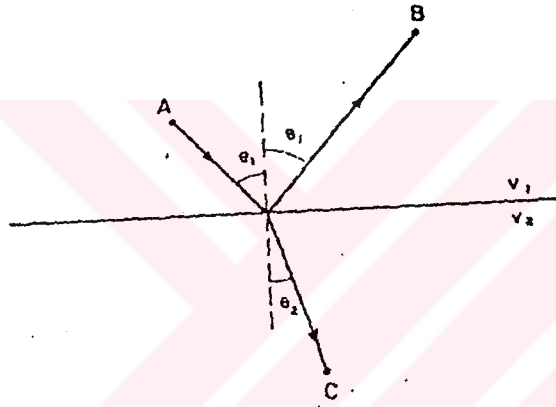
olmasını gerektirir. Bu eşitlik Snell yasası olarak adlandırılır. Bu kural çok tabakalı ortamlarda iki nokta arasındaki dalga yolunu belirlemede de kullanılır. Şekil 1.1.14 ile verilen çok tabakalı ortamdaki A ve B noktaları arasındaki dalga yolunu belirlemek için Snell yasası,

$$P = \frac{\sin\theta_1}{V_1} = \frac{\sin\theta_2}{V_2} = \frac{\sin\theta_3}{V_3} = \frac{\sin\theta_4}{V_4} = \frac{\sin\theta_5}{V_5}$$

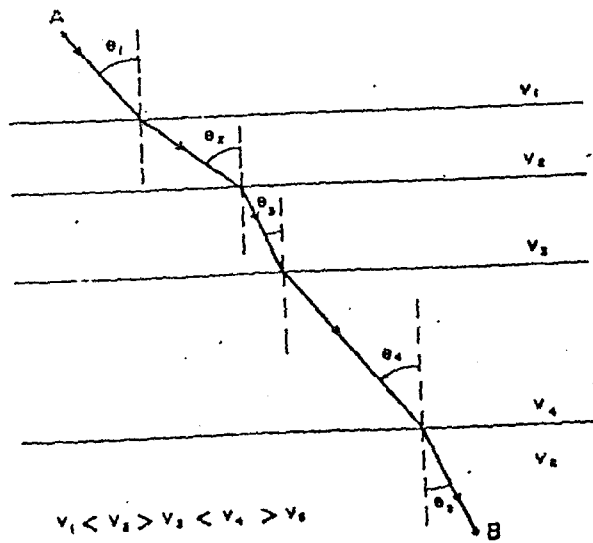
yazılabilir. Bu eşitlikte tanımlanan P, dalga yolu parametresi olarak bilinir. Herhangi bir ortamda kaynak ve alıcı arasında yayılan dalgaların dalga yolunun geometrisinden yararlanılarak ortamların parameterleri bulunabilir. Yansıma ve kırılma ile ilgili kuralların birlikte uygulanması ile her ortamdaki yayılım geometrileri bulunabilir. Yukarıdaki bağıntıda, örneğin e_s açısının 90° olması koşulu tam kırılma olayı olarak bilinir. Bu



Şekil 1.1.12. Huygens Kuralı Ve Dalga Cepheleri.¹



Şekil 1.1.13. Yansıma Ve Kırılma Kuralı¹



Şekil 1.1.14. Çok Tabakalı Ortamlarda Dalga Yolu¹

durumda,

$$\frac{\sin\theta_4}{V_4} = \frac{1}{V_5}$$

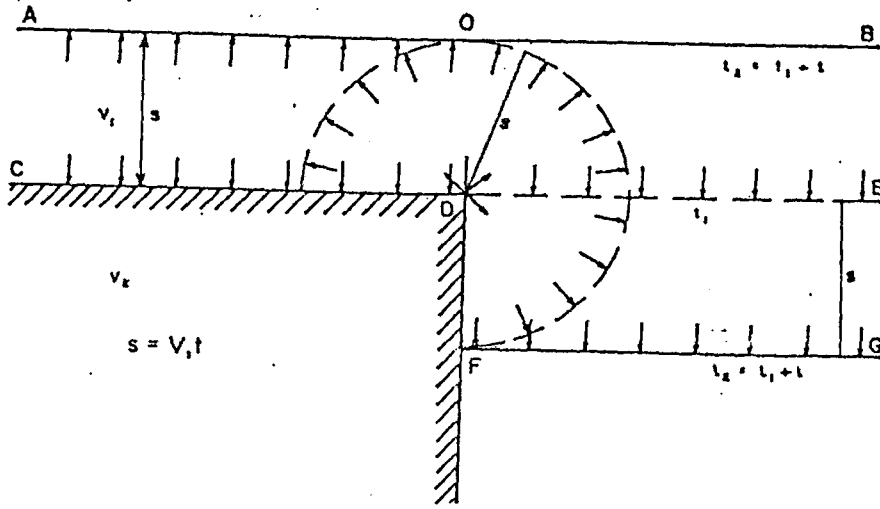
veya

$$P = \frac{\sin\theta_1}{V_1} = \frac{\sin\theta_2}{V_2} = \frac{\sin\theta_3}{V_3} = \frac{\sin\theta_4}{V_4} = \frac{1}{V_5}$$

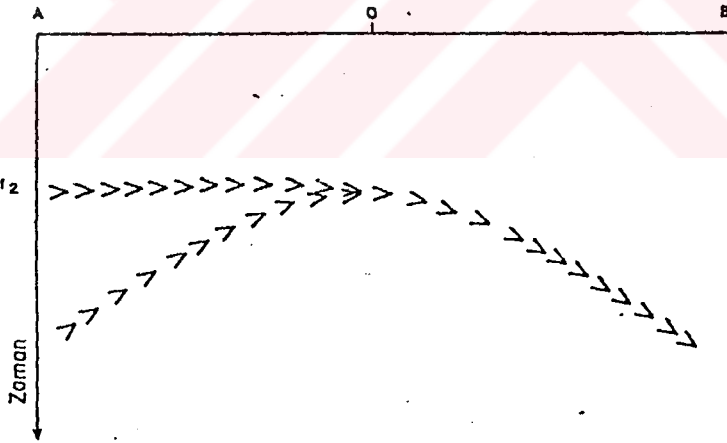
olur. Gerek (*) ve gerekse (**) bağıntıları kullanılarak, belirli bir ortam için açılar bulunabilir. (*) bağıntısında tam kırılma için,

$$\sin\theta_4 = \frac{V_4}{V_5}$$

yazılabilir. Bu şekilde tanımlanan açıya kritik açı denir. Kritik açı kırılan dalgalar için bir belirleyicidir. Dalgayolu geometrisine bağlı olarak dalgalar yansıyıp veya kırılarak yollarına devam ederken saçılmayada uğrayabilirler (difraksiyon) (şekil 1.1.15).



Şekil 1.1.15. Difraksiyon Dalgaları ¹



Şekil 1.1.16 Difraksiyon Dalgaları Görünümü ¹

Bir kaynaktan yayılan dalgalar farklı uzaklıklardaki alıcılara izlenirken, yayılım geometrilerine bağlı olarak;

- Doğrudan gelen dalgalar
- Yansıyan dalgalar
- Kırılan dalgalar
- Difraksiyona uğrayan dalgalar olarak sınıflandırılırlar. Bu dalgaların x-t grafiği toplu halde, Şekil 'de gösterilmiştir.

Doğrudan gelen dalga ortamın hızına bağlı olarak;

$$t = \frac{x}{V_1}$$

yazılabilir. Burada t yayılım süresi, V_1 ortamın hızı ve x yayılım uzaklığını göstermektedir.

Yansıyan dalgalar için (Şekil);

$$T_0 = \frac{2h}{V_1}$$

düşey gidiş geliş zamanı yazılabilir. Kaynaktan x uzaklıkdaki A noktasına varış süresi T_x ise, KOB ve OBA üçgenlerinden yararlanarak;

$$T_x^2 = T_0^2 + \frac{x^2}{V_1^2}$$

yazılabilir. Bu zaman-uzaklık grafiğinde hiperbol bağıntısıdır. Burada $x=0$ alındığında kaynak ve alıcı aynı noktada yani $T_x=T_0$ dir.

Kırılan dalgalar Şekil 'deki gibidir. Kırılan dalgaların yüzeyde kayıt edilebilmeleri için $\sin e_c = V_1/V_2$ şartından dolayı tam yansımaya uğramaları gerekmektedir. KCB ve BAE üçgenlerinin eşitliğinden yararlanarak, kritik dalgaönünün kaynaktan alıcıya gitmesi için gerekli zaman;

$$t = \frac{X}{V_2} + \frac{KD + FA}{V_1}$$

veya

$$\cos\theta_c = \frac{KD}{h} = \frac{FA}{h}$$

alınarak,

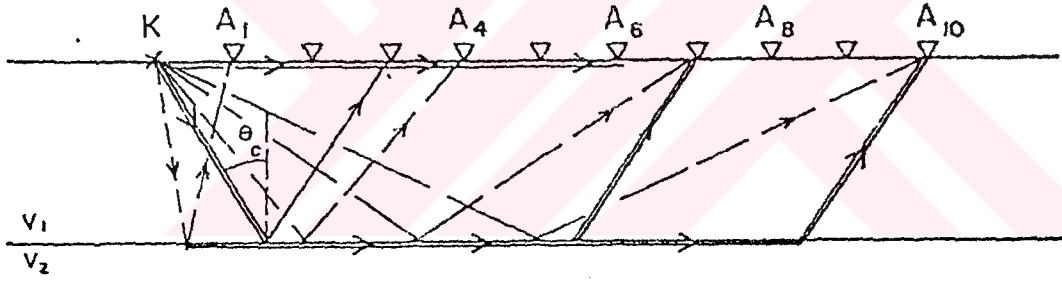
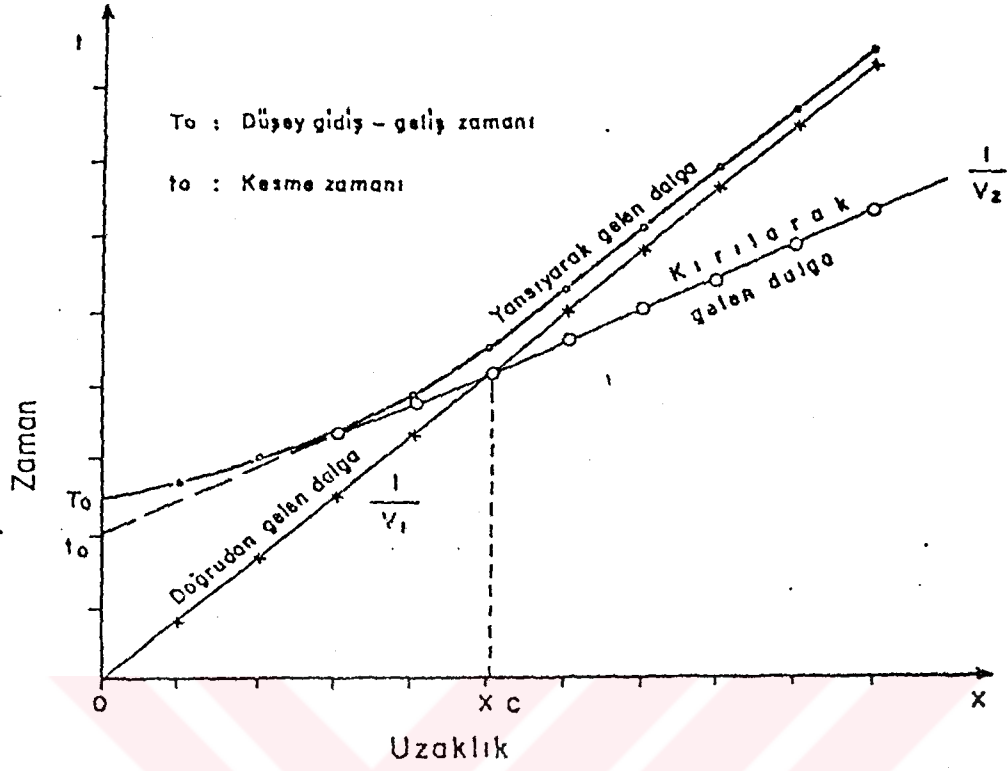
$$t = \frac{X}{V_2} + \frac{2 h \cos\theta_c}{V_1}$$

elde edilir. Bu bağıntı x-t grafiğinde $1/V_2$ eğimli bir doğrudur. Bu doğruyu $x=0$ için t eksenini kestiği yere, kesme zamanı denir. Bu zaman;

$$t_0 = \frac{2 h \cos\theta_c}{V_1}$$

olarak hesaplanabilir. Şekil 1.1.17 'de de görüldüğü gibi t-x grafiklerinden kesme zamanı t_0 , V_1 , ve V_2 hızları belirleneceği gibi,

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_1}{\cos\theta_c}$$



Şekil 1.1.17. Dalgaların X-t grafik görünümü¹

bağıntısı ile tabaka kalınlığı bulunabilir.

Bir arayüzeye gelen enerjinin bir kısmı alt yüzeye geçerken bir kısmında yansiyarak üst yüzeyde kalır (Şekil 1.1.20). Snell yasası dalgaların genliği hakkında bilgi veremeyeceğinden, bunun için Zoeppritz Denklemleri kullanılır. P_1 yansıyan ve P_2 kırılan boyuna dalgalar, S_1 ve S_2 enine dalgalar olmak üzere, şekil 1.1.20 'de bir ara yüzeye gelen P dalgası görülmektedir. Sonuç olarak bir dalganın arayüzeyden yansması veya alt tabakaya aktarılması, yansımaya ve aktarmaya katsayıları ile açıklanabilmektedir. V boyuna dalga hızı olmak üzere, ρ da ortamın yoğunluğu ise, $Z=V\rho$ akustik empedansı verir. Buna göre R (yansımaya katsayısı),

$$R_{12} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

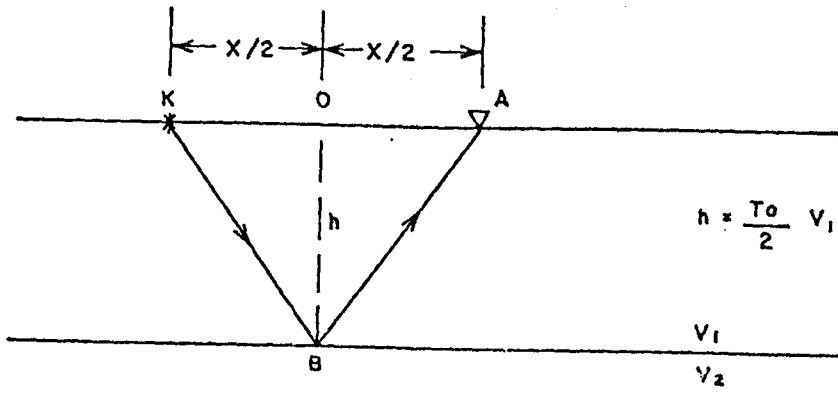
ve T (aktarma katsayısı),

$$T_{12} = \frac{2 Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

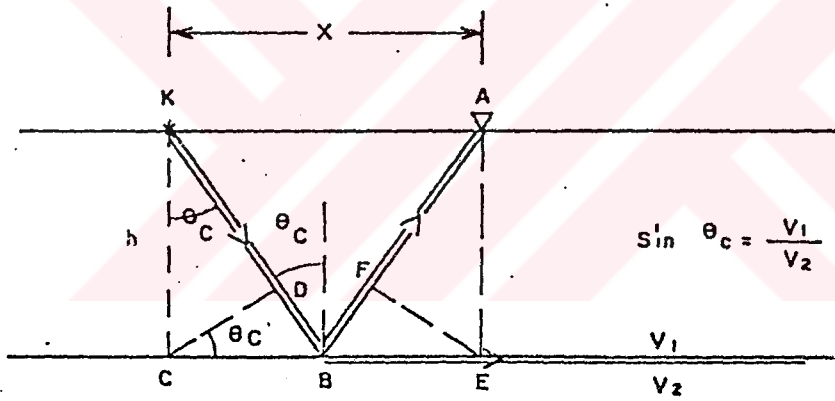
olarak elde edilir. Buradan da görüldüğü gibi bir arayüzeyi oluşturan ortamların akustik empedansları arasındaki fark o arayüzeyin yansıtıcılığını belirlemektedir. Bu iki katsayı arasında;

$$R + T = 1$$

ilişkisi vardır.



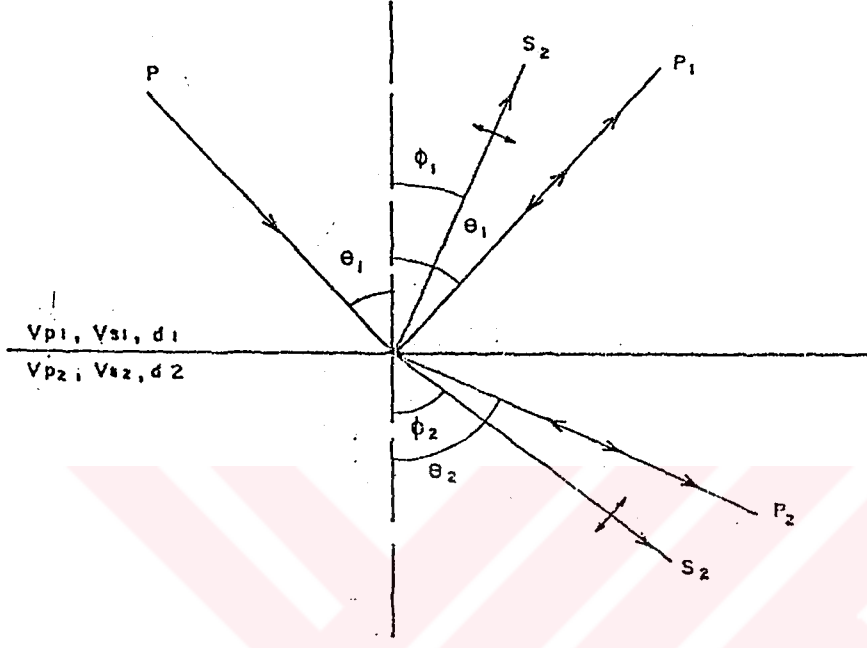
Şekil 1.1.18. Yansıyan Dalga Geometrisi¹



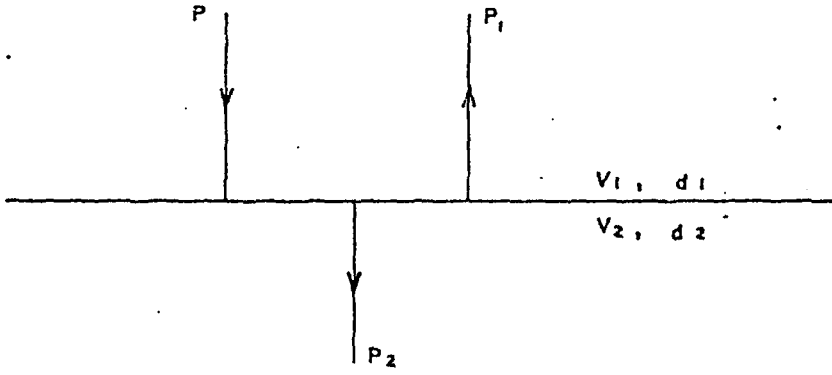
Şekil 1.1.19. Kırılan Dalga Geometrisi¹

$$R + T = 1$$

ilişkisi vardır.



Şekil 1.1.22. Arayüzeğe gelen P dalgası hareketi¹



Şekil 1.1.21. Arayüzeğe dik gelen dalga için enerji dağılımı¹

BÖLÜM 2

Denizde Sismik Kaynak Yaratmanın Temel İlkeler

Su içinde sismik kaynak yaratmak için, bir dinamit örneğini ele alacağız. Adı sıcaklıkta TNT' de (dinamitte) karbon, hidrojen, oksijen sıvı kimyasal bileşimi ve nitrojen atomları duraylıdır. Yüksek sıcaklıklarda, duraylı durumdaki kimyasal bağlar koparlar ve sıvı malzeme aniden yüksek sıcaklık/yüksek yoğunluklu gaz veya serbest elektronları olan karbon, hidrojen, oksijen ve nitrojenin moleküler bileşiminin plazma haline geçmesine neden olurlar. Kimyasal bağ enerjisi patlatma işlemi sırasında, çok ani hareket eden gaz moleküllerinin kinetik enerjisine dönüşürler. Böylelikle saniyede birkaç yüz veya birkaç bin feet lik çınlama hızına sahip hareketli gaz molekülleri oluşur. Moleküler hızların istatiki olarak ölçülmesi sıcaklıkla ilişkilidir. İdeal bir gazda, sıcaklık, moleküler hız ve gazın moleküler ağırlığı arasındaki ilişki;

$$T = 4.42 \times 10^{-6} m u^2 \quad (1)$$

veya

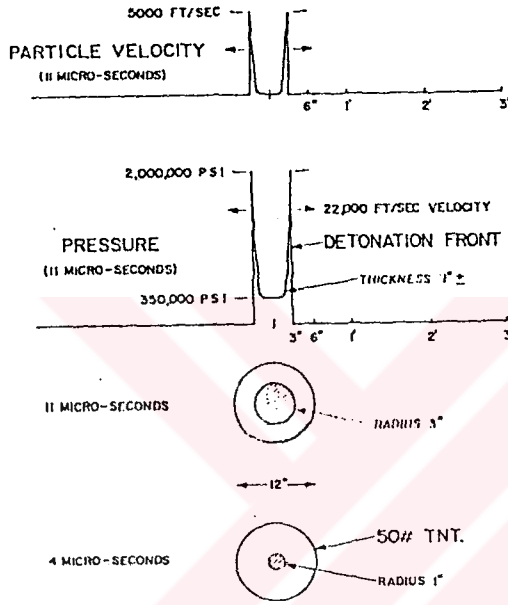
$$u = 475 \sqrt{T/m}$$

bağıntıları ile verilmektedir. Burada T kelvin derece veya santigrat derece cinsinden sıcaklık, m gazın moleküler ağırlığı (örneğin; O₂ için 32), u ise gaz moleküllerinin ft/saniye olarak ortalama hızını göstermektedir. Gazın oluşturacağı kuvvetin ölçüm biçimide basınçtır. İdeal bir gaz için basınç ilişkisi;

$$P = 4.49 \times 10^{-3} \rho u^2 \quad (2)$$

olarak verilmektedir. Burada P gaz basıncını (psi), ρ gazın yoğunluğunu (gr/cc) göstermektedir.

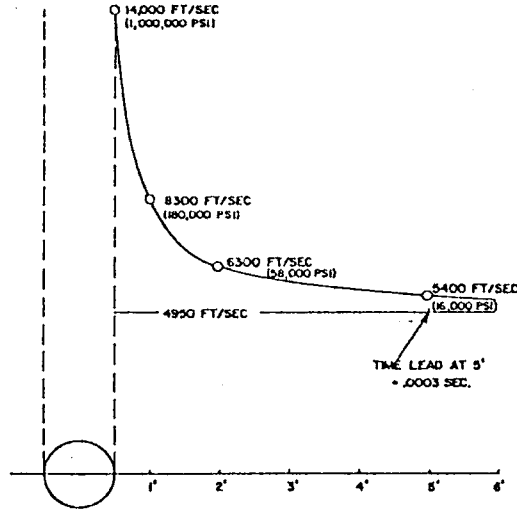
Patlamayı sonlu hıza sahip dalga yayılımı olarak düşünür ve patlama modelimizi küresel konumda incelersek, böyle bir patlama gazla dolu olarak bir boşluk oluşturma şeklinde ani olarak açığa çıkarılmasıdır (Şekil 2.1.). TNT içindeki kimyasal bağların kopmasıyla oluşan yüksek hızlı moleküller küresel olarak dışa doğru yayılırlar. Hareket eden gaz sıvı arayüzeyi patlama önü (detonation front) olarak adlandırılır. Bu patlama önü çeşitli patlayıcılara göre değişim gösterir. Böyle bir durum Şekil 2.1.'deki gibi, 22000 ft/sn patlama hızı olan bir patlayıcının, dört mikrosaniyede genişleme yarıçapı 1 inç, 11 mikrosaniyede ise 3 inç olmaktadır. Patlama önü 1 inç'lik uzaklık için yaklaşık olarak 350000 psi 'lik bir basınç uygulamaktadır.



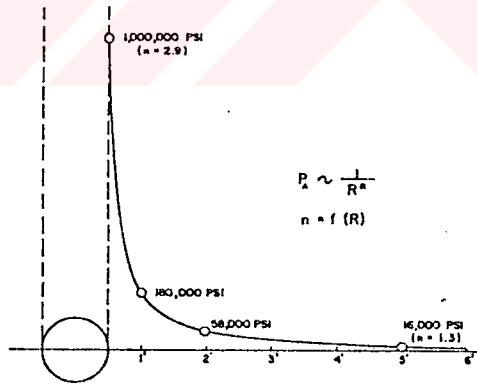
Şekil 2.1. Patlama boşluğunun gelişimi.⁴

TNT - Su arayüzeyinde iki olay meydana gelir. Bunlardan birincisi su çevresinin ani bir sıkışmaya maruz kalması ve ani bir şok dalgasının oluşturulması, ikincisi ise gaz küresinin içerisine doğru azalan bir dalganın (rarefaction wave) hareketi. Bu işlemler sırasında su civarındaki sıcaklık da artış gösterir. Patlama dalgasının (detonation wave) küresel hareketiyle yüksek pik basıncı korunur. Bununla beraber su civarında sürtünmeden dolayı dalganın enerjisinde kayıplar oluşur. Böylelikle pik puls basıncındaki hızlı azalma nedeniyle, şok dalgası yarıçap doğrultusunda küresel yayılma ile beraber ele alınır.

Şekil 2.2 'de 30 mikrosaniyedeki (patlamadan sonra) pik basıncı 550.000 psi dir. Yüksek basınç altında deniz suyu ideal elastik değildir. Bu durumda doğrusal olmayan (non-linear) bir kaynak gibi davranır. Ani sıkışma



Şekil 2.3 Şok dalgası hız-uzaklık grafiği.⁴



Şekil 2.4 Şok dalgası pik basıncı-uzaklık grafiği.⁴

nedeniyle kompakt bir hal almaktadır. Böylece yayılan şok dalgasının hızı, dalganın pik basıncının bir fonksiyonudur. Şekil 2.3'de şok önü yayılım hızını uzaklığın bir fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Yine aynı durumda basınç uzaklık ilişkisi Şekil 2.4'de verilmiştir. Model patlayıcımızın anlık pik basıncı 1.000.000 psi ve tahmini yayılım hızı 14.000 ft/saniye, bir foot'luk (yarıçap doğrultusunda) uzaklıktaki anlık pik basıncı 180.000 psi, hızı ise 8300 ft/saniye dir. 5 feet lik bir uzaklıkta anlık pik basıncı 16.000 psi, şok dalgasının yayılım hızı 5400 ft/sn olmaktadır.

Şekil 2.4'de patlayıcı-su arayüzeyindeki pik basıncı başlangıçta (R) radyal uzaklığın -2.9 kuvvetiyle düşer. Buradaki anlık basınç ise 1.000.000 psi dir. Radyal uzaklığın 5 inç olması $R^{-1.3}$ ile bozularak 16.000 psi'ye düşer. Genellikle başlangıçtaki enerjinin %30 'unun kayba uğradığı görülmüştür. Pik basınç $R^{-1.13}$ lük bir bozuşmaya kadar devam eder. Eğer puls sediment veya kayalara girerse, pulstaki bozuşma (boyunda uzamayla) dahada artar.

Şekil 2.5 'de patlanmadan sonra 630 mikrosaniyede tahmini olarak basınç ve hız alanlarındaki değişim görülmektedir. Yayılan bu dalga, dışa doğru genişleyen bir enerji paketçisi şeklinde düşünülebilir. Bu enerji paketinin yayılım hızı 5400 ft/sn dir. İç ekstremdeki basınç profilinin şekli gaz kabarcığını içeriğine bağlıdır. Şekil 2.2 'deki 30 mikrosaniyedeki durumda gaz kabarcığını başlangıçtaki basıncı 350.000 psi civarındaydı. Bu basınç kısa bir süre için muhafaza edilmiş ve gaz kabarcığı genişleyip büzülürken hızlı bir şekilde düşüm göstermiştir. 630 mikrosaniyeye gelene kadar, düşünebilirizki içte hareket eden dalgalar pek çok defa boşluk duvarları arasında yansıtılmış olacaktı ve gaz kabarcığı içerisinde düzgün tekdüze (uniform) bir sıcaklık basınç dağılımı sağlanabilecekti. Şekil 2.5 'de 10.000 psi lik basınçdaki gaz kabarcığı, basınç olarak hızlı bir düşüm gösterecektir. Kabul edilen gaz kabarcığı yarıçapı 1 foot olup, gaz kabarcığını çevreleyen suyun basıncıyla, uzaklığın dördüncü kuvveti ile azalacaktır. Böylece buradaki basınç profilini iki uçundan bağlanmış sarkan bir zincir şeklinde düşünebiliriz. Bu zincirin dış extremi daha yüksek basıncı, iç extremde gaz kabarcığının basıncını temsil edecektir. Her iki extremden itibaren uzaklıkla basınç düşmektedir. İki extrem arasında basınç değeri minimum olmaktadır ve basınç eğrisinin kuyruk tarafı gaz kabarcığının basınç davranışı ile belirlemektedir. Sonunda bu kuyruk basıncı hidrostatik basınçtan daha düşük değerlere ulaşacak ve hidrostatik basınca göre negatif değerler alacaktır.

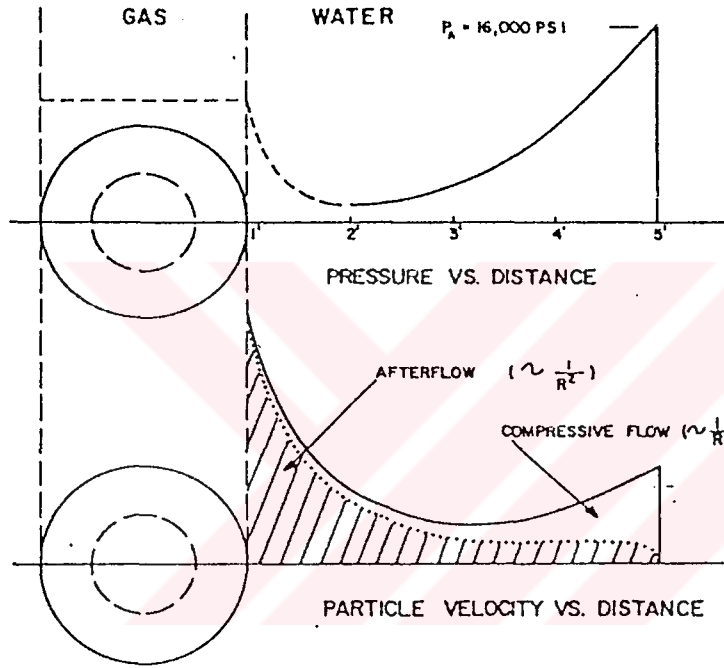
Küresel simetri gözönüne alınarak basınç-hız ilişkisi sabit bir noktada alınacak ölçümle, akustik bir yaklaşımla formülüze edilebilir. Bu eşitlik;

$$V = \frac{P}{\rho c} + \frac{1}{\rho r} \int_0^t P dt$$

ile ifade edilebilir. Burada; V anlık partikül hızı, P anlık basınç ($P-P_0$), ρ akışkanın yoğunluğu (suyun), ρc akustik empedans, r ölçüm noktasının radyal uzaklığı, t zamanı göstermektedir. Bu denklem su partükülü ve hızı için iki durumda incelenir.

1) Bu bir akustik terimdir ve basınç dalgası olarak aynı puls şekline sahiptir. Buna sıkışır akış (compressive flow) da denir.

2) İkinci kısımdaki integral akış için gerekli olan küresel ilerlemeyi belirtir. Akış sonrası (after flow) bölümü adını alır. Burada enerji geçici olarak depolanır.

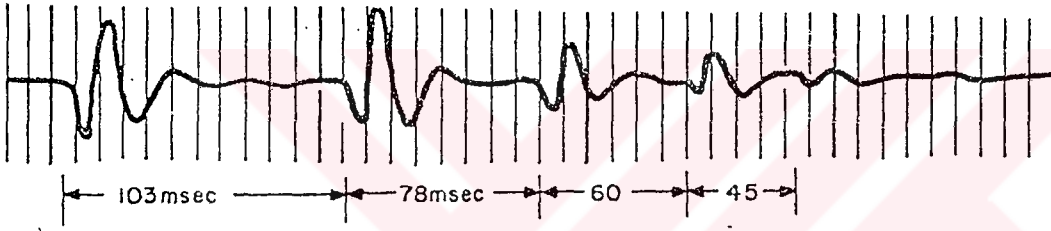


Şekil 2.5 630 mikrosaniyedeki basınç ve hız alanları.⁴

BÖLÜM 3

Sualtında Sismik Dalga Üretilmesi Ve Sorunları

İdealde bir sismik kaynağın delta impulsu şeklinde olması istenir. Ancak bunun pratikteki güçlüğü hatta imkansızlığıda bilinmektedir. Deniz sismik çalışmalarında da bu impulsif pulsların oluşumunu engelleyen kabarcık (bubble) pulsu etkisinde söz konusudur. Aniden suya verilen yüksek basınçlı hava su içerisinde bir boşluk meydana getirir (explosion) ve bu boşluk etrafındaki hidrostatik basınç nedeniyle su tarafından sıkıştırılarak yok edilmeye çalışılır. ve hava kabarcığının çapı küçülür (implosion). Böylece suda meydana gelen bu pozitif ve negatif basınç değişiklikleri bir sismik sinyal olarak yayınıma geçer. ancak su içinde çapı ufalmış olan bu hava boşluğu, içerisindeki basınç artışı yüzünden tekrar genişler (expansion) ve yine ufalır. Bu durumda sanki ikinci bir patlama oluyormuşcasına yeni bir sismik sinyal oluşur. Bu durum periyodik olarak devam eder ve (bubble) kabarcık osilasyonu adını alır. Şekil 3.1 'de böyle bir osilasyonun oluşumunu ifade eden bir sinyal örneği görülmektedir.



Şekil 3.1. Küçük bir su altı patlamasından oluşan kabarcık (bubble) pulsları örneği. Enerji azalımı ile zaman aralıklarında daralma görülmektedir.⁶

Lord Rayleigh (1859), kaynayan bir çaydanlıktaki buhar kabarcıklarının osilasyonunu incelemiş, buradan elde ettiği bilgiler ışığında aşağıdaki amprik bağıntıyı bulmuştur. Bu bağıntı;

$$T = 1.83 A_m \sqrt{\frac{\rho}{P_0}}$$

Burada T saniye cinsinden kabarcık osilasyon periyodu, A_m cm olarak gaz kabarcığının yarıçapı, ρ gm/cc olarak akışkan yoğunluğu, P_0 mevcut hidrostatik basınçtır. Bunu ardında H.F Willis (1941) yılında, A_m yarıçaplı bir küresel kabarcık için Q potansiyel enerjisinde kullanarak;

$$Q = \frac{4}{3} \pi A_m^3 P_0$$

bağıntısını ve buradanda Rayleigh'inin kabarcık periyodundan yararlanarak;

$$T = 1.14 \rho^{\frac{1}{2}} P_0^{\frac{5}{6}} (KQ)^{\frac{1}{3}}$$

bağıntısını türetmiştir. Yukarıdaki bu eşitlik Rayleigh Willis formülü adını almıştır. Deniz suyu yoğunluğunu 1.024 gm/cc, P_0 yerine (d+33') alınır (d su yüzeyinden kabarcık merkezine olan mesafe olmak üzere), bu durumda eşitliğimiz;

$$T = \frac{0.000209 (KQ)^{\frac{1}{3}}}{(d+33)^{\frac{5}{6}}}$$

durumunu alacaktır. Burada K sabit olup çeşitli enerji (Q) durumlarına göre değer alır. Bunlar;

K	Q
1.0	Erg
1.00×10^{10}	Kilo-joule
1.36×10^7	Foot-Paunds
4.18×10^{10}	Kilogram-kalori
1.88×10^{13}	% 60 lık dinamit şarjı

Rayleigh-Willis formülünde, su akışının (water flow) küresel simetrik ve sıkışmaz olduğunu, gazın iç enerjisinin ihmal edilebileceğini, kabarcık yarıçapı maximumdayken potansiyel enerjinin belirlenebilir olduğunu göstermektedir.

Rayleigh-Willis formülü, su altı sismik kaynaklarının çeşitli tiplerinin, sismik etkilerinin bağlı enerjilerinin önkestiminde oldukça kullanışlıdır. Kaynağın gücü değişmede kabarcık potansiyel enerjisi ile kaynağın

gerçek enerjisi arasındaki oran sabit kalır.

Şekil 3.2 'de bu Rayleigh-Willis eğrisi görülmektedir. Bu grafikte, potansiyel kabarcık enerjisinin bir fonksiyonu olarak 30 foot derinlikteki kabarcık osilasyon periyotları işaretlenmiştir. Bununla beraber 12 foot derinlikteki tam, yarım ve çeyrek periyotlardaki durumu işaretlenmiştir. Diğer eğrilerde aynı paralelliği göstermiştir.

Dinamit kullanımının olmadığı durumlarda, bazı dinamik şartları incelemek yararlı olacaktır. Su altı sismik enerji kaynaklarının değişik tiplerinin incelenmesinde, hidrolik akış için Bernolli denkleminde bakmak faydalı olacaktır. Su altında ve civarındaki küresel simetrik, sıkışmaz akışı olan ideal bir küresel kaynak için bu denklem;

$$P-P_0 = \frac{1}{r} \frac{\rho}{4\pi} \frac{\delta^2 V}{\delta t^2} - \frac{1}{r^4} \frac{\rho}{32\pi^2} \left(\frac{\delta V}{\delta t} \right)^2$$

olup, P kaynağın merkezinden r uzaklığında ölçülen toplam su basıncı, P₀ mevcut mutlak hidrostatik basınç, ρ su çevresi akışkan yoğunluğu, V küresel kaynağın hacmidir (örneğin; air gun odacık hacmi). Bu denklem iki durumda incelenebilir;

- 1) Denklemdaki ilk bileşen, kaynağın hacimsel ivmelenmesi ile orantılı olup uzaklığın birinci kuvveti ile düşer.
- 2) Denklemdaki ikinci bileşen ise, hacimsel hızın karesiyle orantılı olup negatif işaretli olarak uzaklığın dördüncü kuvveti ile azalır.

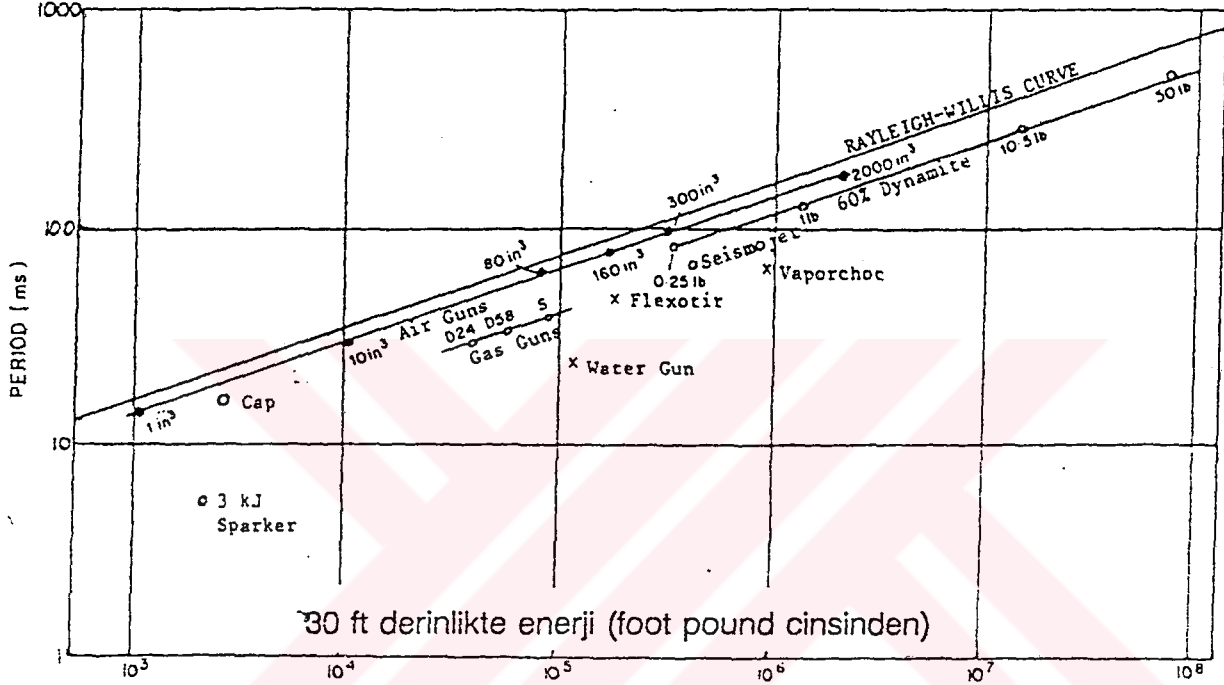
Gerçekte su sıkıştırılabilir ve kaynaktan çıkan şok dalgasında sıkıştırılabilir. Su içindeki dalga yayılım hızının sonlu olması, suyun sıkıştırılabilir olduğunu göstermektedir. Bununla beraber bu iki ana kısmı tekrar ele alırsak;

- 1) Kaynaktan çıkan dalga, 1/r ile orantılı olarak azalır ve uzak alan (far field) kısmı olarak bilinir.
- 2) Hidrolik akış sonrası 1/r⁴ ile orantılı olarak azalır ve yakın alan (near field) kısmında yer alıp, doğrudan kabarcık (bubble) osilasyonu ile ilgilidir.

Diğer bir anlatımla;

- 1) Etkili bir su altı sismik enerji kaynağı için, yüksek derecede bir hacim ivmelenmesine gereksinim duyulur. Bu kaynak su içerisine çok hızlı veya çok ani boşaltılmalıdır ki, bir basınç pulsu oluşturulabilsin. Aksi durumda etkili veya güçlü bir sismik kaynak oluşmaz.
- 2) Her ne kadar hoşlansak da hoşlanmasak da bir yakın alanımız mevcuttur ve bileşik kabarcık osilasyonunda bu kısım içerisinde yer almaktadır.

Bunların yanında önemle üzerinde durulması gereken diğer bir hususda, sismik yansıma ve kırılma çalışmaları için kafi derecede enerjinin oluşturulmasıdır. Dinamit kullanımında, dinamitin büyüklüğü ile sinyal/gürültü oranı kontrol edilebilmektedir. Fakat dinamitin kullanılmadığı durumlarda, kaynağın gücü sınırlı kalmaktadır. Genellikle bu sorunun önüne geçebilmek için, değişik veri toplama teknikleri ve çoğunlukla kaynak dizilimi (array) kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 - 30 ft derinliğindeki tek üniteli kaynakların enerji-periyod grafiği⁴

BÖLÜM 4

DENİZ SİSMİK KAYNAKLARINA GENEL BAKIŞ

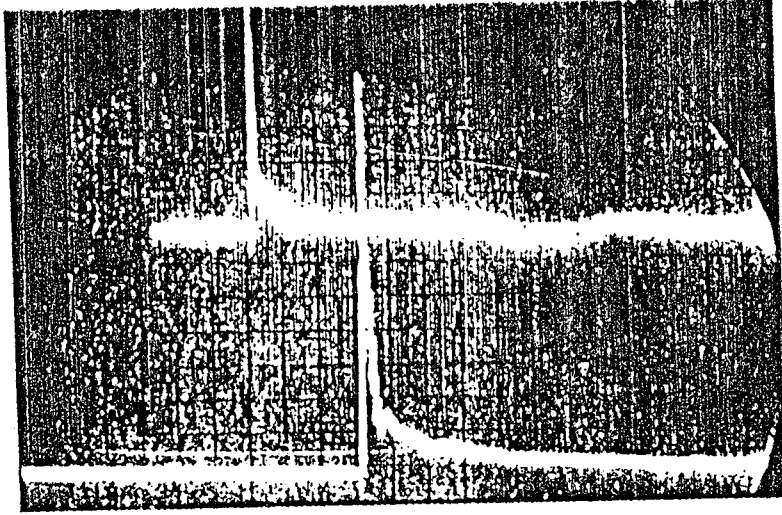
Dinamit;

Deniz sismik çalışmalarında dinamit kullanımı, ilk defa Kaliforniya sahillerinde denenmiştir. Anormal balık ölümleri olunca hükümet tarafından yasaklanmıştır. Güçlü ve geniş bir spektrumunu olan dinamit, kullanımında doğabilecek hayati tehlikeler ve politik nedenlerden dolayı, başka sismik kaynaklara yönelinmiştir. Bunun ardından kullanılan dinamit menşeyilli siyah barut ve yine çeşitli ağırlıklarda dinamit, en az balık ölümüne sebebiyet verecek şekilde deniz sismik çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (1956-). Şekil 4.1 'de 1 lb lik dinamit ile 45 lb lik siyah barut karşılaştırılması görülmektedir. Siyah barutun balık ölümlerini azaltmasına karşın, gücündeki düşme nedeniyle penetrasyonda azalmaya neden olmuştur. Yani siyah barut geniş puls (dar frekans bandı) biçimindedir.

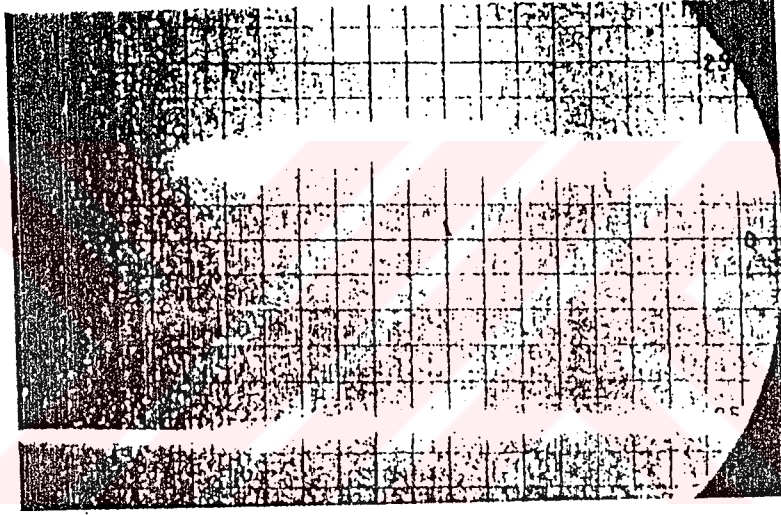
Daha sonra denenen ve penetrasyon-balık ölümü arasında iyi bir uyum sağlayan (penetrasyonu artan, deniz canlılarının ölümünü azaltan yönde), Multipuls yöntemi kullanılmıştır. Böyle bir şarjın hazırlanışı ve oluşturacağı basınç sinyali Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 'deki gibidir. Şekil 4.4 'de değişik malzemelere göre patlama hızlarının bir değerlendirmesi görülmektedir. Şekil 4.5 'de 10 lb multipuls, 10 lb dinamit, 90 lb siyah barut şarjlarının uyguladıkları basınçlar birlikde ifade edilmektedir.

Dar puls yaratmak amacı ile denen, Seismex (50 lb) patlayıcısı enerjinin fazlaca su yüzeyine çıkması ve alıcılarda ek bir gürültü oluşturması nedeniyle, sağlıklı olarak kullanılamamıştır. Şekil 4.6 'da böyle bir şarjın hazırlanışı, Şekil 4.7'de patlatılması görülmektedir.

Ayrıca kullanılacak olan düşük enerji kaynakları, yüzey yansımaları ve kabarcık osilasyonu nedeniyle ikincil pikler oluşturmaktadırlar. Şekil 4.10 ve şekil 4.13 'de bu piklere örnekler verilmektedir. Belki toplam enerjinin fazla olması penetrasyonu artırabilir. Yinede bizim önemle üzerinde durmamız gereken konu yüksek ayrımlılık (tabaka ayrımlılığı) olacaktır. Şekil 4.8 'de bir dinamit sismik enerji kaynağının patlamadan sonraki, sualtı enerji dağılımı görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere dinamit ve benzeri kimyasal patlayıcıların kullanışsızlığı ve elverişsizliği, daha düşük enerji kaynaklarının kullanımına neden olmuştur.

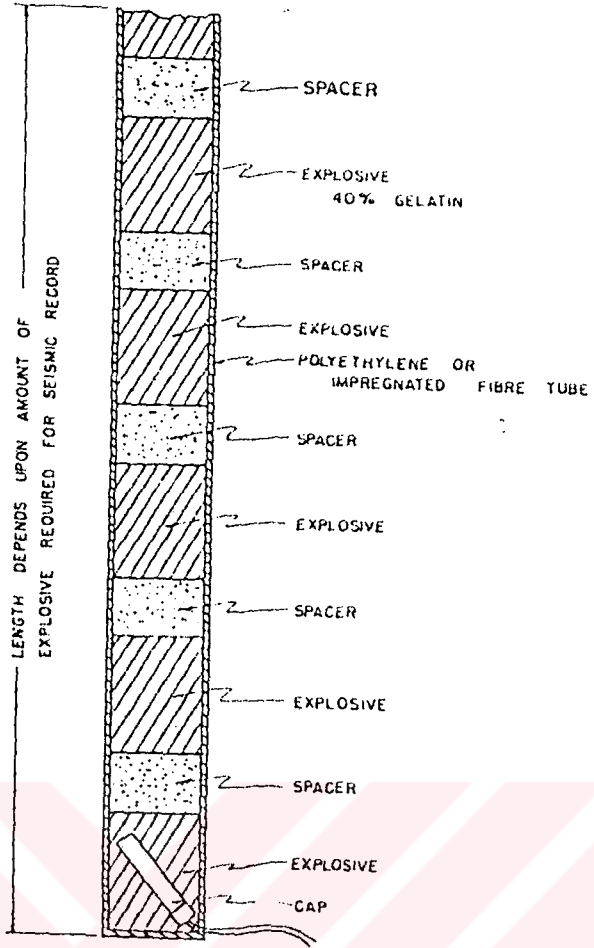


(a)

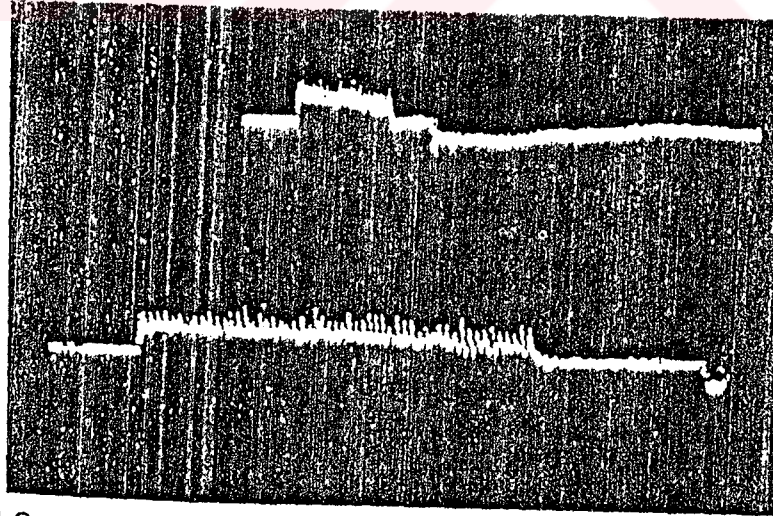


(b)

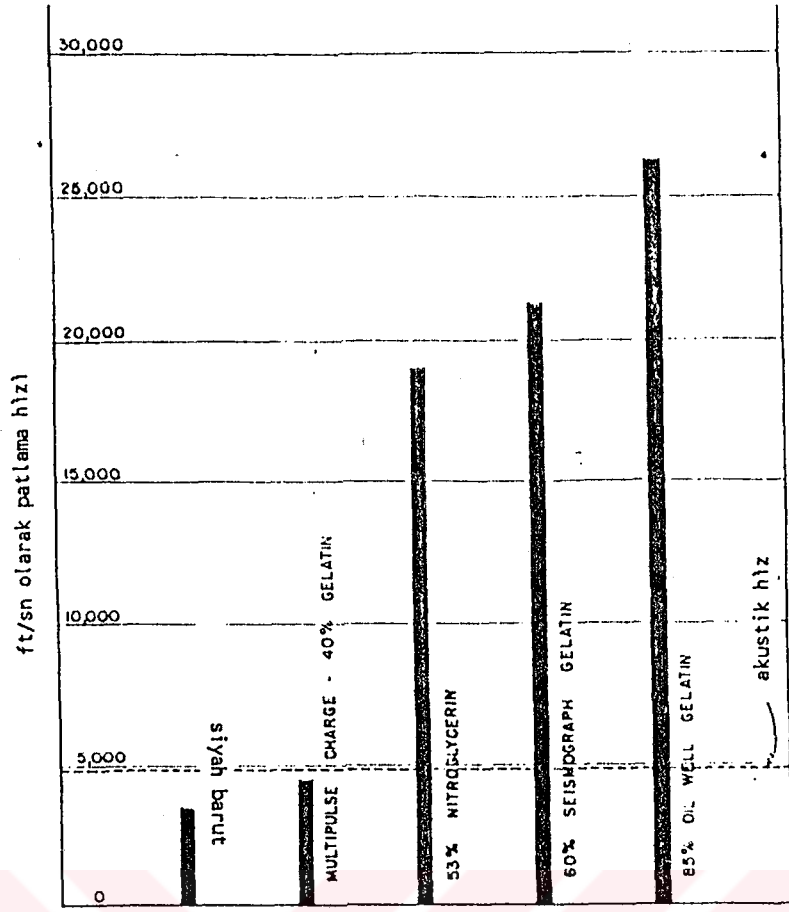
Şekil 4.1. (a) 25 ft genişlikte %40 lık 1 lb lik bir dinamit şarjının basınç eğrisi
(b) 50 ft genişlikli 45 lb siyah barutun oluşturduğu basınç eğrisi
(Düşey ölçek: herbir bölüm 38 psi, yatay ölçek her bölüm 1 ms ve 0-2 ms)



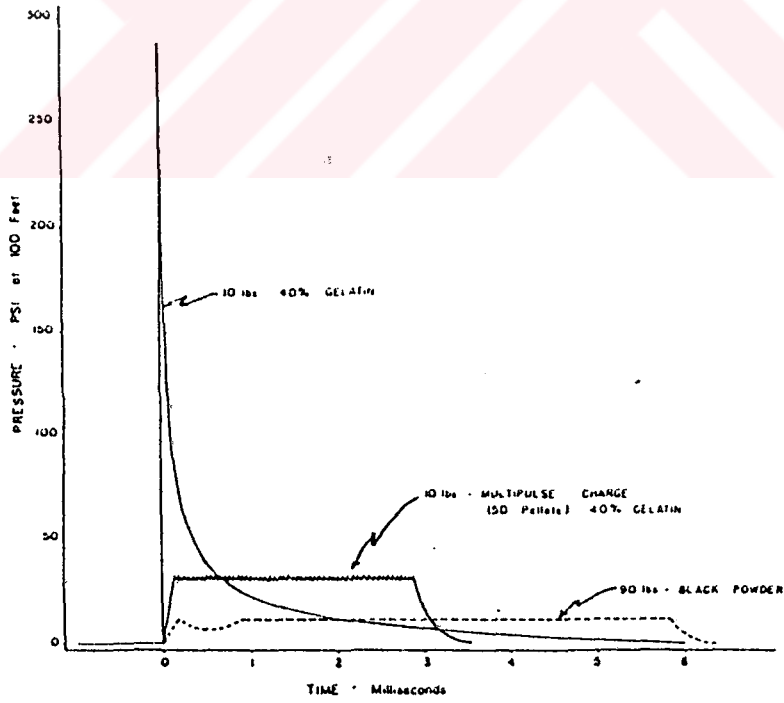
Şekil 4.2. Multipuls şarjı (Jakosky ve Jakosky den)²



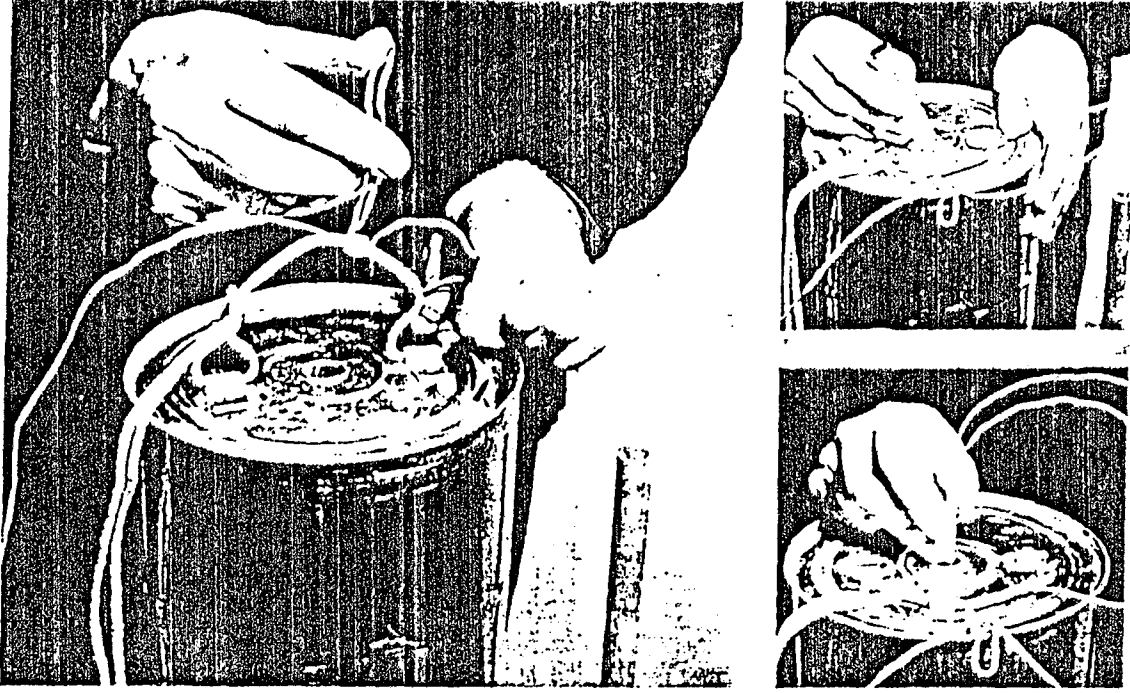
Şekil 4.3. 50 patlayıcı kutucuğa sahip 10 lb lik bir multipuls basınç eğrisi
Ölçek: yatay her bölüm 1 ms, düşey 38 psi²



Şekil 4.4. Farklı malzemeler için patlayıcı hızlarının mukayesesi²



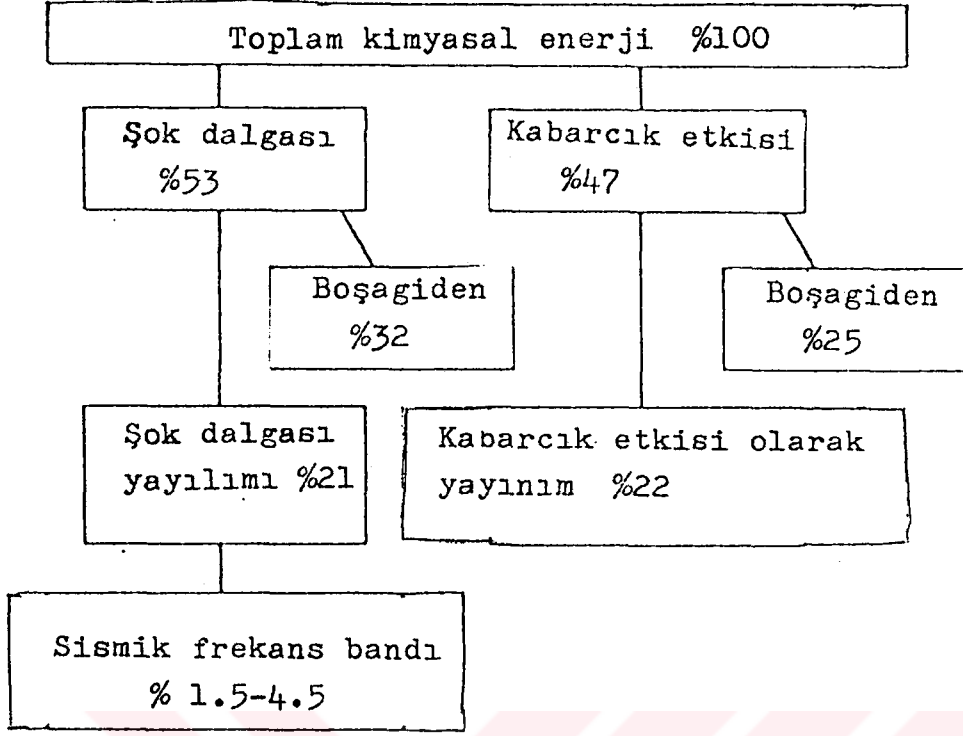
Şekil 4.5 10 lb %40 jelatin, 10 lb multipuls ve 90 lb siyah barut için basınç zaman eğrileri²



Şekil 4.6. 50 lb lik bir seismex şarjının hazırlanışı.²



Şekil 4.7 50 lb lik seismex şarjının atış hali.

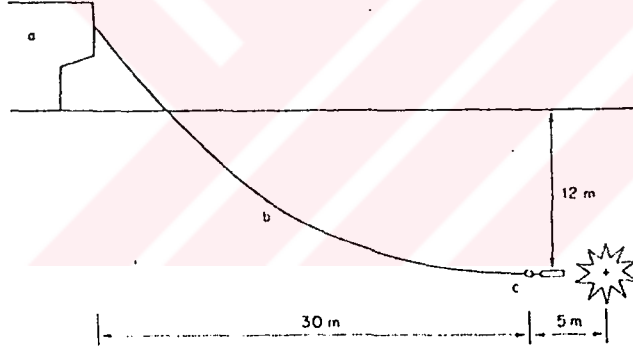


Şekil 4.8 Sualtındaki bir TNT (trinitrotoluen) patlayıcısının toplam kimyasal enerjisinin dağılımı.²

Deniz Sismik Çalışmalarındaki Düşük Enerji Kaynakları

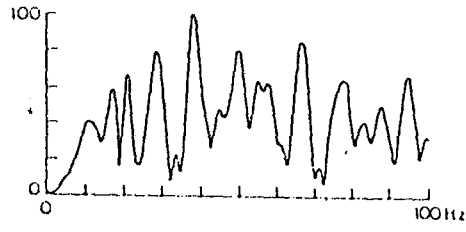
Maxipulse

Maxipuls sistemi, Şekil 4.9 'da şematik olarak görülmektedir. 12 sn aralıklarla, deniz yüzeyinden 12 m aşağıda 224 gr. nitrokarbonitrat kullanılmaktadır. Kapsül içinde bulunan karbonitrat, hidrolik olarak su basıncı yardımıyla, bir hortumun içerisinde su altındaki maxipuls tabancasına pompalanır. Hortumun alt ucundaki tabancada kapsül patlama tekerleğine çarpar ve bir saniye gecikme ile patlar. Bu gecikme zamanı (=5m) içerisinde gemi uzaklaşır ve muhtemel bir hasardan kaçınılmış olur. Maxipuls sistemi oldukça geniş (bubble) kabarcık pulsı oluşturur. Bu nedenle alınan kayıtlardan bu etkilerin veri-işlemede giderilmesi mümkündür. Bunu sağlamak için hortum ucuna monte edilmiş olan bir hidrofön patlama zamanını ve kuyruk oluşturan (bubble) kabarcık zamanını kayıt eder. Bu sistemde çoğunlukla ilk patlama enerjisi kabarcık enerjisinden daha çok enerjiye sahiptir. Şekil 4.10 'da tipik bir maxipuls sinyali ve genlik spektrumu görülmektedir. Şekil 4.11 'de kayıt edilen yakın alan sinyalinin sayısal proses operatörü olarak kullanımı (veri-işlemede) görülmektedir. Şekil 4.11.a 'da maxipuls içinde kullanılan bir superseis şarjı kesiti ve tabancası gösterilmektedir.

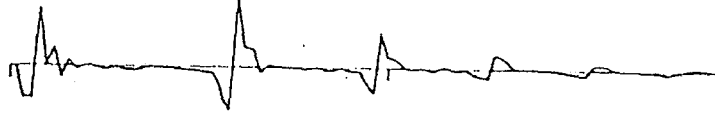


Şekil 4.9. Maxipuls sistem şeması; a-atış gemisi, b-hortum, c-tabanca transdüser konumu

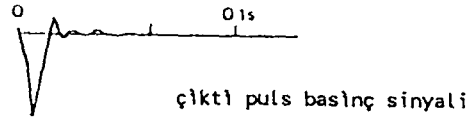
Başlangıç pulsu ve kabarcık (bubble) sinyallerinin genlik spektrumu



Başlangıç pulsu (bubble) kabarcık dizisinin basınç sinyali



Şekil 4.10. Kayıtedilen bir Maxipuls sinyali ve genlik spektrumu²

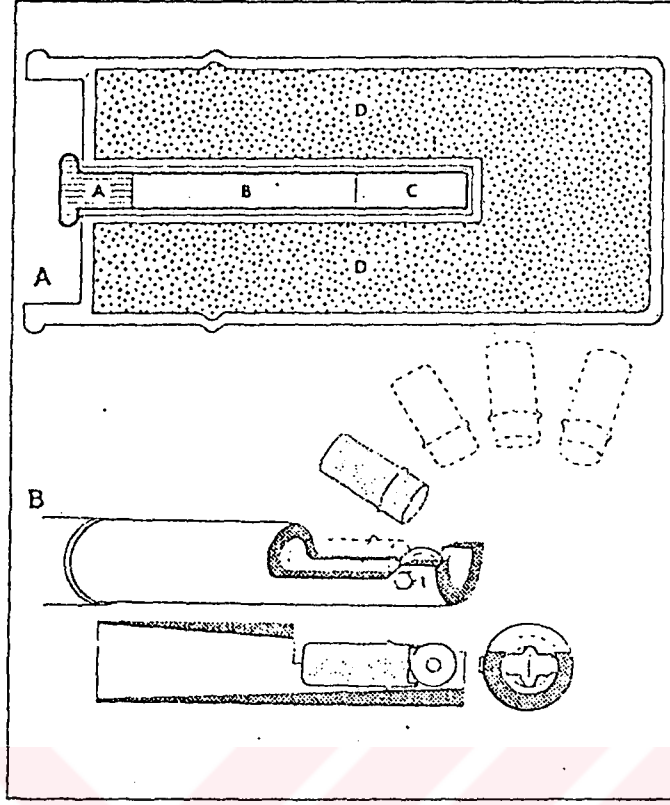


çıktı pulsu basınç sinyali



çıktı pulsunu genlik spektrumu

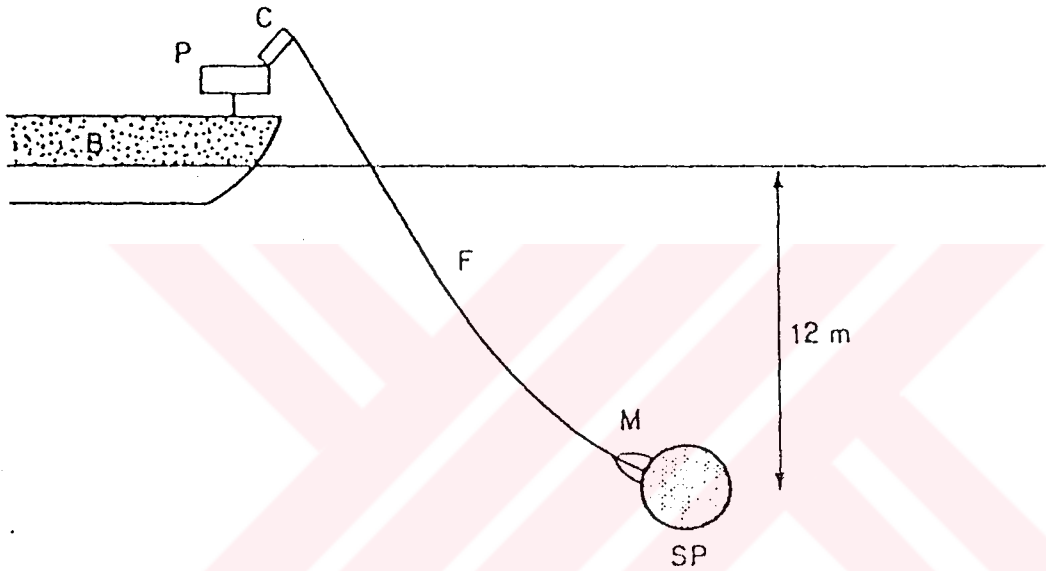
Şekil 4.11. Veri-İşlem sonrası maxipuls sinyali ve spektrumu²



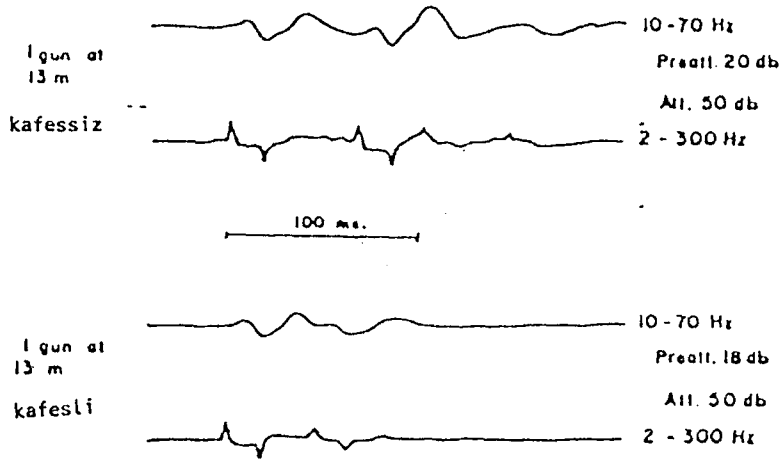
Şekil 4.11.a. I) Bir maxipulse içinde kullanılan superseis şarjının şematik görünümü. A- Ateşleyici kısım, B- Gecikme kolonu, C- İtici kısım, D- Nitrokarbonitratin bulunduğu kısım.
II) Maxipulse tabancasının ateşleme tekerleği yardımıyla şarjın hareketinin perspektif görünümü ve ateşleme sırasında tekerleğin tabanca içindeki görünümü ¹⁰

Flexiotir

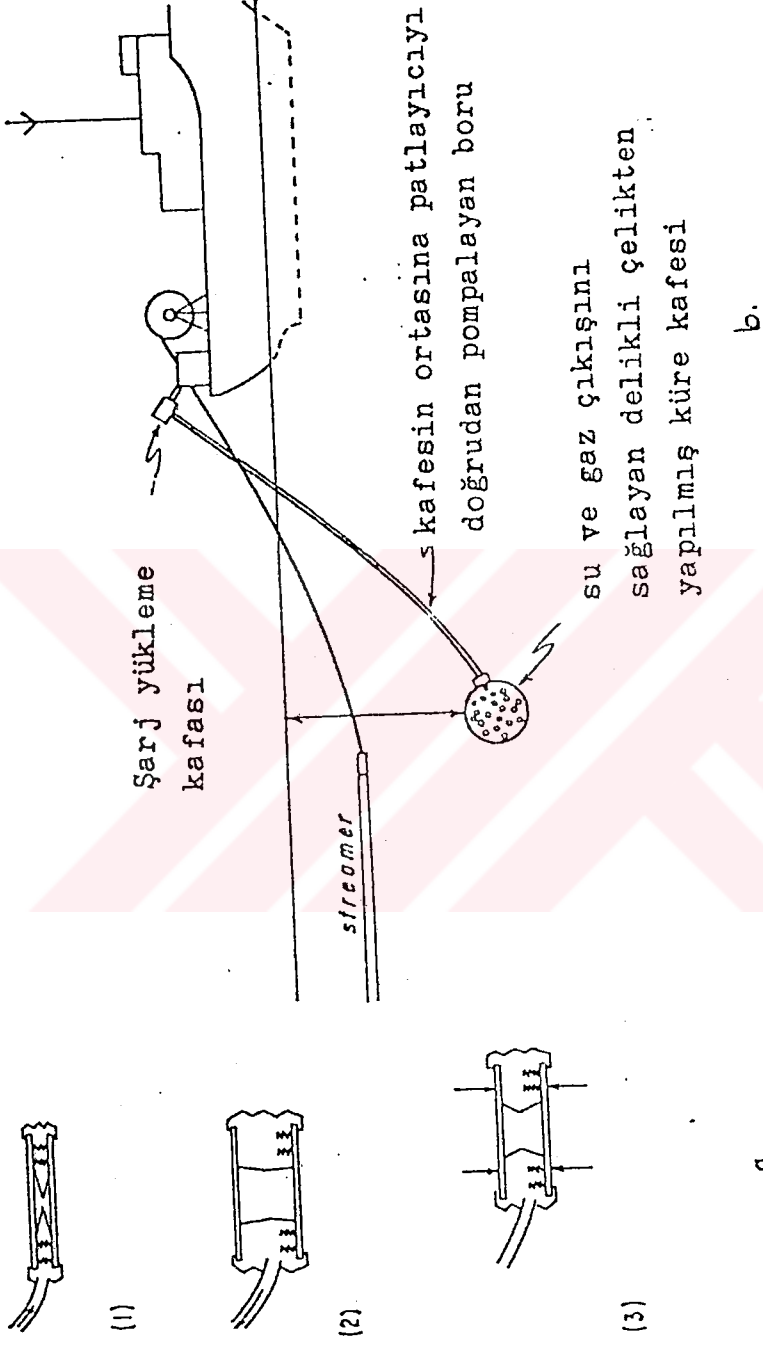
Bu sistemde (şekil 4.12); küçük bir dinamit parçasının (≈ 50 gr), kalın çeperli dökme demirden yapılmış, çapı yaklaşık 2 ft olan ve bir çok delikleri bulunan küre biçimli kafes içinde patlatılması ile sismik sinyal oluşturulmaktadır. Dinamit bu kafesin merkezine yerleştirilip, elektrik arkı vasıtasıyla ateşlenir. Patlamayla beraber genişleyen gazdan dolayı, kafesin deliklerinden sular dışarıya doğru hızla fıskırır. Daha sonra sular tekrar deliklerden içeri girerek, gaz kabarcık osilasyonunu sönmümler. Şekil 4.13 'de kafesli ve kafesiz olmak üzere 10-70 ve 2-300 Hz frekans bandlarındaki, Flexiotir sinyalleri görülmektedir. (Şekil 4.13.a) 'da Flexichoc ve Flexiotir çalışma prensipleri şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Flexiotir sisteminin şematik görünümü; B-Kayıtçı Bot, P-Pompa, C-Yükleme Kafası, M-Ateşleme Bölümü, SP-Küre²



Şekil 4.13. %28 delik yoğunluklu kafes ile sönmümlendirilmiş Flexiotir kabarcığı (bubble), Kayıt uzaklığı 100 metre.²

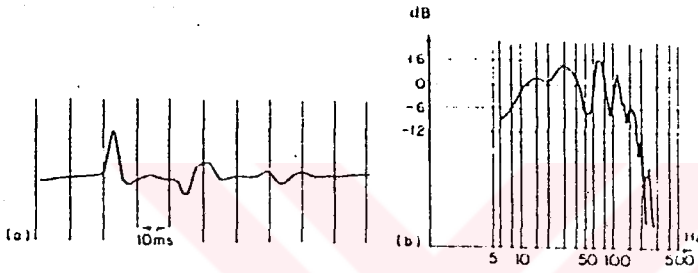


Şekil 4.13.a. (a) Flexichoc; (1) patlamanın hemen sonrası, (2) Patlamaya hazır durumu, (3) Atıştan 10 ms önceki durumu ve (b) Flexotir.

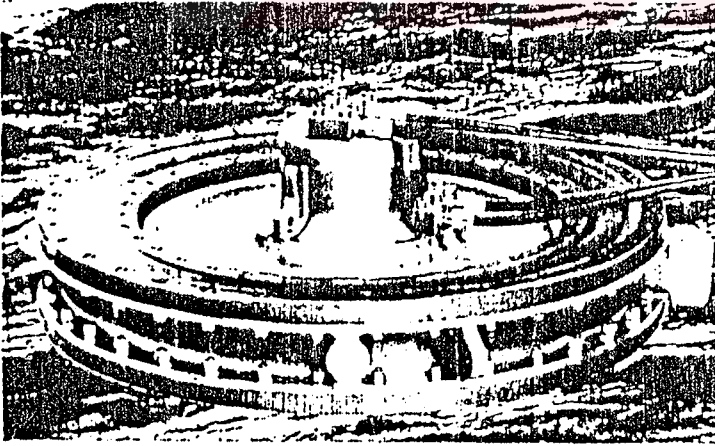
d.

Flexichoc

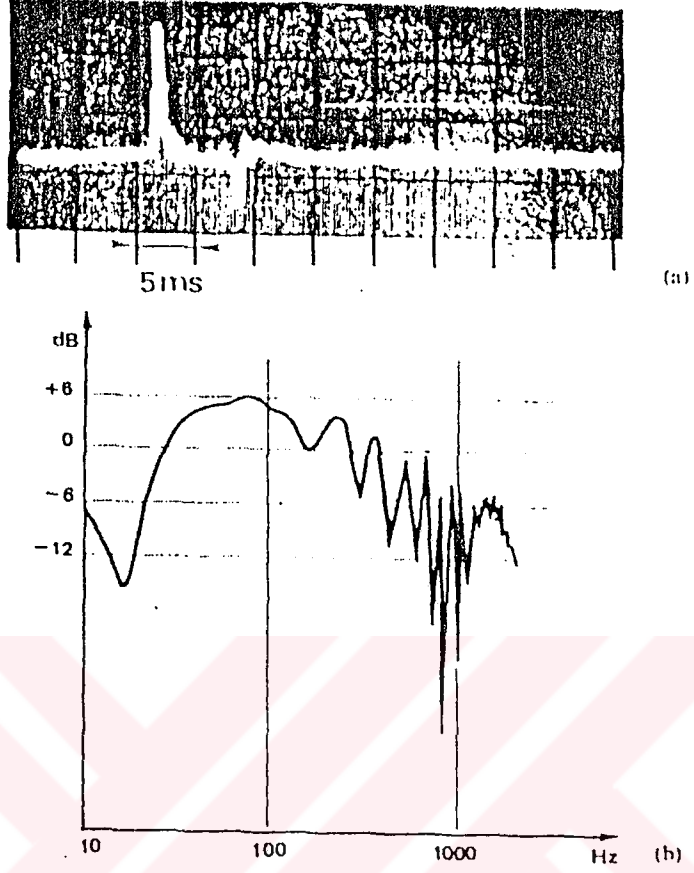
İki plaka arasında havanın sıkıştırılıp aniden açığa çıkarılması ile akustik sismik sinyal üretilmektedir. Bu sistem CGG firması tarafından geliştirilmiştir. Hacmi değişebilen bir odacık içerisinde hava pompalanır. Odacığın yan duvarları su içerisinde genişleyerek, su içinde basınç oluşturulur. Odacık içerisindeki havanın boşaltılması ile yan duvarlar hidrostatik basınç dolayısıyla eski yerine döner. Böylece bir (implosion) sıkışma olur. Bu şekilde kabarcık osilasyonu olmayan bir sismik sinyal oluşturulur. Şekil 4.14 'de 14 metre derinlikte, tek bir flexichoc patlaması sonucu oluşan sinyal ve genlik spektrumu görülmektedir (6-250 Hz band genişliğinde). Şekil 4.15 'da bir flexichoc ünitesi gösterilmektedir. Burada hava basıncı yerine yağ basıncı kullanılmıştır. Şekil 4.16 'da ise oluşturulan tek bir flexichoc sinyali (yağ basınçlı) ve genlik spektrumu verilmektedir. Şekil 4.16.a 'da ve Şekil 4.13.a 'da flexichoc çalışma prensibi şematik olarak görülmektedir.



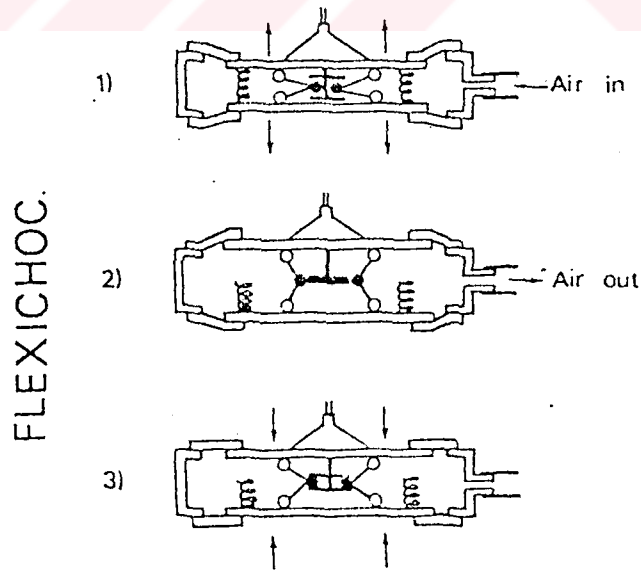
Şekil 4.14. Flexichoc sinyali (14 metre derinlikde) (a), spektrum (b)²



Şekil 4.15. Tek bir flexichoc ünitesi.²



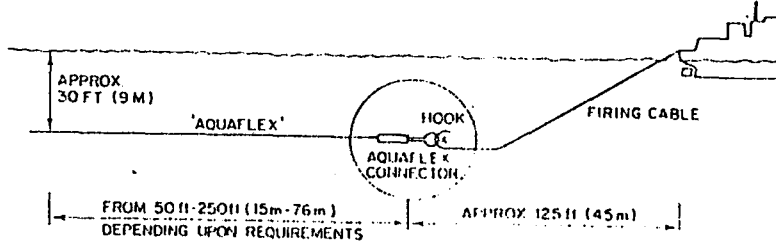
Şekil 4.16. Flexichoc sinyali (5 metre derinlikde); (a) sinyal görünümü, (b) genlik spektrumu²



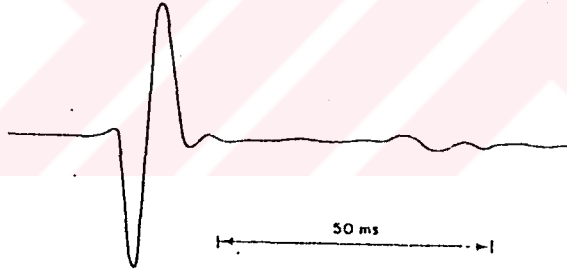
Şekil 4.16.a. Flexichoc çalışma prensibi.¹⁰

Aquaseis

Bu sistem şekil 4.17 'deki gibi bir kimyasal patlayıcı olup, ≈30 metrelik bir iple çekilen 18 sn aralıklarla 12 metre derinliğe kadar patlatılabilen, 1.5 lb ağırlığında, Penta Eritriol-Tetranitrat içerikli bir sismik enerji kaynağıdır. İpin ucunda bir konnektör ile beraber patlayıcı bulunmaktadır. Konnektör ateşleme kablosu çengelini harekete geçirdiği zaman elektrik arki yardımıyla patlama gerçekleştirilir. Şekil 4.18 'de 5-160 Hz bandında ve 10 metrede şarj edilen bir aquaflex sinyali görülmektedir. Şekil 4.19 'da da aynı sistemin 8 metre derinlikte patlatılması ile oluşan püskürmenin, su yüzeyinde yaratacağı etki görülmektedir.



Şekil 4.17. Aquaseis sistemi.



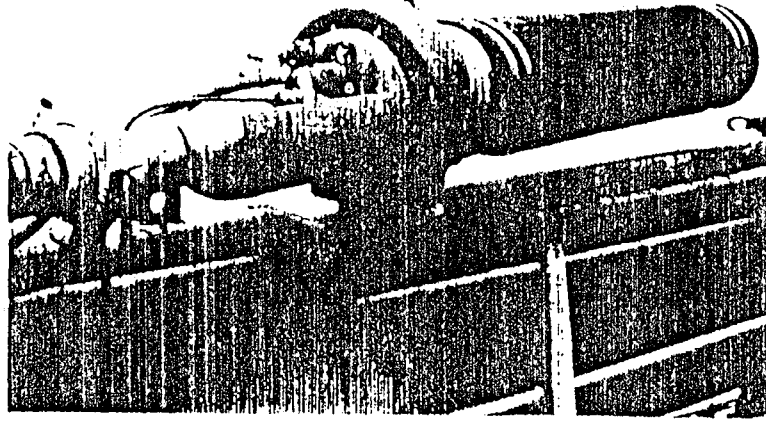
Şekil 4.18. Aquaflex'in (30 metre büyüklüğünde), 10 metre derinlikde patlatılması ile oluşan ve 5-160 Hz frekans bandında kayıt edilen sinyalin görünümü.²

Seisprobe (oksijen propan gaz tabancası = Sleeve exploder)

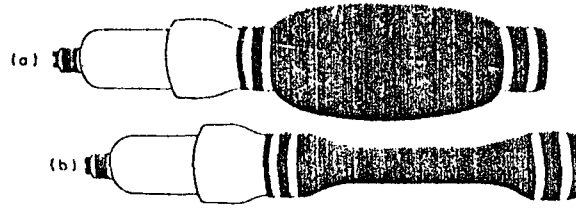
Bu sistem (şekil 4.20), gemi güvertesinde (şekil 4.22.a) bulunan oksijen ve propan gazları ayrı ayrı borularla su altındaki odacığa gelir. Bu odacığın etrafı sağlam lastik manşon (sleeve) ile kaplıdır. Odacık içerisindeki gaz karışımı, elektrik arki yardımıyla ateşlenir. Bununla beraber lastik manşon genişler (şekil 4.22.b) ve su içerisinde bir basınç pulsu yaratılmış olur. Odacık içerisindeki yanık gaz daha sonra ekzos yardımıyla havaya verilir. Şekil 4.20. 'de bir gaz tabancası olan seisprobe resmi, Şekil 4.21 'de kesiti görülmektedir. Ayrıca bir kaç tabancayı kullanarak bir dizilim oluşturulabilir (şekil 4.22.a). Yine tek ve çift seisprobe sinyali ve genlik spektrumları şekil 'deki gibidir. Şekil 4.23.a 'da 20 ft derinlikteki bir seisprobe basınç pulsu görülmektedir. Şekil 4.23.b 'de ise boru kullanımı ile genlik spektrumundaki farklılık, 20 ft derinlikteki uzaklık-basınç değişimi şekil 4.22 'deki gibidir.



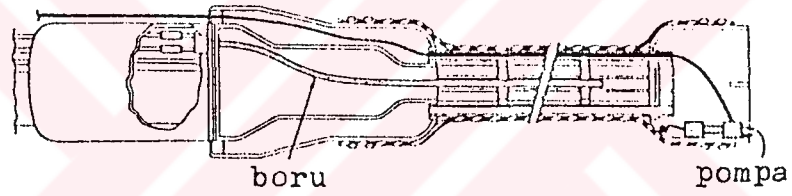
Şekil 4.19. Aquflex'in (30 metre büyüklüğünde), 25 ft derinlikde ateşlenmesi, deniz yüzeyinde yaptığı etki.²



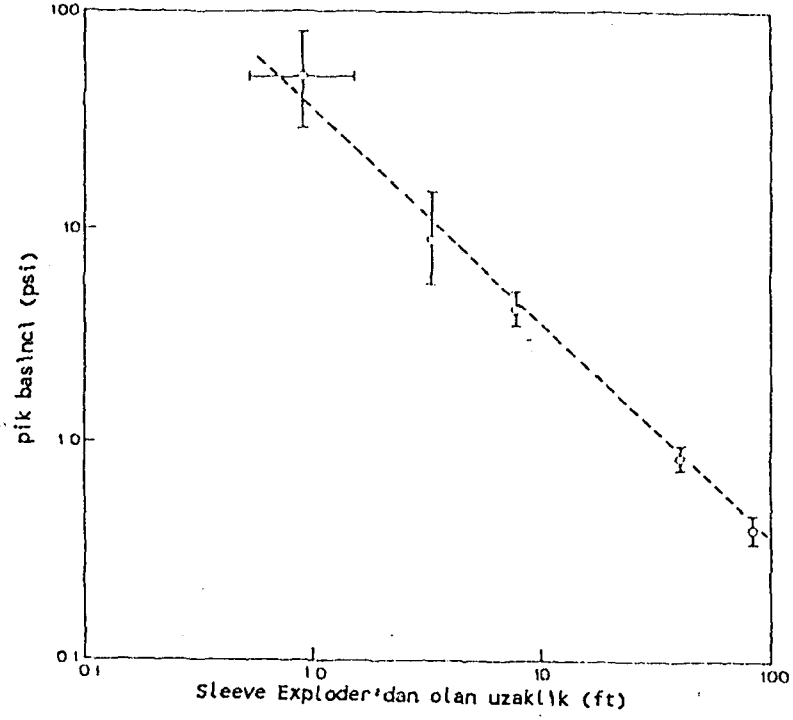
Şekil 4.20. Seisprobe tabancası



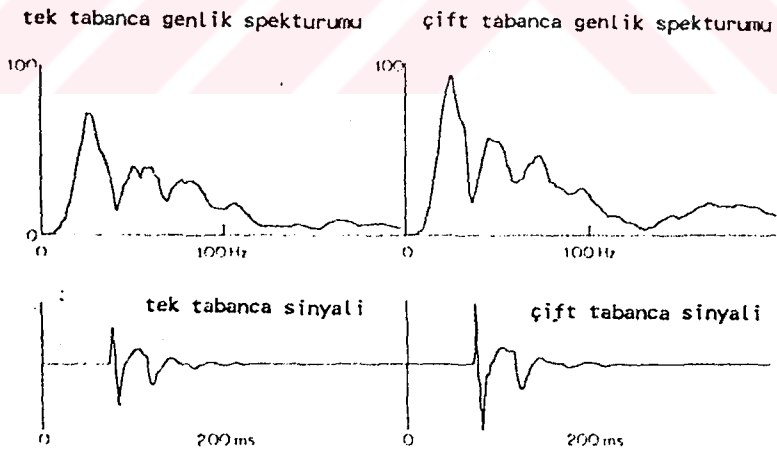
Şekil 4.20.b. Sleeve Seisprobe; (a) genişlemiş, (b) daralmış²



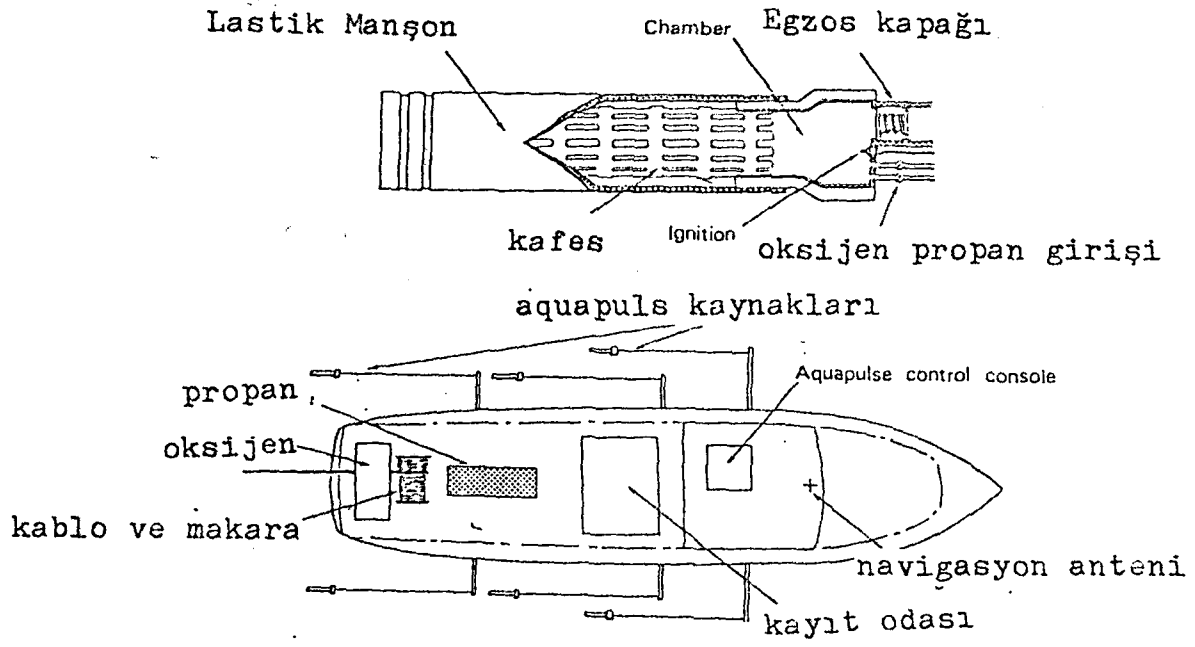
Şekil 4.21 Seisprobe kesiti²



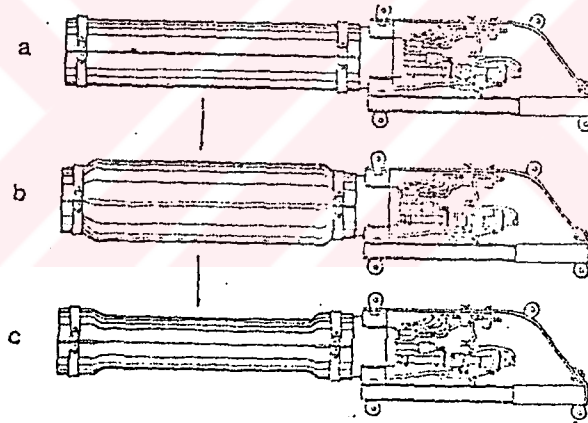
Şekil 4.22. Tek bir seisprobe tabancasının, 20 ft derinlikde patlatılması ile oluşan basınç uzaklık ilişkisi²



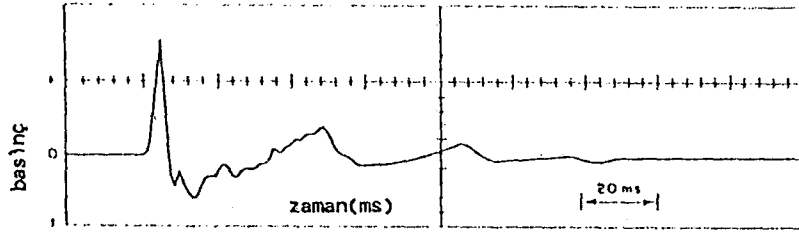
Şekil 4.23. Tek ve çift seisprobe tabancalarının 20 ft derinlikde patlatılması ile oluşan sinyal ve spektrumları.²



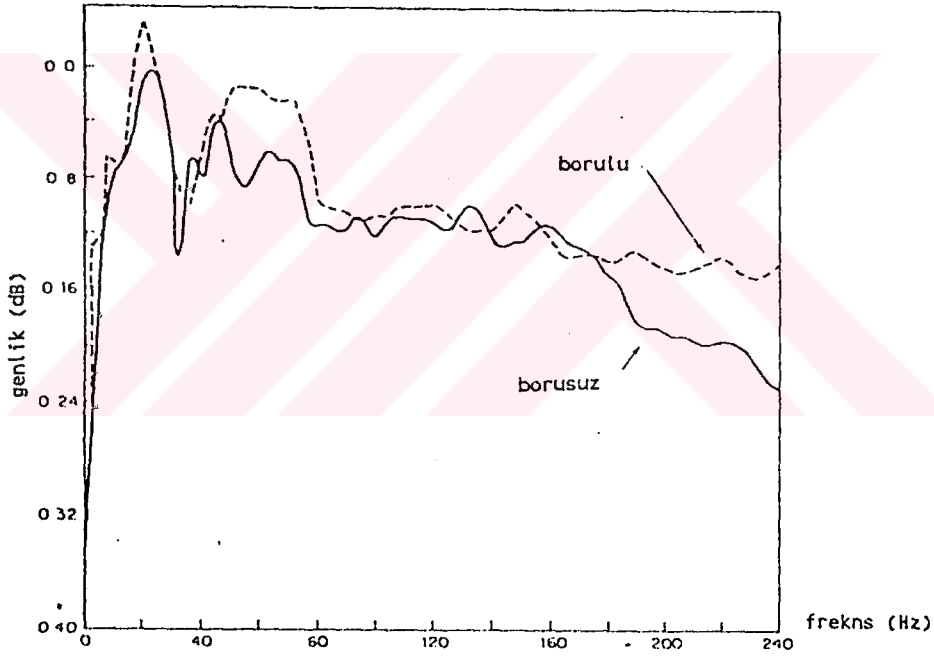
Şekil 4.22.a. Aquapulse sismik kaynağının (6 adet) geni üzerindeki görünümü ve kesiti.



Şekil 4.22.b. Oksijen -Propan Gaz Tabancası.¹⁰



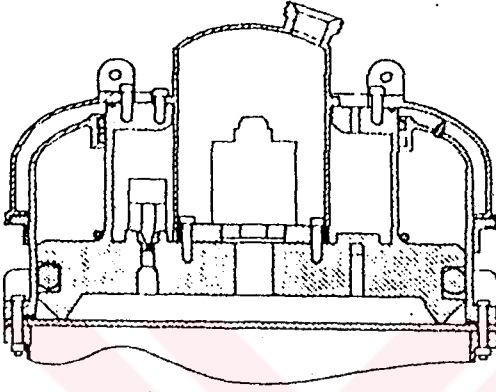
Şekil 4.23.a. 20 ft derinlikdeki seisprobe sinyali.²



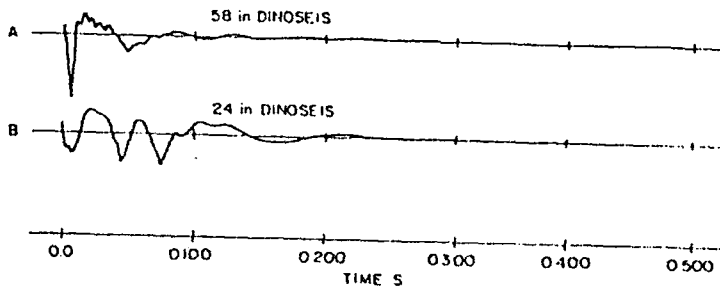
Şekil 4.23.b. Borulu ve borusuz olarak, Seisprobe genlik spektrumları.²

Dinoseis

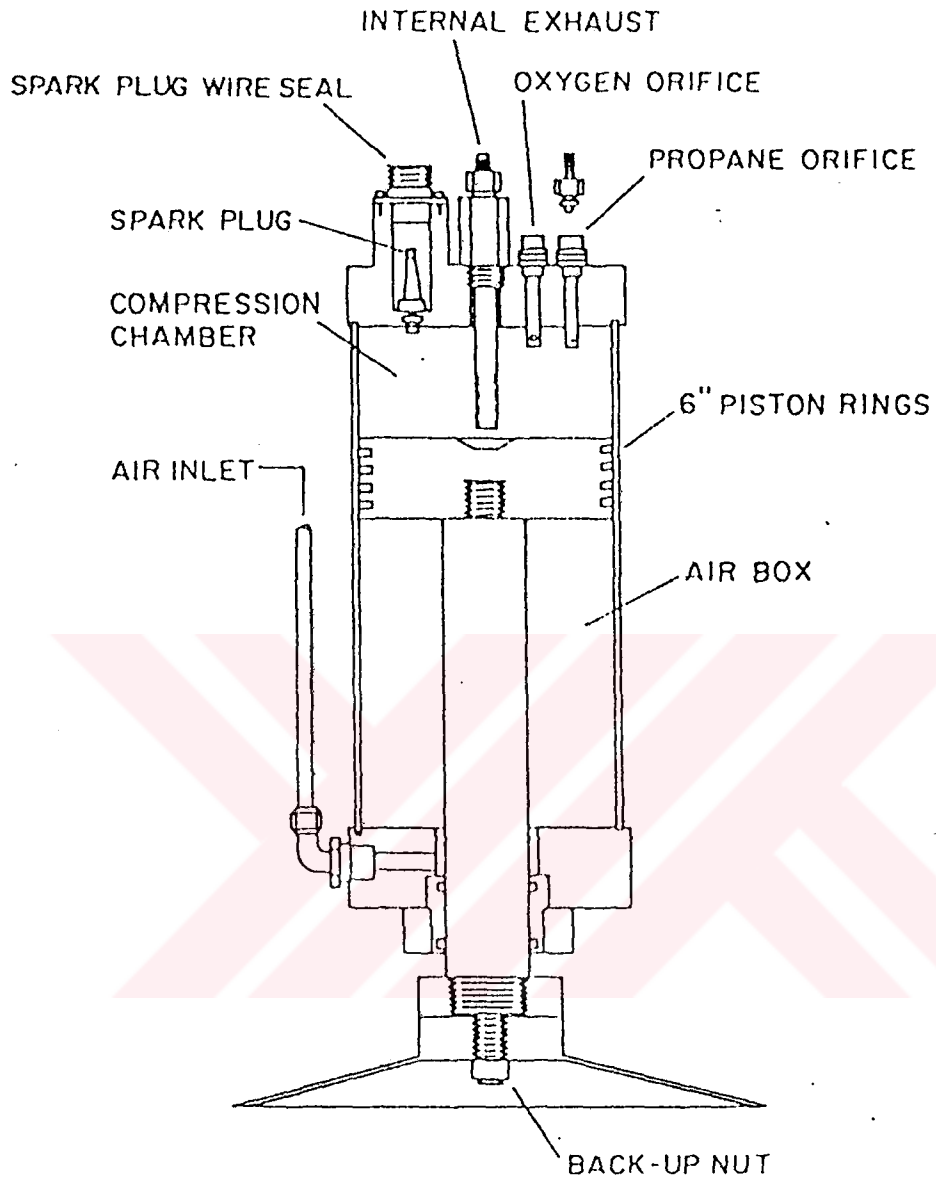
Şekil 4.24 'de 24 inç'lik, Dinoseis kesiti görülmektedir. Propan ve oksijen karışımının bir elektrik arki ile ateşlenmesi sonucu artan gaz basıncıyla, deniz suyuna bir kuvvet uygulanması sonucu akustik bir kaynak puls oluşumu sağlanır. Şekil 4.25 'de 24 ve 58 inc³ 'lük, Dinoseis sinyalleri görülmektedir. Şekil 4.26 'de de bir (impulsive), Dinoseis (farklı firma yapımlı) kesiti görülmekte olup, basınç sinyali ve genlik spektrumu, Şekil 4.27 'de verilmektedir.



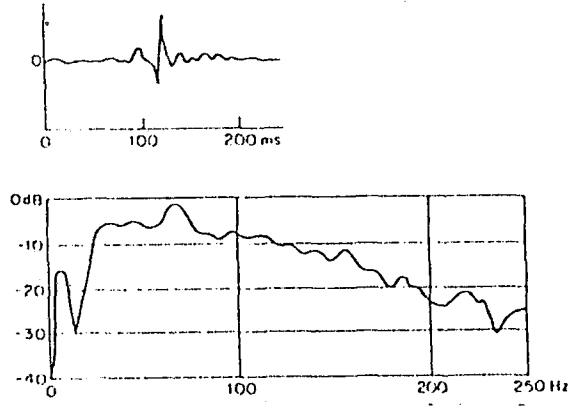
Şekil 4.24. Dinoseis kesiti (24 inc³).



Şekil 4.25. 24 ve 58 inc³ 'lük, Dinoseis'lerin yakın alan sinyalleri.²



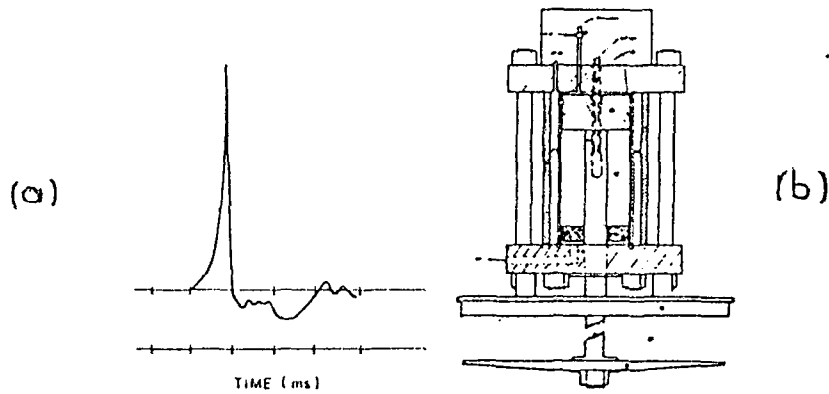
Şekil 4.26. Implosif Dinoseis Kesiti.²



Şekil 4.27. 8 ft derinlikteki ve 1.5 sn dolumlu iki dinoseisin, sinyal ve genlik spektrumları.²

Hydrosein (impulsive se kaynağı)

Atış aralığı 10 sn olarak, 40 ft derinlikte patlatılan, 9000 lb ağırlığa sahip olan ve iki kısımdan oluşan, Hydrosein sisteminin sinyali, Şekil 4.28 (a) 'da ifade edilmektedir. Burada yüksek basınçlı hava, piston ve piston çemberinin içinde hareket etmektedir. Piston çubuk ve levha, sabit üst plakadan aşağıya doğru bir ivmelenme yaratmakta ve iki plaka arasında bir boşluk (cavity) oluşturmaktadır. Bu boşluğun içerisini su basması ile bir impulsif puls oluşturulmaktadır. Şekil 4.28 (b) 'de hydrosein kesiti görülmektedir.

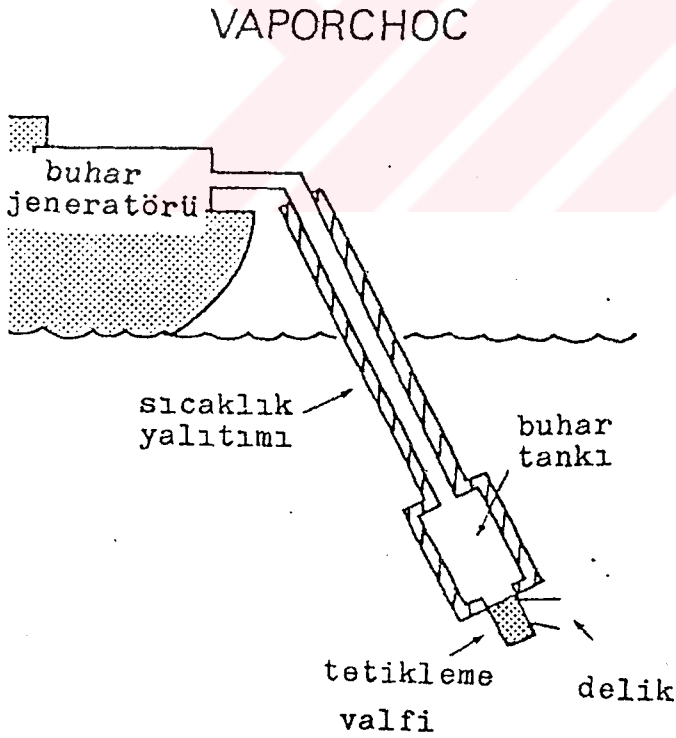


Şekil 4.28. Hydrosein kesiti (b) ve sinyali (a).⁴

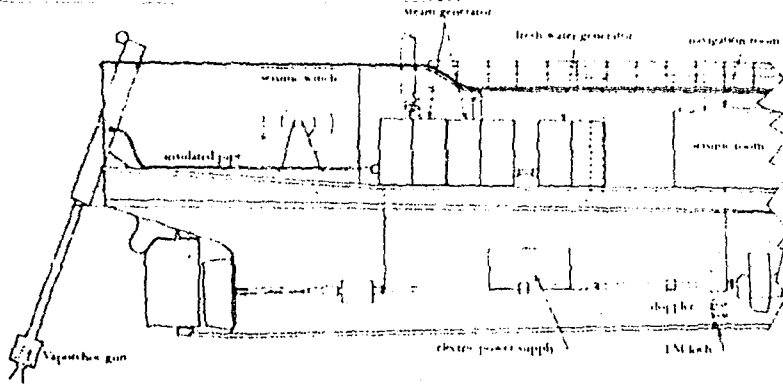
Vaporchoc (Buhar Tabancası)

Bu sistemde, gemi güvertesinde bulunan bir buhar jeneratöründen elde edilen kızgın su buharının bir kısmı, izole edilmiş bir hortum yardımı ile deniz içerisinde bulunan buhar tankına gelir. Yüksek basınç altında bulunan bu buhar, uzaktan kumandalı bir sibopun açılmasıyla, küre biçiminde deniz suyu içinde açığa çıkar. Bu buhar küresi hidrostatik basınç altında yoğunlaşır ve içeri doğru patlayarak (implosion), deniz suyu içerisinde yüksek basınç oluşturur. Buharın enjekte edilmesi 10-50 milisaniye sürmektedir. Dakikada 5-10 atış yapmak mümkündür. Buhar jeneratörü, her 8 saniyede bir yapılacak patlamalar için 1000 psi (60 bar) basınç altında 12000 cu.inç buhar temin etmek için, satte 3 ton buhar üretilmektedir. Buhar deposu içerisinde bir yoğunlaşmadan kaçınmak için, sıcaklık 320-400 °C, basınç 40-60 bar civarında tutulur. Kullanılan hava basıncı sismik patlamanın gücünü kontrol eder. Eğer artan hava basıncı kullanılırsa, valf daha çabuk açılır ve sudaki buhar şoku daha kuvvetli olur. Bu sistemdeki valf ile çalışan meme (jet) sayısı, birden sekize kadar çıkartılabilir. Vaporchoc buhar tabancası sistemi, Şekil 4.29.a 'da şematik olarak görülmektedir. Şekil 4.29.b 'de, 7 metre derinlikte, her 8 saniyede patlama yapılan bir sistem gösterilmektedir.

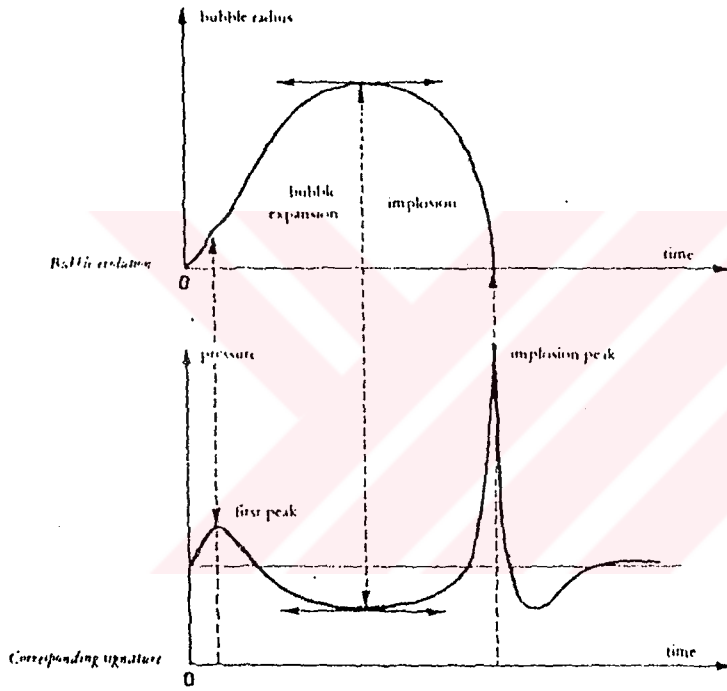
Şekil 4.30 'da kabarcık (bubble) büzülmesinden önce oluşan, kabarcık genişlemesi görülmektedir. Buna ait uzak alan sinyali Şekil 4.31 'deki gibidir. Tabancanın yanına yerleştirilmiş bir hidrofona yardımıyla kaynak sinyalinin kayıt edilmesi, prosesde sinyal dekonvolüsyonunun kullanımında yardımcı olur. Şekil 4.32 'de değişik memelerde (jets), kabarcık (bubble) periyodundaki farklılaşma görülmektedir.



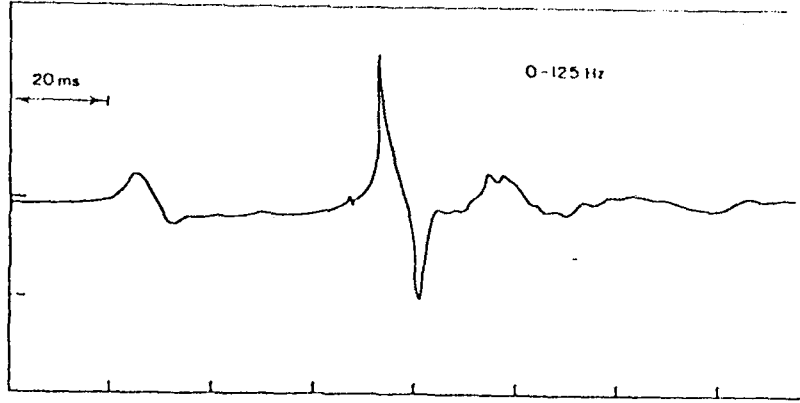
Şekil 4.29.a. Vaporchoc kesiti.¹⁰



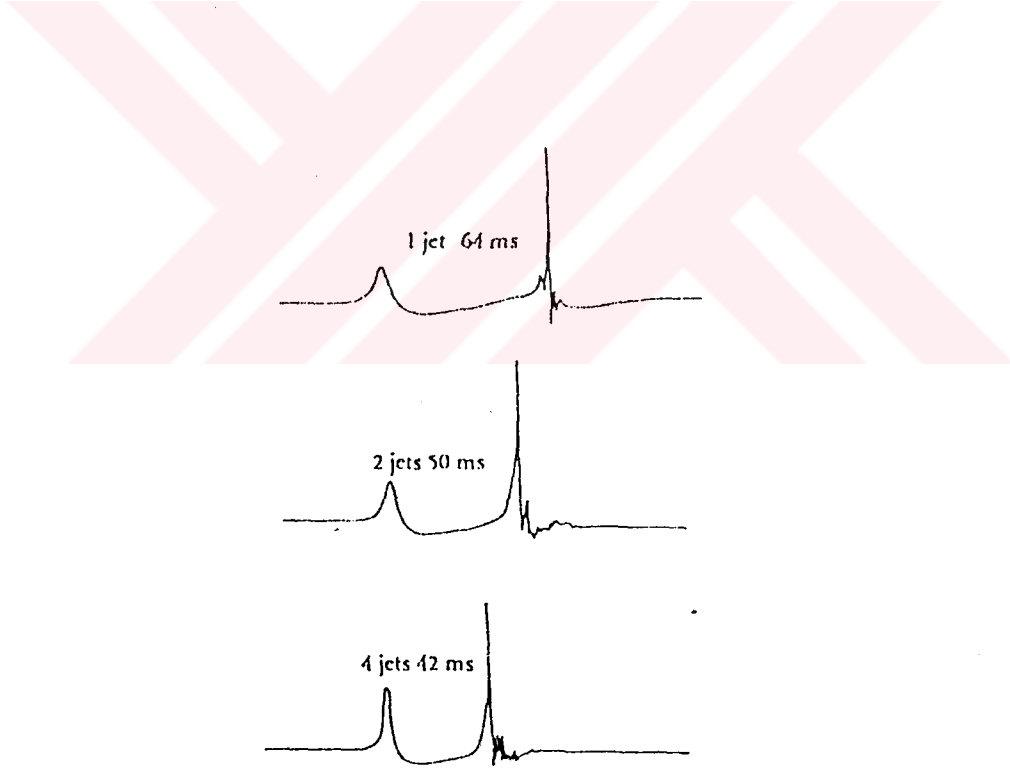
Şekil 4.29.b. Vaporchoc (buhar tabancasının) gemi güvertesindeki görünümü ve buhar üretme mekanizması.²



Şekil 4.30. Vaporchoc sinyali ve kabarcık ilişkisi.²



Şekil 4.31. Vaporchoc uzak alan sinyali. 2



Şekil 4.32. Bir, iki ve dört jet (meme) için, Vaporchoc yakın alan sinyalleri. 2

Yüksek Basınçla Çalışan Sismik Enerji Kaynakları

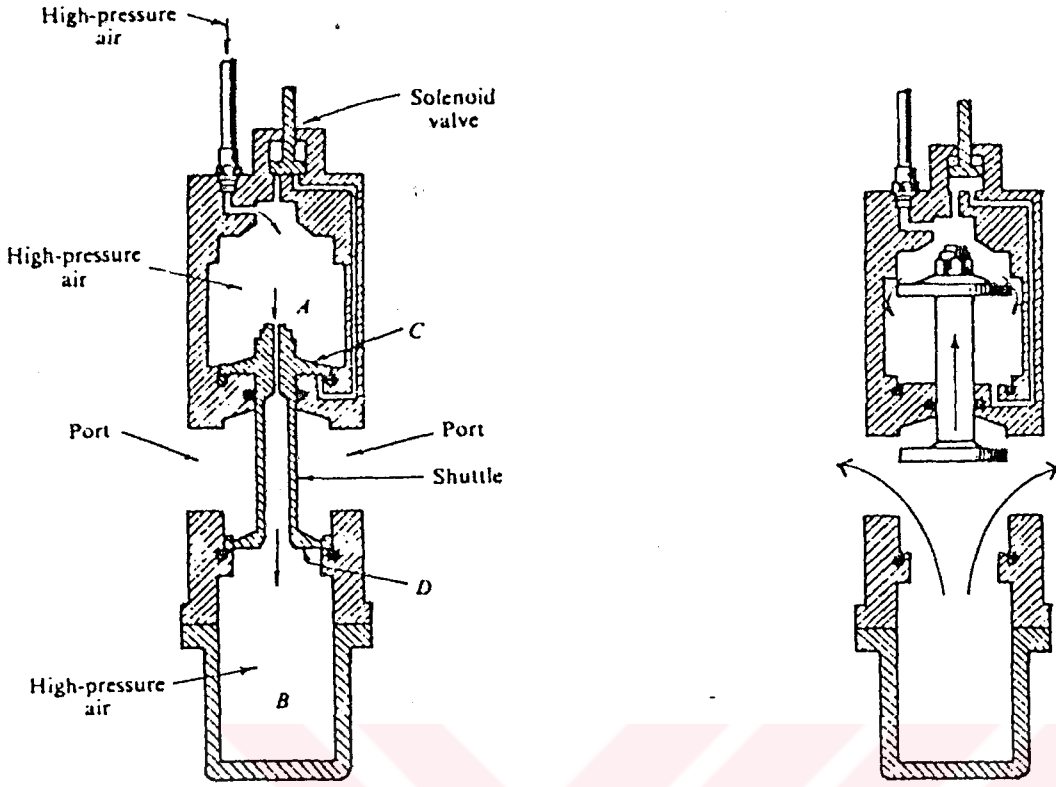
PAR Air Gun (Hava Tabancası)

PAR air gun modeli, hava odacık hacmi 2000 inc³ 'e kadar çıkabilmekte ve odacığa 2000 psi basınç uygulanabilmektedir. Air gun yüksek basınçlı havayı doğrudan suya vererek bir akustik ses kaynağı oluşturur. Şekil 4.33 'de air gun çalışma prensibi şematik olarak verilmektedir. Şekil 4.34 'de 20 inc³ lük bir air gun sinyali görülmektedir. Burada kabarcık (bubble) periyotlarının (azalan bir biçimde) ana kaynak sinyalinin peşinden geldiği görülmektedir. Bu periyotların kontrolü Rayleigh-Willis formülü ile mümkündür. Bu formül;

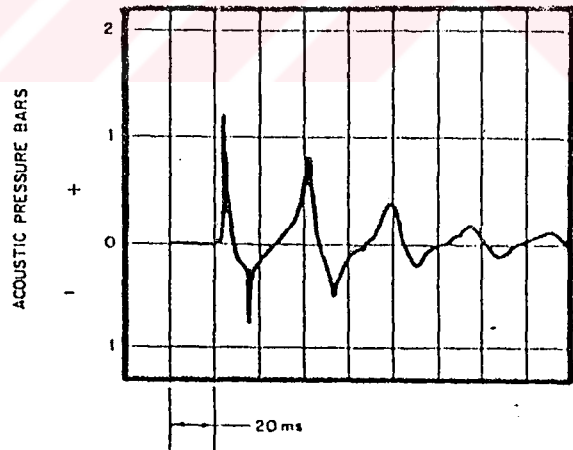
$$T = (P \times V)^{1/3} / 510 \times (1 + H/33)^{5/6}$$

dir. Burada T kabarcık periyodu (saniye), H tabanca derinliği (ft), V tabanca hacmi (inc³) ve P ateşleme basıncıdır (psi). Şekil 4.35 'de 10 inch³ lük bir air gun'un, tekrarlı olarak patlatılması ile (20 atış) oluşacak sinyaller görülmektedir (tabancadan 10 ft ilerideki bir hidrofondan algılanmış olarak). Tek tek air gunların sinyallerinde, genellikle (bubble) etkisinden (veya kuyruk sinyallerinden) kurtulmak mümkün olmamaktadır. Bunun için genellikle, air gun dizilimine başvurulmaktadır. Bir diğer kuyruk etkisinden kurtulma yoluda, wave shape kit adı verilen ortası delik olan kapakçığın kullanılması ile mümkün olmaktadır. Bunun kullanımı ile ikincil pulslar azaltılırken, ana puls genişliğide düşmektedir (şekil 4.36). Şekil 4.36.a 'da toplam tabanca hacmi ve waveshape kit takılması durumundaki hacim dağılımı görülmektedir.

Bir çok sayıdaki ve farklı büyüklüklerdeki tabancaların aynı zamanda ve aynı derinlik patlatılmasıyla, (bubble) kabarcık etkisi önüne geçilebilmektedir. Bunun sonucunda başlangıç puls/kabarcık puls (kuyruk puls) oranında, düşey doğrultuda bir düzelme oluşmaktadır (Şekil 4.37). Burada 23 ft derinlikteki 7 farklı hacimdeki (toplam 1200 inc³) her bir tabancanın uzak alan sinyalleri ve toplamı (array sinyali) görülmektedir. Tabancaların dizilimi yardımı ile; hacim, basınç, derinlik, tabanca geometrileri ve ateşleme zamanları beraberce kullanımıyla, her doğrultuda ve tipde amaca uygun sinyal üretilebilmesi mümkündür (EK 1).



Şekil 4.33. Air Gun kesiti ve çalışma prensibi. ¹⁰

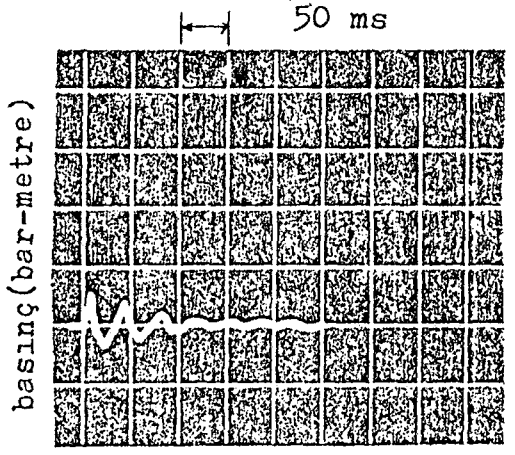


GUN VOLUME 20 CUBIC INCHES
 GUN PRESSURE, 2000 PSIG
 GUN DEPTH 30'
 AIR GUN-HYDROPHONE SEPARATION 45'
 WATER DEPTH 200'
 SIGNATURE UNFILTERED
 HYDROPHONE AND OSCILLOSCOPF RESPONSE FLAT 0-4000 CPS

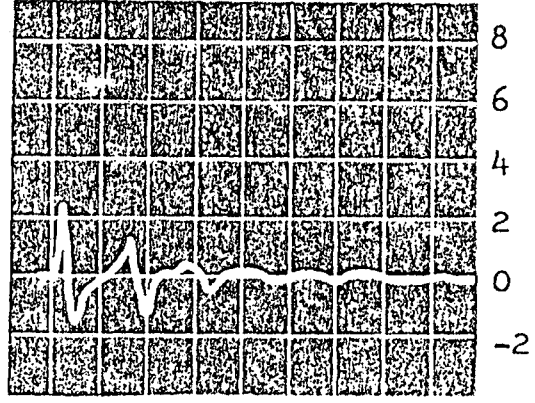
Şekil 4.34. PAR air gun sinyali (20 inc³).²

Kabarcık zamanı, genlikleri ve yarıçapı, kullanılan air gun hacmine, kullanılan havanın basıncına ve patlama derinliğine göre değişmektedir. Bu değişimler, şekil 4.34.a 'da hacimlere göre, şekil 4.34.b 'de kullanılan hava basınçlarına göre, şekil 4.34.c 'de farklı patlatma derinliklerine göre verilmektedir. Bu şekillerden de anlaşılacağı gibi, kabarcık (bubble) zamanı artan basınç ve hacim ile artıyor, derinlik ile azalıyor. Bu durum Rayleigh Willis denkleminde de ifade edilmektedir.

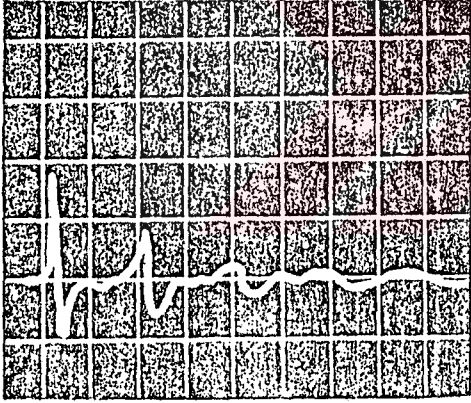
Air gun çalışma prensibi (şekil 4.33.); şeklin sol tarafında bulunan, patlamadan önceki durumda, yukarıdan bir hortumla üst odacığa (A) giren basınçlı hava, buradan (S) mekiğinin ortasındaki ince boşluktan alt odacığa (B) geçer ve alt odacık ile üst odacıkta bulunan hava basıncı eşit duruma gelir. Solenoid valfin kapalı olduğu denge durumunda (C) ve (D) yüzeyleri hareketsizdir ve mekik alt kısımdadır. Solenoid valfe gelen bir tetikleme sinyali ile bu valf açılır ve dolayısıyla oluşan bir ilave yüzey ile denge durumu bozulur. Bu durumda mekik çok büyük bir hızda yukarıya doğru fırlar ve alt odacıkda bulunan sıkışmış hava yukarıdaki deliklerden dışarıya doğru çıkar. Su içerisinde meydana gelen bu ani basınç değişikliği sismik dalgalar halinde yayınıma geçer. Hızla yukarı doğru çıkmış bulunan mekik, üst taraftan sürekli hava basınçlı havanın gelmesi ile tekrar hızla aşağıya doğru itilir. Mekiğin bulunduğu yerden yukarıya fırlayıp tekrar eski yerine dönmesi yaklaşık 3.5 ms'de olmakta ve air gun tekrar yeni bir atış için hazır hale gelmektedir. Oluşturulan kabarcık (bubble) hidrostatik basınç nedeniyle sıkışıp ufalanır (implosion). Sıkışıp ufalan hava kabarcığının içerisindeki artan hava basıncı nedeniyle kabarcık tekrar genişler (explosion). Bu şekildeki daralıp-genişlemenin yaptığı osilasyon hareketi air gun sinyali üzerinde önemli bir rol oynar ve kayıtlar üzerindeki rezolüsyonu bozar.



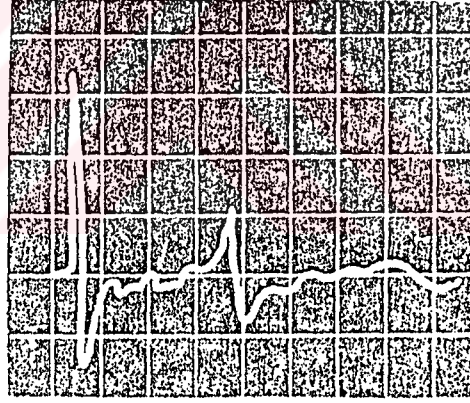
20 kübik inç odacık
hacimli air gun sinyali



120 kübik inç odacık
hacimli air gun sinyali

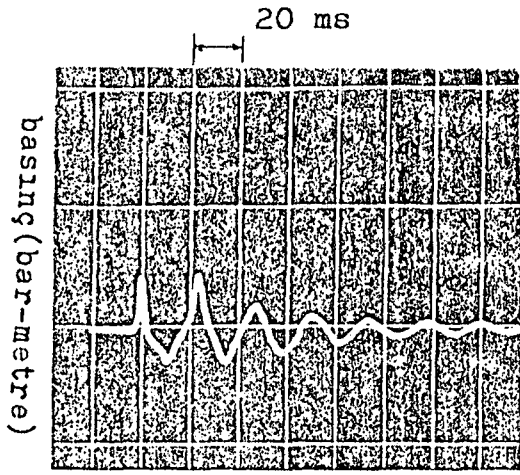


300 kübik inç odacık
hacimli air gun sinyali

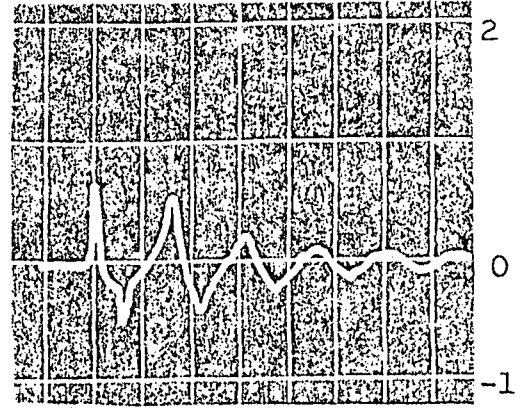


2000 kübik inç odacık
hacimli airgun sinyali

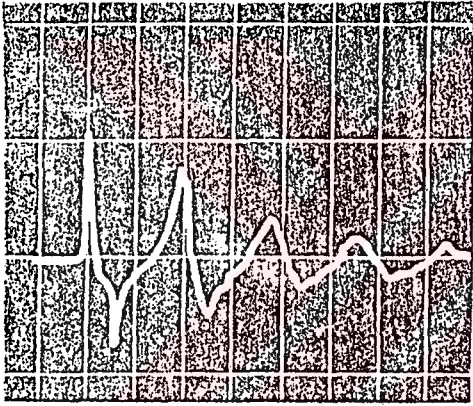
Şekil 4.34.a. Farklı odacık hacimlerinde, air gun basınç sinyallerindeki değişimler. Herbir durumda hava basıncı 2000 psi, tabanca hidrofon aralığı 45 ft, patlatma derinliği 30 ft dir.¹⁰



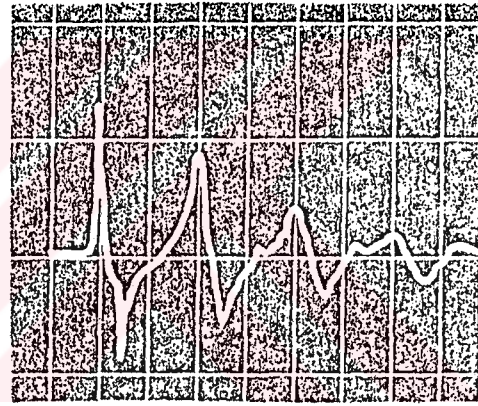
500 psi tabanca basıncı



1000 psi tabanca basıncı

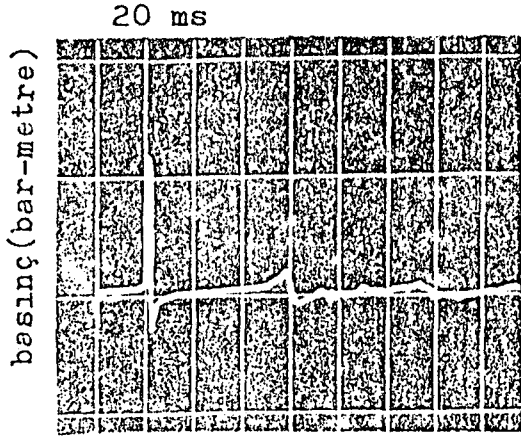


2000 psi tabanca basıncı

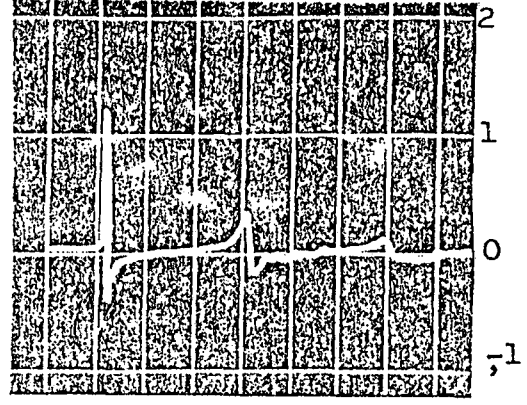


2500 psi tabanca basıncı

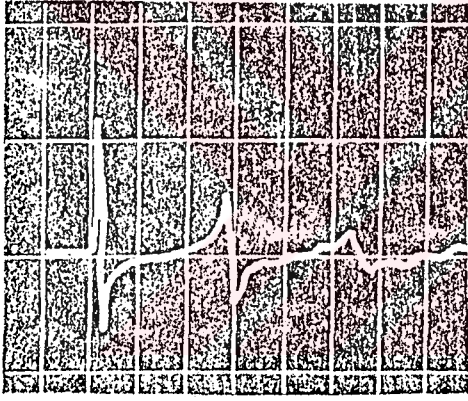
Şekil 4.34.b. Farklı tabanca hava basınçlarında 20 inc³'lük bir air gun için, karakteristik sinyal özellikleri. Tabanca hidrofön uzaklığı 45 ft, tabanca derinliği 30 ft, su derinliği 200 ft dir.¹⁰



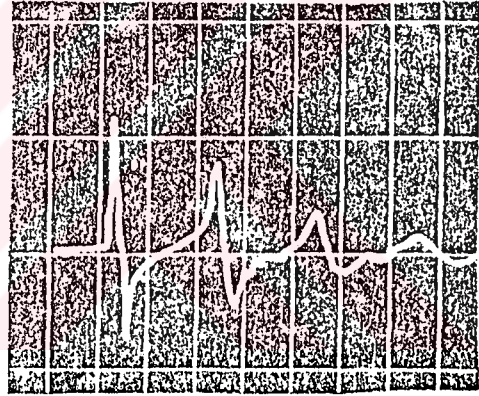
1 ft tabanca derinliği



5 ft tabanca derinliği

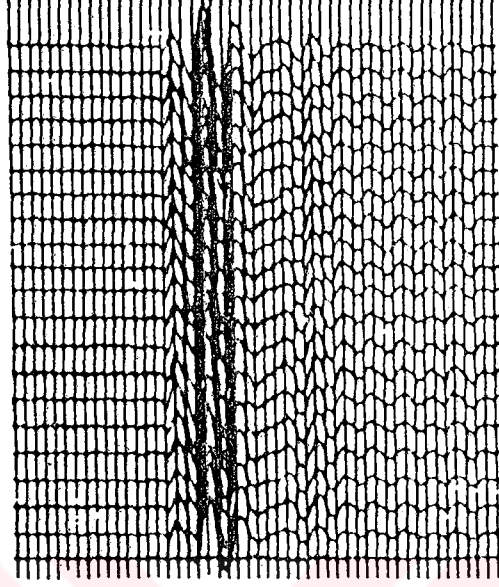


10 ft tabanca derinliği

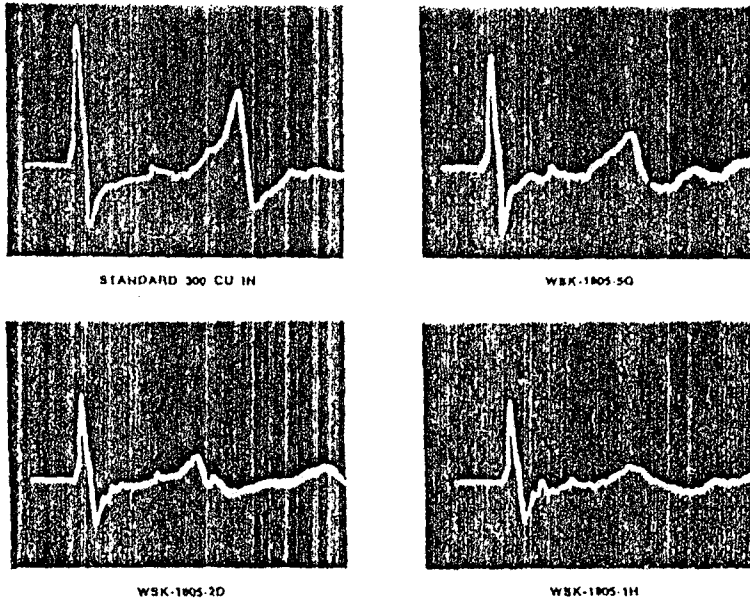


20 ft tabanca derinliği

Şekil 4.34.c.' Farklı patlatma derinliklerine göre air gun basınç sinyalindeki değişimler. Tabanca basıncı 2000 psi, tabanca hidrofon uzaklığı 45 ft, su derinliği 200 ft olarak sabittir.¹⁰

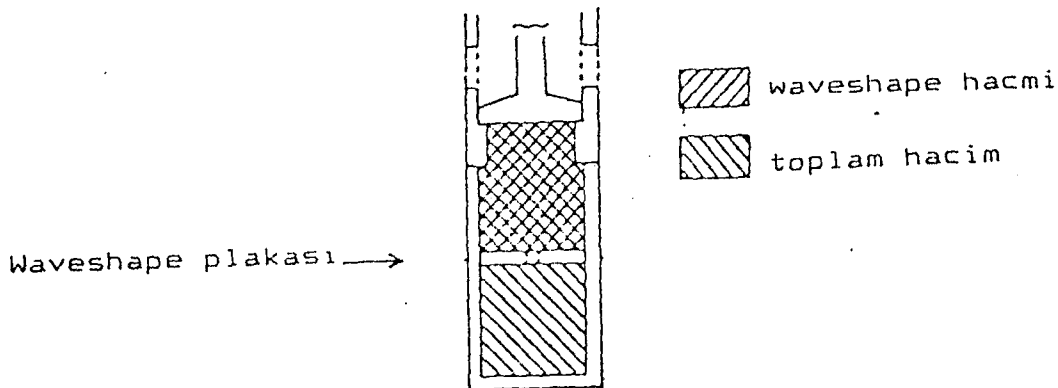


Şekil 4.35. Tabancadan 10 ft uzaklıkdaki bir hidrofona ile kayıtedilen, 10 inc³'lük bir hava tabancasının tekrarlı olarak patlatılması ile oluşan sinyalleri.²

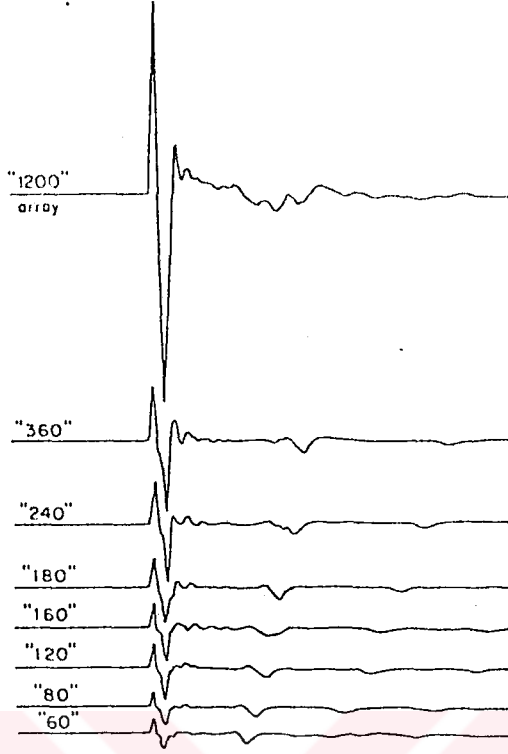


	Std. 300	1805 -5G	1805 -2D	1805 -1H
Nominal Chamber Size (ln ³)	300	300	300	300
Net Chamber Volume (ln ³)	300	277	277	277
Relative Peak Pressure (dB)	0	-1.7	-3.7	-4.3
Actual P1/P2	1.8	3.2	3.8	5.5
Relative P1/P2	1.0	1.8	2.1	3.1
Time, P1-P2 (msecs)	92	80	66	68
Air Use, Equivalent Chamber Size (ln ³)	300	260	260	260

Şekil 4.36. Farklı waveshape kit kullanılarak elde edilen, PAR air gun sinyalleri. P_1 ve P_2 (birincil ve ikincil pulsar) baz alınarak bir karşılaştırması altta tablo olarak verilmiştir.²



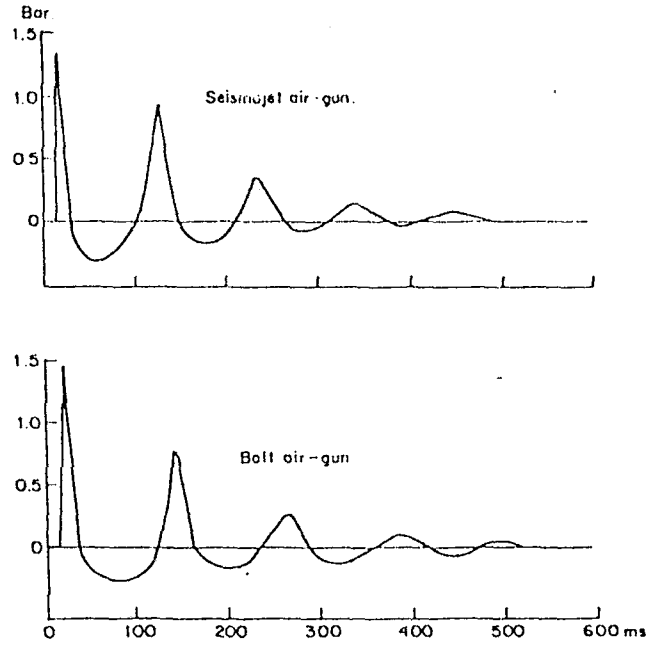
Şekil 4.36.a. Toplam odacık hacmi ve waveshape kit hacim bölgeleri ile kesitinin görünümü.⁸



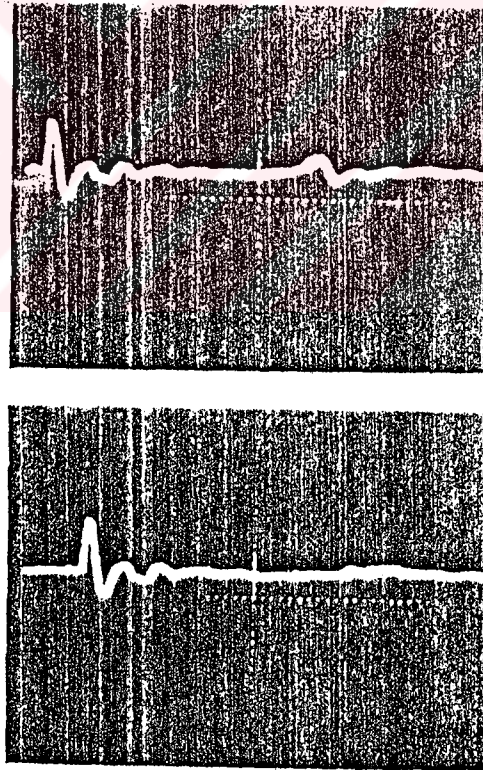
Şekil 4.37. Air gun dizilimi (array) sinyali ve birbirinden farklı büyüklüklerdeki 7 adet tabancanın ayrı ayrı sinyalleri.²

Sismojet (Yüksek Basıncılı Air Gun Ses Kaynağı)

6000 ve 8000 psi basınçlarda, 40-125 inc³lük air gunlarla uygulanan bir sistemdir. Kuyruk etkisinin kontrol edilmesi ve giderilmesi amacıyla kullanılan bir elektro mekaniksel dizinim yöntemidir. Şekil 4.38 'da 15 ft derinlikde patlatılan, 2000 psi lik basınca sahip 300 inc³ lük gun ile 8000 psi basınçlı, 125 inc³ lük tabancaların bir mukayesesi yapılmaktadır. Bu sistemin kabarcık sönmüleme etkisi, Şekil 4.39 'de verilmektedir. Bataklık ve sığ sularda kullanılması da olanaklıdır.



Şekil 4.38. 125 inc³'lük air gun ile 800 inc³ 'lük air gun (2000psi basınçlı) mukayesesi. Air gun - hidrofon uzaklığı 4 ft ve derinliği 15 ft dir.²

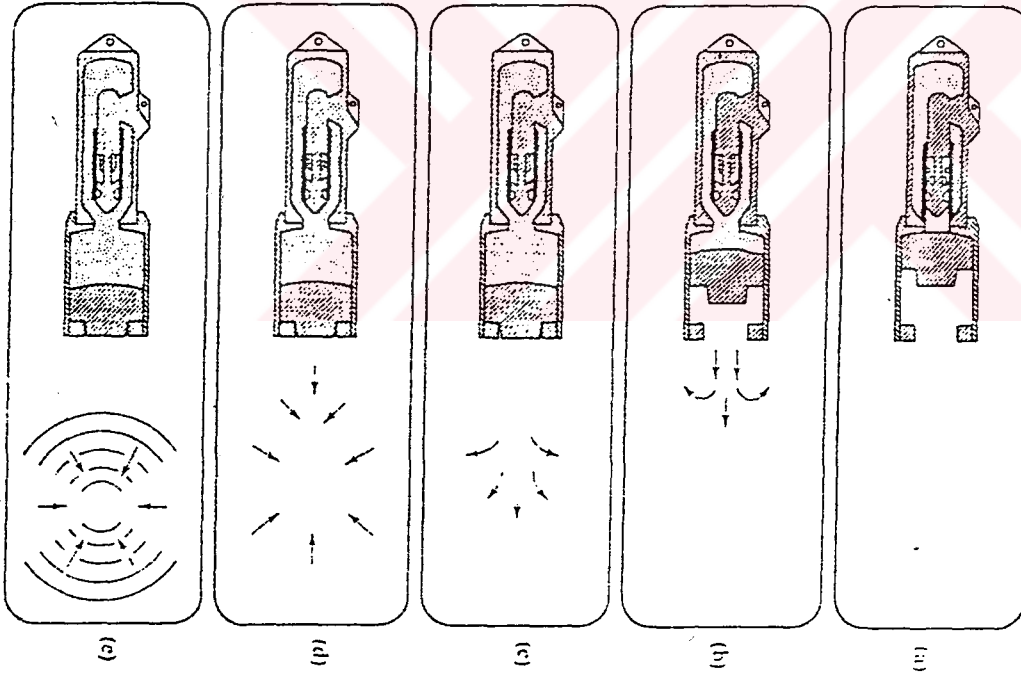


Şekil 4.39. Seismojet (kabarçık sönmülmesi ile); üstte kabarçık (bubble) etkisi, allta bu etkinin giderilmiş hali görülmektedir.²

Water Gun (Su Tabancası)

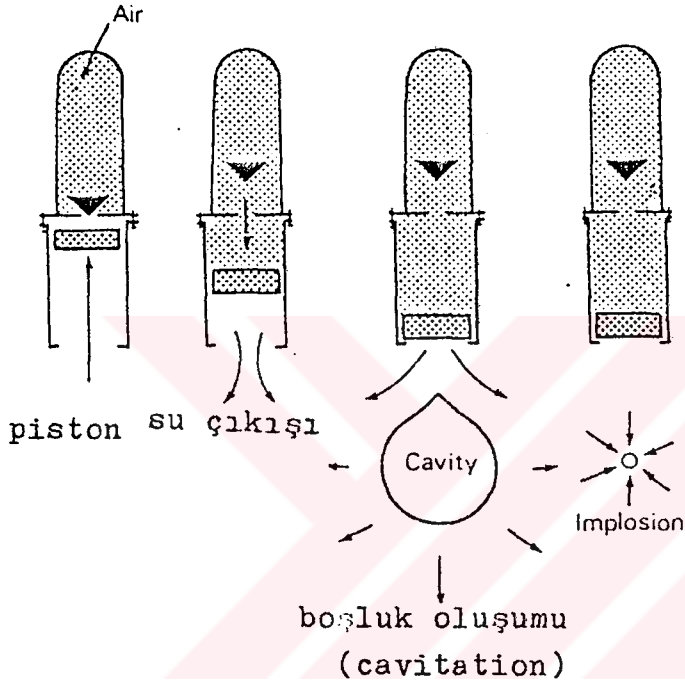
Simplon tipi su tabancası 915 inc³ 'e kadar çıkabilen odacık hacminde ve 3500 psi basınca kadar artırılabilen (amaç doğrultusunda), bir kaç modeli mevcuttur. Water gun çalışma prensibi Şekil 4.40 ve Şekil 4.41 'deki gibidir. Hava tabancasının getirdiği basınçla silindir piston itilir. Şekil 4.40 (a)'da hidrostatik basınç pistonu iter, air gun yüksek hızda (100-200 m/s) pistonu bir elektronik solenoid yardımıyla tetikler ve harekete geçirir. Böylece silindir içindeki suyun aniden bir basınç oluşturur. Bu boşalım Şekil 4.40 (b) ve (c)'deki gibidir. Pistondan ayrılan su bir boşluk (cavity) oluşturur. Şekil 4.40 (d) ve (e)'de bu boşluk ve enerjisi görülmektedir.

Özetle water gun çalışma prensibi, air gunla benzerlik gösterir. Tek farkı air gunda hava basıncı ile, water gunda su basıncı ile kaynak sinyali oluşturulmaktadır. Ateşleme odacığı içerisinde sıkıştırılmış havanın solenoid valf yardımı ile pistonu tetikleyip itmesi ve aniden durmasıyla, ikinci rezervuarda bulunan su, hızla boşalır. Dışarı çıkan bu su kürecikleri Hidrostatik basınç yardımıyla sıkıştırılır (implosion) ve sismik sinyal oluşur. Patlamayı sağlayan hava siboplar yardımıyla dışarı atılır ve piston ikinci bir atış için hazır duruma gelir (şekil 4.41). Bu sistemin avantajı kabarcık etkisinin etkin olarak görülmeşiştir.

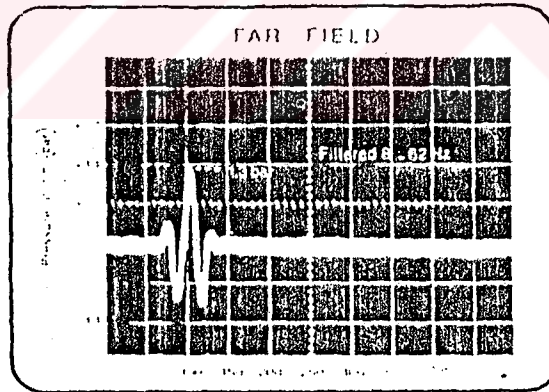
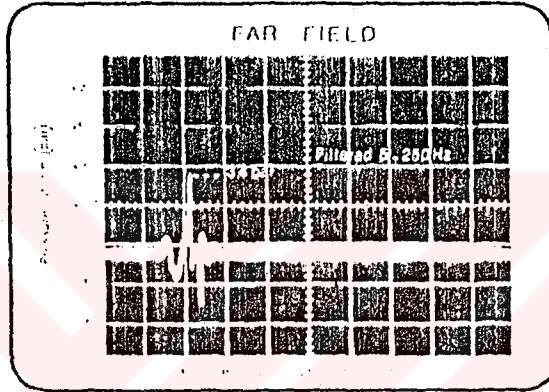
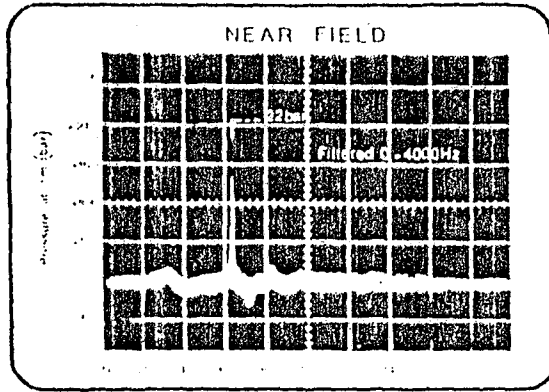


Şekil 4.40. Water Gun Çalışma Prensibi.²

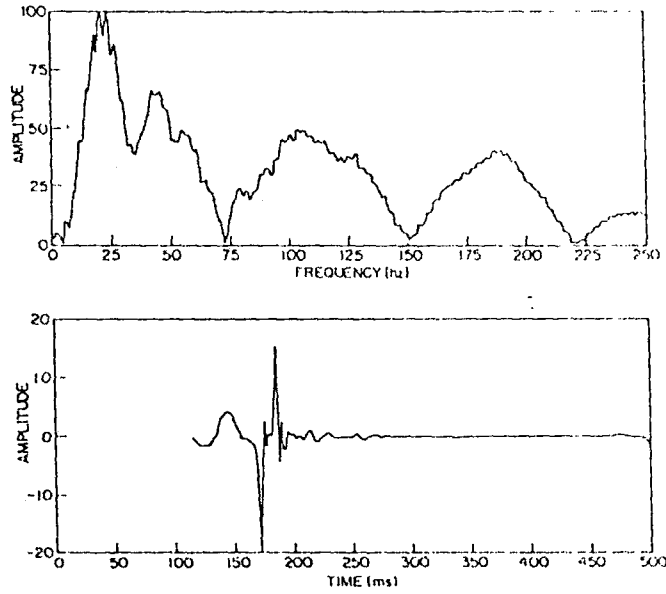
Şekil 4.42 'de 120 inc³ lük 2100 psi hava basıncında ve 10 m derinlikde bir water gun 'nın oluşturduğu filitrelenmiş uzak alan sinyali ve yakın alan sinyalleri görülmektedir. Yine aynı derinlikde ve aynı hava basıncında 540 inc³ lük water gun uzak alan sinyalleri (filtrelenmiş), Şekil 4.43 'deki gibidir. Şekil 4.44 (a)'da bir Mica water gun (120 inc³) tekrarlı atışları ile, 540 inc³ lük Cassios marka water gun (10 metre atış derinliğinde ve 2000 psi basınçda) ateşlenmesi ile, Şekil 4.44 (b)'de oluşan uzak alan sinyali ve genlik spektrumu görülmektedir.



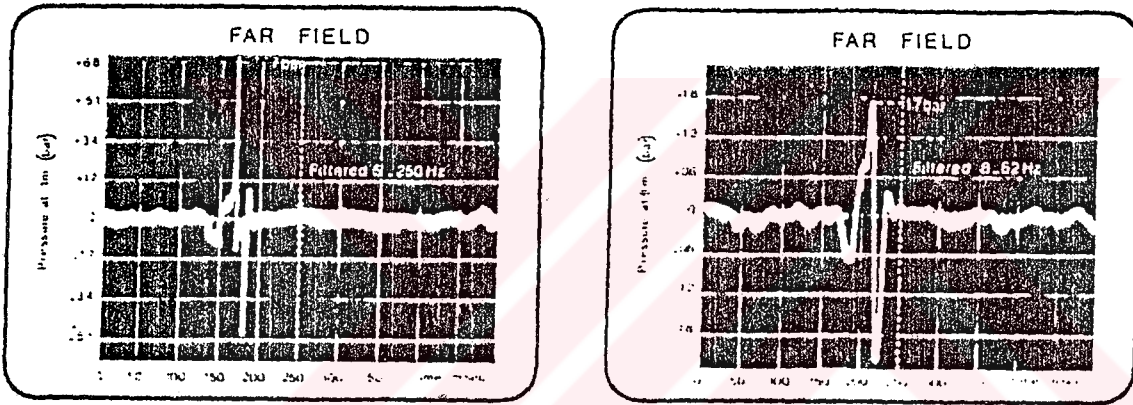
Şekil 4.41. Basitleştirilmiş olarak water gun çalışma prensibi. ⁴⁰



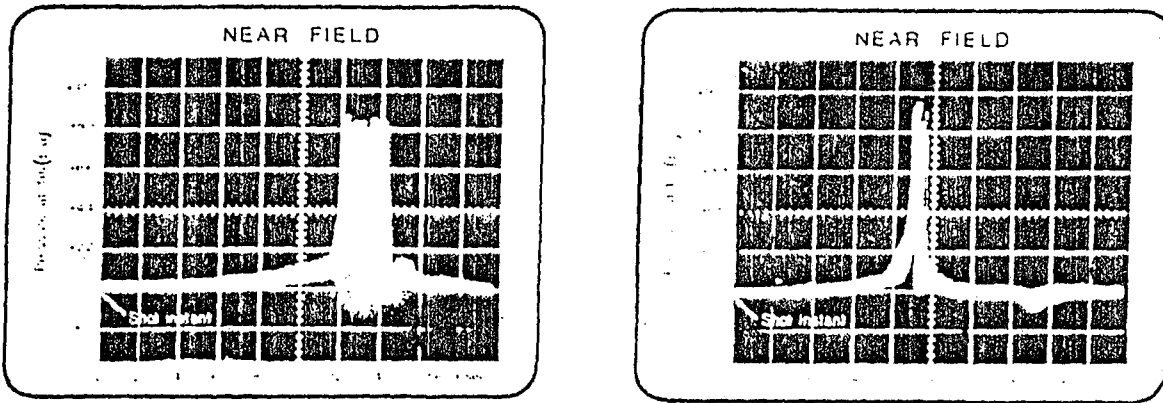
Şekil 4.42. Mica water gun (120 inc³) yakın ve uzak alan sinyalleri.²



Şekil 4.45. Cassios water gun (540 inc³) uzak alan sinyali ve genlik spektrumu.²



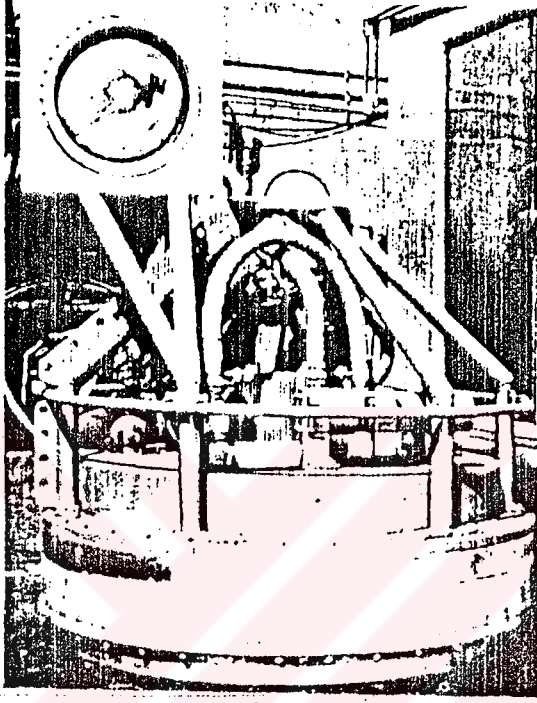
Şekil 4.43. Cassios (540 inc³) water gun uzak alan sinyalleri.²



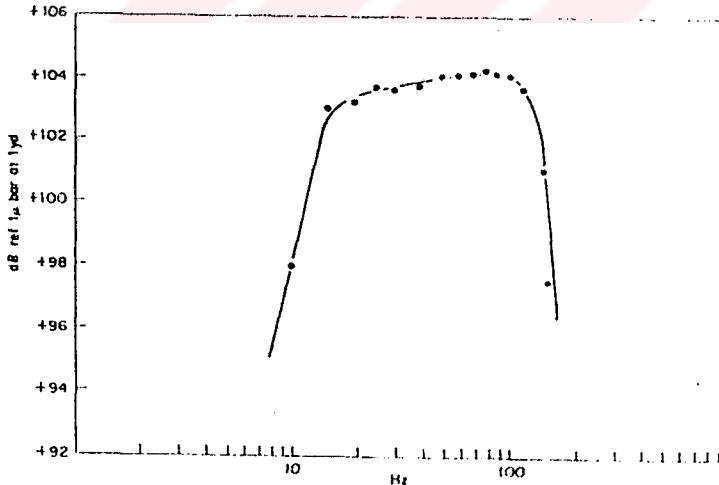
Şekil 4.44. a) Mica water gun tekrarlı sinyali, b) Cassios watergun tekrarlı sinyali.²

Vibroseis (sürekli ses kaynağı)

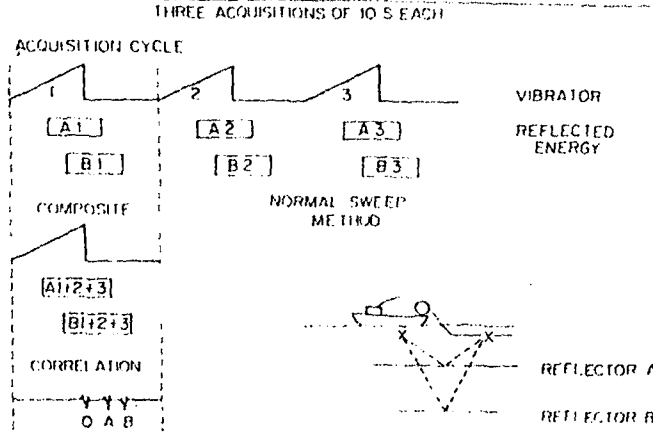
Vibroseis sistemi, 35-40 ft derinlikte çekilen, 4 hidrolik vibratörün çalışması ile kullanımı gerçekleşir. Su pistonunun her vibratörü, yüksek oranlı servo valf ile kontrol edilen hidrolik pompalarla yapılmaktadır (Şekil 4.46.a, Şekil 4.46.b). Bunu takiben seçilen frekanslardaki dalgalar (10-100 Hz) de, 5 sn süpürme aralığında üçlü olarak meydana getirilen (her atış noktasında) kaynağın tipik gösterimi, Şekil 4.47 'deki gibidir.



Şekil 4.46.a. Yüksek güçteki vibroseis.²



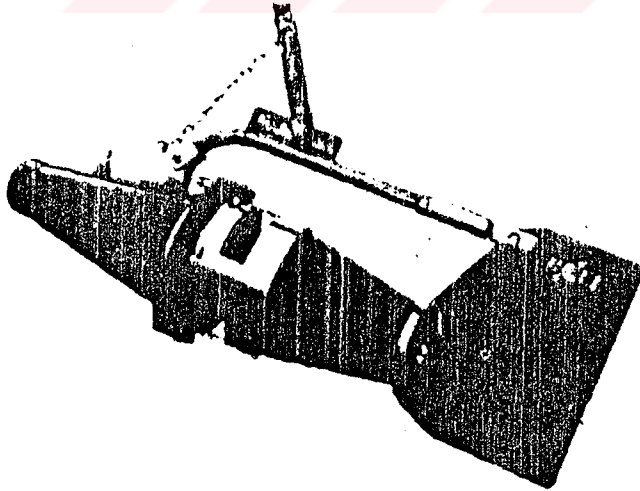
Şekil 4.46.b. Tek bir vibratör cevabı olarak, vibroseis.²



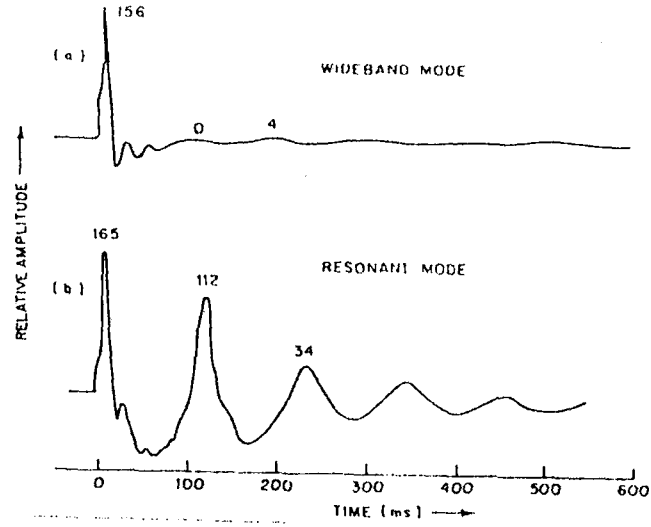
Şekil 4.47 Vibroseis veri toplama yöntemi. Normal sweep metodu.²

Magnetik Air Gun (Alçak Basıncılı Air Gun Ses Kaynağı)

Şekil 4.48 'deki gibi, herbiri 650 lb ağırlıkta olan, 2 ve 4 tabanlı bir sistemdir. Burada kullanılan basınç 500 psi (her tabanca için) olup geminin 30-40 ft arkasından çekilebilmektedir. Buna örnek 1550 inc³lük tek bir tabanca sinyali, normal ve dalgacık modunda beraberce, Şekil 4.49 'da verilmektedir.



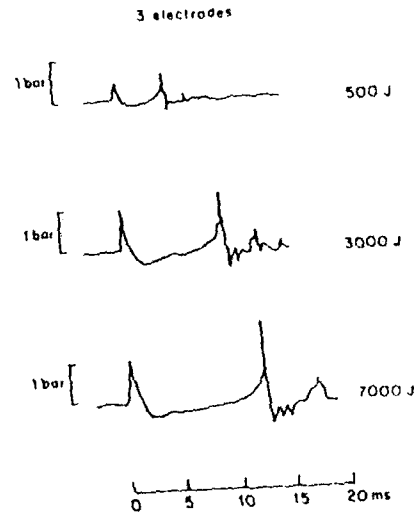
Şekil 4.48. Magnetik air-gun.²



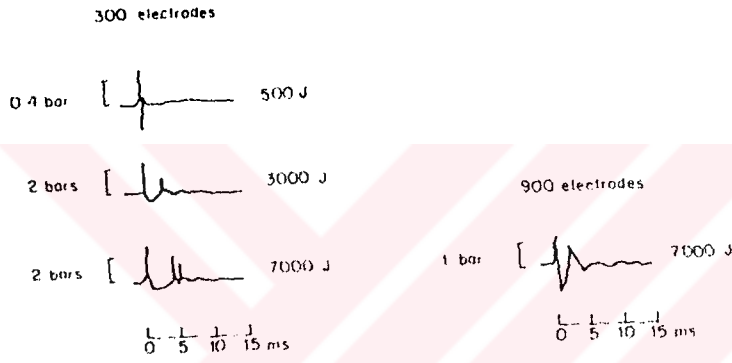
Şekil 4.49. Magnetik air gun sinyalleri; a) geniş band modunda, b) rezonant modda.²

Sparker (Elektiriksel Boşalım Kaynağı)

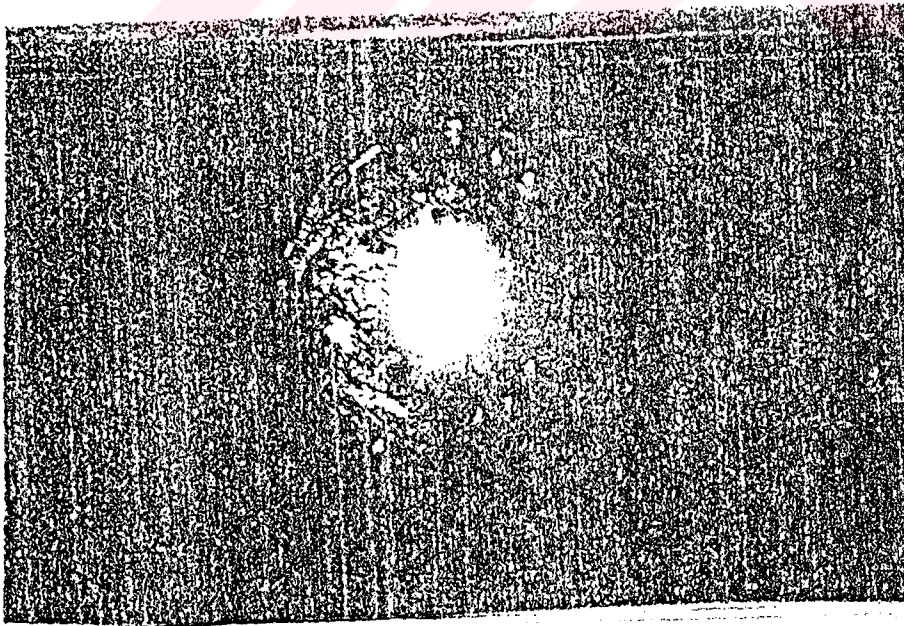
Deniz suyuna elektrik arkı yoluyla akustik enerji verilir. 3-10 Kvolt'luk yüksek yüksek voltajla enerji verebilecek kapasitörler jeneratörle doldurulur. Sığ penetrasyon ve yüksek ayrımlı deniz sismik araştırmalarında, kaynak sinyali olarak kullanılır. Su altındaki bir elektrodan boşalan yüksek voltaj bir kabarcık (bubble) oluşturur. Bu kabarcık veya plasmanın hızlı genişlemesi ana (baş) akustik enerji pulsunu oluşturur. Bunun hızlı çökmesiyle oluşan ikincil pik ki, bu pik genellikle başlangıç pulsundan daha büyüktür (Şekil 4.50). Elektrotların artırılması ve dizilimi yapılmaması suretiyle, daha kısa bir puls elde edilmesi mümkündür (Şekil 4.51). Şekil 4.52 'de kıvılcımın (spark) yüksek hızlı bir fotoğrafla görüntülenmesiyle oluşan kıvılcım resmidir. Şekil 4.53 'de çeşitli kıvılcımların su altında oluşturduğu sinyal örnekleri görülmektedir.



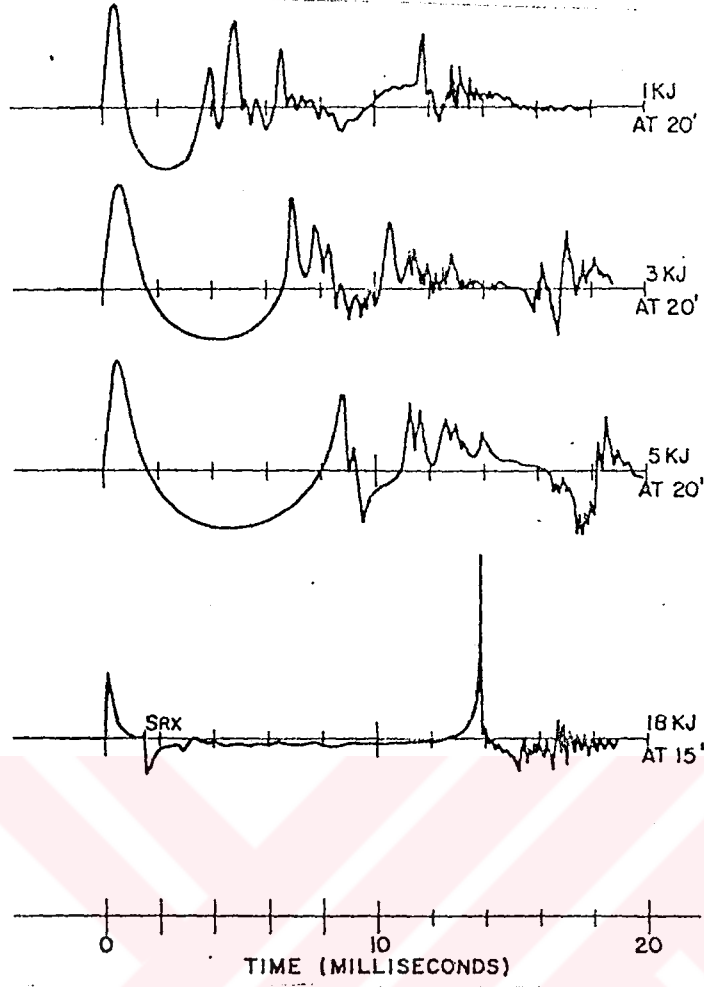
Şekil 4.50. Çeşitli enerji modlarında sparker sinyalleri. Kaynak derinliği 5 metre ve 0-15 kHz de kayıtlıdır.²



Şekil 4.51. 300 ve 900 elektrotlu sparker sinyalleri.²



Şekil 4.52. Yüksek hızlı bir fotoğraf yardımıyla su altında görüntülenen sparker kıvılcımı (spark).⁴



Şekil 4.53. Çeşitli enerjilerdeki sparker sinyallerinin oluşumu (Kramer et.al, 1968).

O.R.E (Mühendislik Amaçlı Sığ Sismik Sistemi)

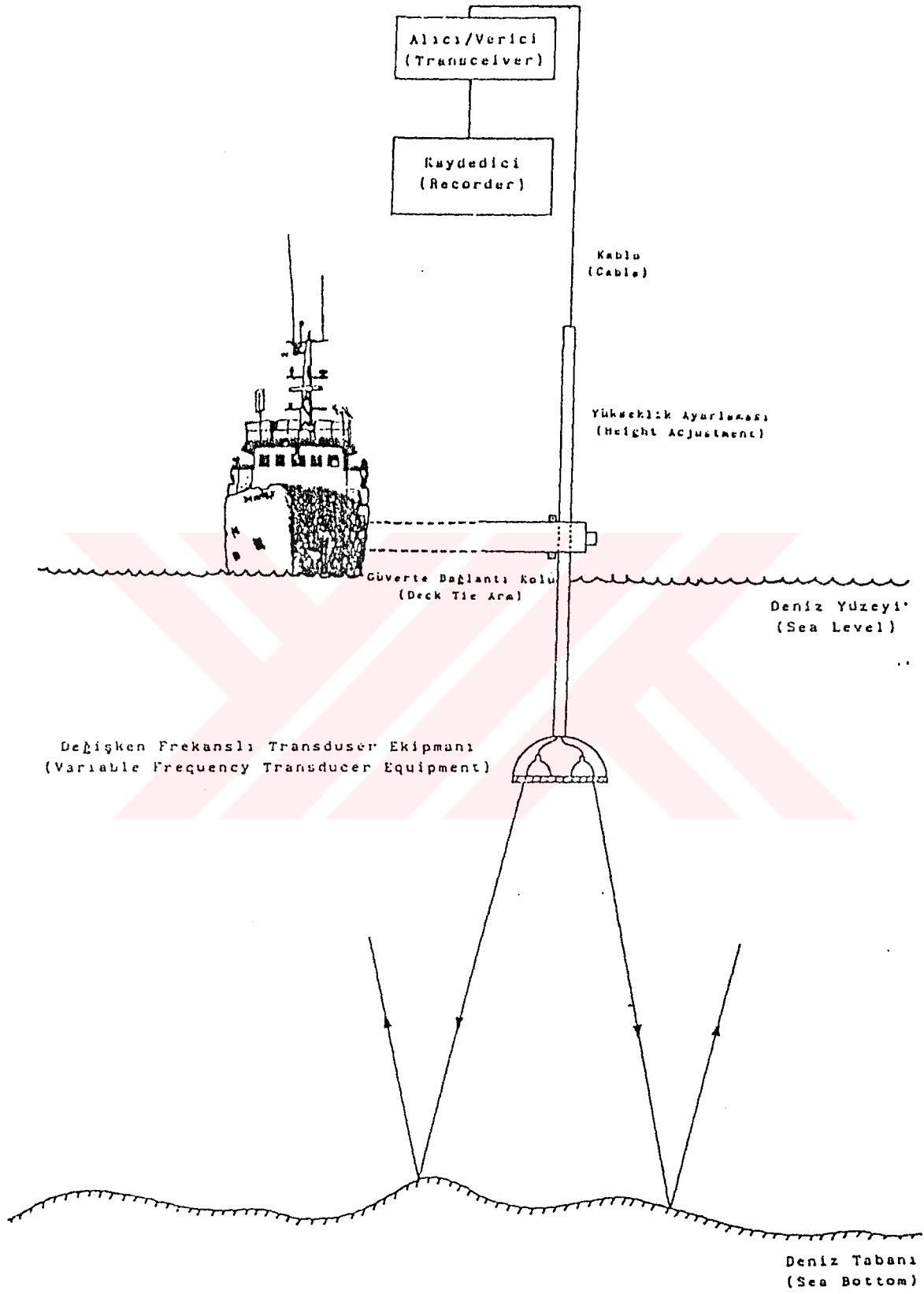
Deniz tabanı altında yeralan zeminin sismik özelliklerini incelemek amacıyla yapılan ölçümlerinde "O.R.E Model 1032" mühendislik sismik sistemi (sub-bottom profiler system) yaygın olarak kullanılır. Şekil 4.54 'de şematik olarak gösterilen sistem, şu birimlerden oluşur.

- Transceiver "O.R.E. Model 140"
- Transduser array "O.R.E. Model 137 D"
- Grafik kayıtcı "E.P.C. Model 3200"
- Transduser askı ünitesi "O.R.E. Model 132 B" ve bağlantı kabloları.

Transceiver (transmitter-receiver); bu birimde gemi bordasından alınan 110 VAC voltaj, transceiver içerisinde bulunan kondansatörlerde biriktirilir. Biriken bu enerji, elektrik enerjisini akustik enerjiye çeviren transduserlere gönderilir. Transduserler tarafından elektrik enerjisinin akustik enerjiye dönüştürülmesi ile su içerisinde yaratılan basınç farklılığının oluşturduğu sinyal, dalga yayılım teorisine göre su ve daha sonra deniz tabanı altındaki zemin katmanlarında yayınıma geçer. Deniz tabanı ve altındaki katmanlarından gelen yansımış dalgalar, akustik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren transduserler sayesinde tekrar elektrik enerjisine dönüştürülür. Bunun sonucunda transduser kutuplarında meydana gelen son derece küçük gerilimler, transceiver içerisinde yeralan yükselticiler aracılığı ile kuvvetlendirilir. 1-12 Khz arasındaki frekanslarda, üretilebilen impulsun gücü 10 KWatt'a kadar artırılabilir. Ünitadaki verici (transmitter) kısmında, üretilecek olan impulsun ana frekansı ve kapsanacak harmoniklerin sınırlarını belirleyen band genişliği seçimi yapılır. Band genişliği için alışılmış bir değer olarak 3.5 ± 0.5 KHz verilebilir. Üretilen pulsun devam süresini gösteren puls uzunluğu ise, 0.2 ms - 10 ms arasında basamaklı olarak veya harici bir zaman penceresi kullanılmak suretiyle (örneğin kayıtcı yardımıyla) istenen bir değere ayarlanabilir. Bu ünitenin alıcı (receiver) kısmındaki frekans değeride, "tune" yapılarak gönderilen pulsun frekansına göre ayarlanır. Bunun içinde alışılmış bir değer olan 3.5 KHz verilebilir.

Akustik enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesi ile transduserlerden gelen çok küçük gerilimler, alıcı kısmında kuvvetlendirilir. Daha geç ulaşan yani daha derin tabakalardan gelen sinyallerin göreceli olarak daha zayıf olması nedeniyle kuvvetlendirilmesinde kazanç faktörü değişken olarak kullanılmaktadır. İlk algılanan sinyaller ile sonradan gelen sinyallerin kazanç katsayısı otomatik olarak TVG ile, yani zamanla artan bir kazanç (time varying gain) şeklinde değişir. TVG yükselticisinin dinamik sınırı 30 DB'dir ve TVG gecikmesi 1 milisaniye ile 1 saniye arasında ayarlanabilir. TVG rampasının taban ekosunu gördüğü yerde otomatik olarak başlaması sağlanabilir.

Sismik pulsun penetrasyonu (derine nüfuziyeti) ile rezolüsyonu (göreceli ayrımlılığı) arasında puls uzunluğu,



Şekil 4.54. O.R.E. Mühendislik sismik sisteminin şematik olarak gösterimi.

frekans ve güç faktörlerine bağlı olarak şu ilişkiler bulunmaktadır.

- Çalışma frekansı azaldıkça veya frekans bandı daraldıkça penetrasyon artar, rezolüsyon azalır
- Puls uzunluğu arttıkça rezolüsyon azalır, penetrasyon artar.
- Puls gücü arttıkça (0-10 KW) penetrasyon artar.

Transduser-array "O.R.E. Model 137 D"; Piezo-elektirik özelliğe sahip bir piezooksit keramik malzemedan yapılmış olan transduserler, yukarıda belirtildiği gibi elektirik enerjisini akustik enerjiye çevirirler. Buna karşılık algıladıkları akustik enerjide elektirik enerjisine çeviren bu aygıtlara elektro-akustik-elektro dönüştürücüler gözüyle bakılabilir. Transceiver ünitesinin verici kısmından gelen bir puls, bu elektro-akustik dönüştürücüler tarafından su içerisinde bir sismik pulsa çevrilir. Bu sismik pulsun frekansı vericiden gelen elektrik pulsunun frekansına eşittir. "O.R.E Model 137 D" tipi transduserler 3-7 KHz arasında frekanslardaki sinyaller için duyarlıdır. Diğer bir deyişle vericilerden gönderilen pulsun frekansı verici frekans bandı içerisinde bulunmaktadır. Buna göre transduserlere gelen sismik sinyalde aynı frekans içerisinde kaldığından, algılanıp transceiver ünitesinin alıcı kısmına ulaşmaktadır. Transduserler için gelen puls, maximum 10 KW gücünde olacaktır.

Transduserlerden yayımlanan sinyalin frekansı ile konik hüzme açısı (beam angle) arasında ters bir orantı mevcut olup, frekans arttıkça hüzme açısı daralmaktadır. Sözkonusu açılar "O.R.E. Model 137 D" için şu şekildedir;

3.5 KHz	de	55° hüzme açısı
5.0 KHz	de	40° hüzme açısı
7.0 KHz	de	30° hüzme açısı

Dört transduserden oluşan "O.R.E Model 137 D" tipi array 'de her biri 200 Ω empedansında transduserler paralel olarak bağlanmışlardır ve dördüde hem alıcı, hemde verici olarak çalışmaktadırlar. Buna karşılık transduserlerden ikisinin verici, diğer ikisinde alıcı olarak ayarlanabilmesi olanağında bulunmaktadır.

Transduser askı ünitesi, gemi bordasına bağlanmış bir durumda, Şekil 4.54 'de görülmektedir. Burada transduser derinlikleri ayarı yapılabilmektedir. Ayrıca bu ünite dalgalı havalarda sönümleyici gibi davranarak gemi bordasını salınımlarını bir kısmının transduserlere aktarılmasını önlemektedir. Transduser buradan bir soket ile gemideki kayıtçı sistemine bağlantılıdır.

Uniboom Sismik Sistemi " E.G.&G. Model 230" (Boomer)

Bu sistemde orta sıklıktaki derinliklerde bulunan tabakalar için yeterli ayrımlılık sağlanabilmektedir. Uniboom hem enerjinin derine nüfuz etmesi ve hemde tabaka ayrımlılık özelliği açısından, mühendislik sismik sistemi ile air gun sismik sistemi arasında yer alır. Burada kullanılan enerji kaynağı, Mühendislik Sismik Sisteminde kullanılan transduser olmakla beraber farklılık olarak alıcı sistem streamer vasıtasıyla sağlanmaktadır. Şekil 4.55 'de şematik olarak gösterilen sistem şu birimlerden oluşmaktadır:

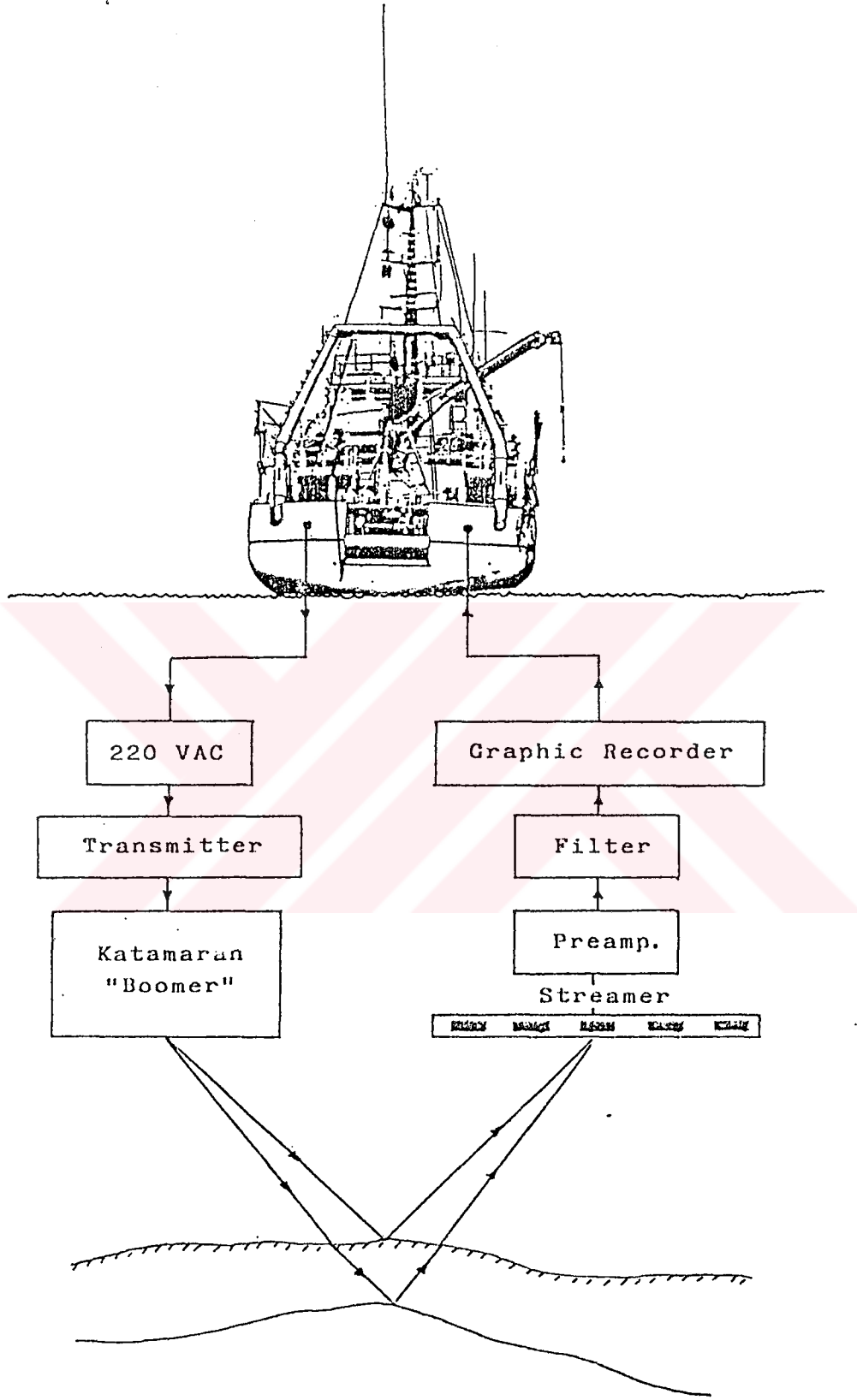
- Güç kaynağı,
- Akustik enerji kaynağı (katamaran),
- Akustik alıcı ünitesi (streamer),
- Band geçişli süzgeç (analog, butterworth)
- Grafik kayıt ünitesi "E.P.C. Model 4603 veya 3200"

Güç kaynağı için, gemi bordasından alınan 220 VAC voltaj, güç kaynağı içerisinde bulunan kondansatörlerde biriktirilir. Biriken bu elektrik enerjisi, ünite içerisinde bulunan "ateşleyici" tarafından boşaltılarak, gemi arkasından çekilen katamaran üzerindeki transduser (boomer) gönderilir. Transduserlerde bu elektrik enerjisi, mühendislik sismik sisteminde anlatıldığı gibi, akustik enerjiye çevrilir.

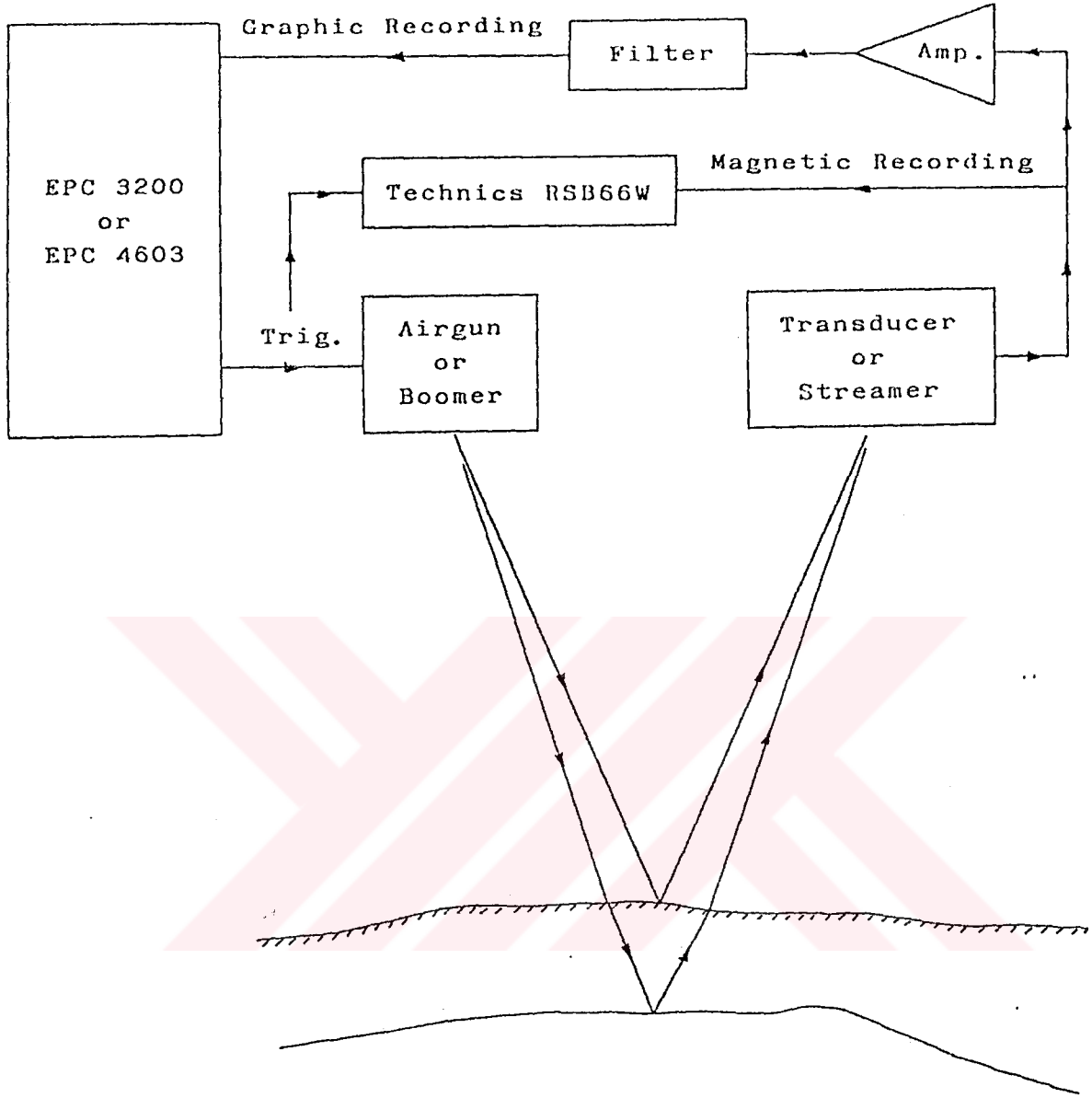
Bu şekilde su içinde yayınıma geçen akustik dalgalar deniz altı ve daha aşağısındaki tabakalardan yansarak su yüzüne gelir. Ancak bu sistemde, gelen dalgalar mühendislik sismik sisteminde olduğu gibi yine transduser tarafından algılanmaz, bunun için air gun sisteminde olduğu gibi özel bir alıcı ünitesi olan "streamer" kullanılır. Güç kaynağı "E.G. & G. Model 234" deki kondansatörlerde 3500 VDC nominal voltajın transduserlere boşaltılmasını sağlayan ateşleme ünitesi (ignition), grafik kayıt ünitesinden gelen +5 VTTL ile tetiklenir. Güç kaynağı içerisinde bulunan kondansatörlerin, ünitenin üst kapağı açılarak 100, 200 veya 300 joule'lük bağlantılarından herhangi biri seçilmek suretiyle kolaylıkla yapılabilmektedir. Katamaran üzerine monte edilmiş olan "Boomer" (elektromanyetik türü) bir transduserden oluşmaktadır. 400 Hz ile 14KHz'lik band içerisinde sinyaller üretilebilen transduser'in enerji seviyesi 300 joule için 1 m derinlikte 107 dB/microbar dır. Patlatma sıklığının maximum 6 puls/sec kadar olabildiği transduserin ürettiği puls uzunluğu 0.2 ms olup, üzerinde bulunduğu katamaran ile birlikte maximum çekilme sürati 6 Knots'dır.

Grafik Kayıtçı (Recorder E.P.C. Model 3200)

Hidrofonlar tarafından algılanıp streamer içerisindeki bir ön yükselticiden geçen sinyaller bir analog (Butterworth) band geçişli süzgeçe gelmektedir. Burada aynı zamanda 20 dB'lik bir kazanç ile yükseltilen sinyaller arzu edilen bir frekans bandında süzülerek grafik kayıt ünitesi EPC 3200'e gelir (şekil 4.56). Burada sinyaller, kazanç (gain) ayarlaması şeklinde tekrar kuvvetlendirilir ve özel elektostatik kuru kağıt üzerine grafik olarak kayıt edilir. Kayıtçı (recorder), ateşleme kutusu FC-1D'ye solenoid valfi açması için gerekli akımı göndermesi için 1ms süreli, ve 5 V 'luk kare puls şeklinde TTL tetik sinyalini gönderir. Tetikleme zamanları,



Şekil 4.55. Uniboom sismik sisteminin şematik gösterimi.



Şekil 4.56. Tek kanallı sismik kayıt alım tekniği.

çizici ucun kağıdın bir kenarından diğer kenarına gidiş zamanı ile bağlantılı olarak kayıtçı (recorder) üzerinden seçilir. Treshold ile sinyaller belirli bir seviyede kesilirler ve çizici uç (stylus) kağıt üzerine bu seviyedeki sinyal genişliği kadar bir çizgi çizer. Bu ard arda çizilen çizgilerden uyumlu (coherent) olanlar, yani belirli bir sebep nedeniyle birbirleriyle uygunluk gösterenler, yanyana sıralandıklarında sürekli bir hat oluştururlar. Ancak uyumsuz (incoherent) olanlar (beyaz gürültü vb.) hiçbir zaman yanyana gelemeyeceklerinden kağıt üzerinde belirli bir hat yerine karma karmakarışık çizgiler çizerler ve kağıdı geliş güzel karalarlar. Treshold seviyesinin doğru bir sinyal/gürültü oranında seçimi ile bu uyumsuz çizgilerin önemli ölçüde, hatta uygun şartlarda tamamen edilmeleri mümkündür. Bu durumda kağıt üzerinde sadece deniz tabanı ve onun altındaki katmanları görülür.

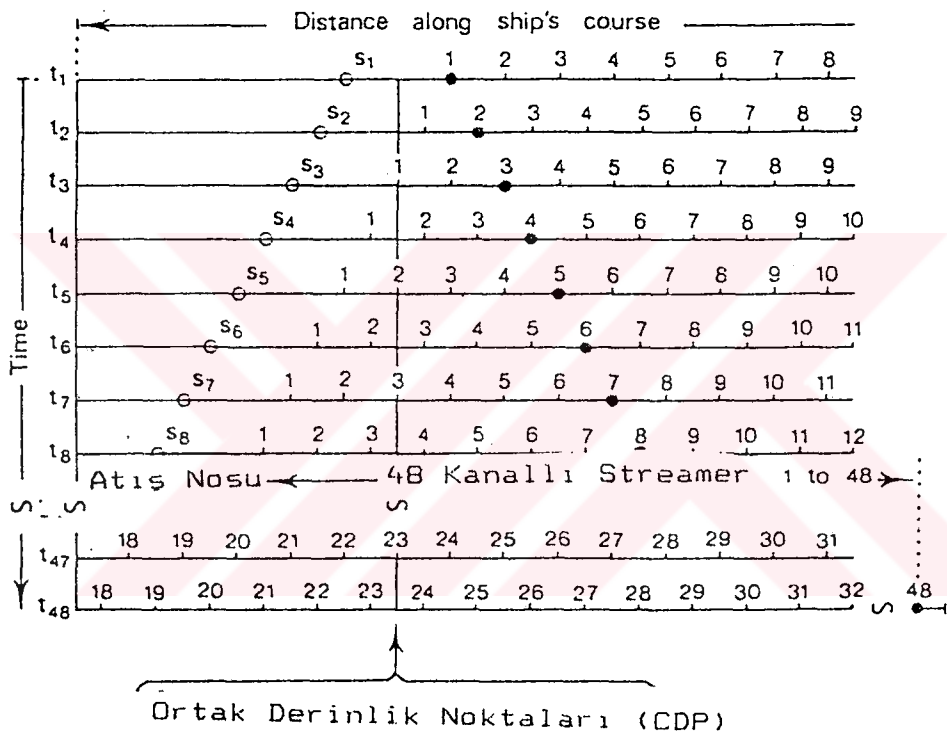
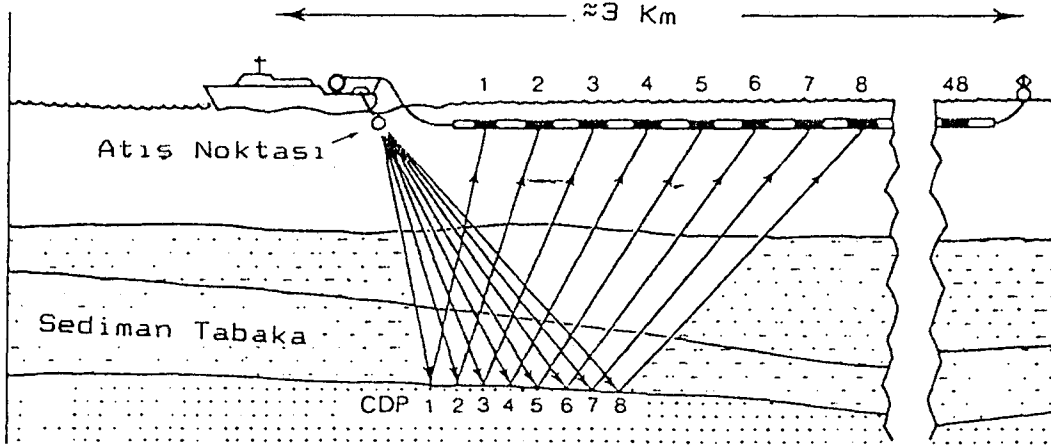
Kağıttaki yatay ölçek (x) gemi süratı ile orantılıdır. Düşey ölçek ise saniye cinsinden gidiş geliş zamanı olup hiçbir zaman doğrudan derinlik (z) ekseni diye düşünülmemelidir. Ölçek değerlendirme kolaylığı bakımından grid çizgileri ile 10 eşit zaman aralığına bölünmüştür. Kayıtları belirli anlarda işaretlemek için, kayıt üzerine elle verilen komutlar veya harici bir üniteden gelen sinyaller ile "fix" (marker) hatları işaretlenir. Süpürme yönü (sweep direction) kayıt polaritesi (print polarity), tetikleme seviyesi ve modu (trigger level and mode) v.b. bazı ayarlar kayıt esnasında amaca uygun olacak şekilde yapılmaktadır.

Kayıtçı ile sismik veri aynı zamanda sayısal olarak, üzerinde bulunan bir soket vasıtasıyla alınarak manyetik bant üzerine depolanabilmektedir.

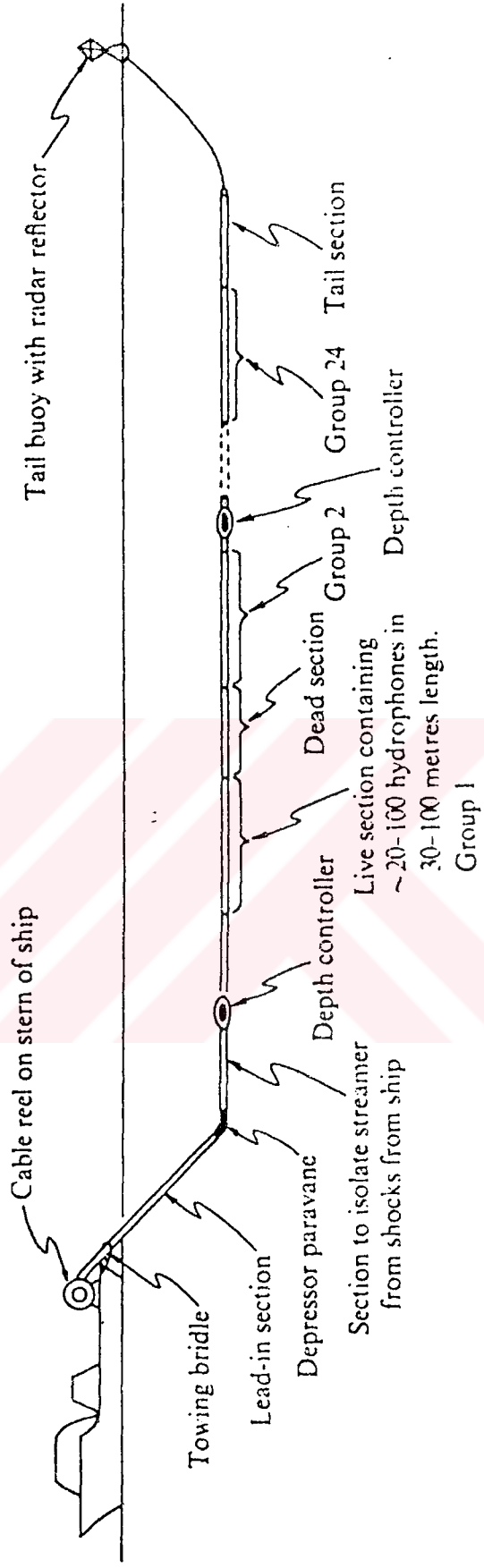
Alıcı Sistemi (Streamer)

Benthos tipi bir tek kanallı streamer, 24 dB'lik bir ön yükselticisi bulunan ve paralel bağlanmış 10 adet hidreofondan oluşmuş bir cihazdır. Elektiriksel olarak bir hidrofonsun bir seri kapasitörden oluşan bir voltaj kaynağına benzer. Voltaj aynen frekansta olduğu gibi, doğrudan basınç ile orantılıdır. Basınç ve voltajla ilgili sabit, duyarlılık (sensitivity) olarak adlandırılır ve 1 volt baz alınarak 1 mikrobar başına desibel (dB) cinsinden düşen kazanç ile ölçülür. Bir hidrofonsun duyarlılığı yaklaşık -103 dB/Volt/mikrobar'dır. Sistem, 0.5 KHz ile 3 KHz arasındaki sinyaller için duyarlıdır. Kendi başına yüzebilen streamer'ın içi deniz suyu ile en optimal akustik empedansı sağlaması için, kerosen ile doldurulmuştur.

Şekil 4.57 'de çok kanallı veri toplama amacı ile kullanılan streamer, Şekil 4.56.a 'da da veri toplama tekniği görülmektedir.



Şekil 4.56.a. Denizde çok kanallı sismik kayıt alım tekniği. (Ortak yansıma noktaları, CDP lerin üst üste getirilip toplanmaya olanak verecek şekilde), Quillin R. Mc. et.al., 1984).



Şekil 4.57. Denizde çok kanallı sismik veri toplamak için kullanılan streamer (Sheriff, 1973).

Yanal Taramalı Sonar "E.G. & G. Mark 1 B"

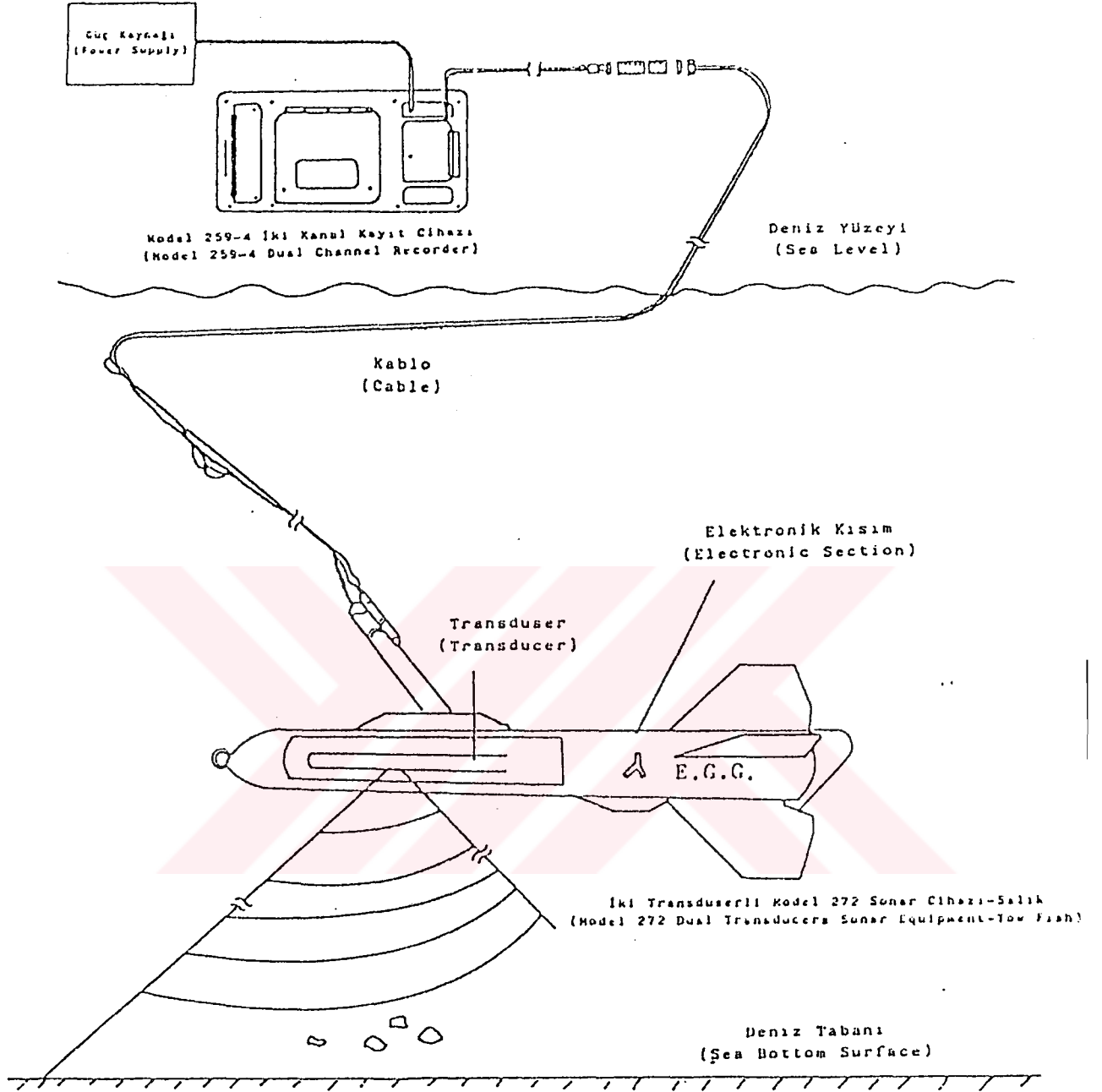
Yanal taramalı sonar sistemi iki kanallı bir grafik kayıtçıdan, transduserleri üzerinde taşıyan bir balıktan ve bağlantı kablolarından oluşmaktadır. Şekil 4.58. de şematik olarak portatif sistem, batarya veya gemi bordasından alınan enerji ile çalışır. Yanal taramalı sonar genel olarak iki ana birimden oluşur.

- İki transduserli sonar cihazı - Balık "E.G. & G. Model 272", ve kablolar,
- Kayıt ünitesi "E.G. & G. Model 259-4" ve güç kaynağı

Sinyal verici ve alıcı transduserler, en kötü hava şartlarında dahi kayıt bozukluklarını aza indirgeyebilmesi amacı ile, gemi gövdesi yerine, hidrodinamik özelliğe sahip balık üzerine yerleştirilmiştir. Balık, bağlantısı bir kablo ile sağlanarak genellikle geminin yanında veya arkasında denize verilir. Balığın gemi gövdesi ile mekanik bir bağlantısı bulunmadığı için geminin düzensiz hareketleri kayıt üzerinde ihmal edilebilecek etkileri yaratabilirler. Balık genellikle deniz tabanından, seçilen tarama genişliğinin % 10 - 20 si mertebesinde bir yükseklikte çekilir. Uzunlukları 50 m, 150 m, ve 600 m, olmak üzere üç türlü çekim kablosu mevcuttur. Balığın çekilme derinliği, kullanılan kablo uzunluğu, gemi hızı ve ani dönüşler derine inmesine neden olduğundan gemi rotası ile kontrol edilir. Çekme derinliği E.G. & G. çekme depresörü kullanarak dahada artırılabilir. Balığın üzerinde yer alan transduserler, elektro-akustik-elektro dönüştürücülerdir. Bu elemanlar kayıtçıdan (recorder) aldıkları tetikleme (trigger) sinyali yardımıyla, 105 ± 10 KHz frekansındaki sinyallerin tabandan gelen yansımalarını algılayarak yükseltmek ve kayıt edilmek üzere kayıtçıya iletirler. Bu sırada her iki transduser birbirlerinden bağımsız şekilde kontrol edilebilir ve gemi gidiş yönüne göre, sancak-iskele olmak üzere farklı iki bölgeyi tararlar. Transduserlerin sinyal üretme sıklığı ile tarama genişliği (rang) arasında, aşağıda gösterilen ilişkiler vardır.

Tarama Genişliği (m)	Sinyal Üretme Sıklığı (puls/sn)
50	15.00
100	7.50
150	6.00
200	3.75
250	3.00
500	1.50

Grafik kayıtçı ünitesi hem grafik kayıt mekanizmasını, hem de sistem için gerekli elektroniğin büyük bir kısmını kapsar. Bu eleman balık üzerindeki transduserler aracılığı ile üzerinden geçen bölgeye ait denizaltı morfolojisini, özel bir kağıda merkezden sancak veya iskele yönlerinde olmak üzere iki kanalda çizer. Kağıt üzerinde her 25 metrede bir ölçek çizgileri mevcut olup kağıt hızı 100, 150 veya 200 çizgi/inch olarak seçilebilir.

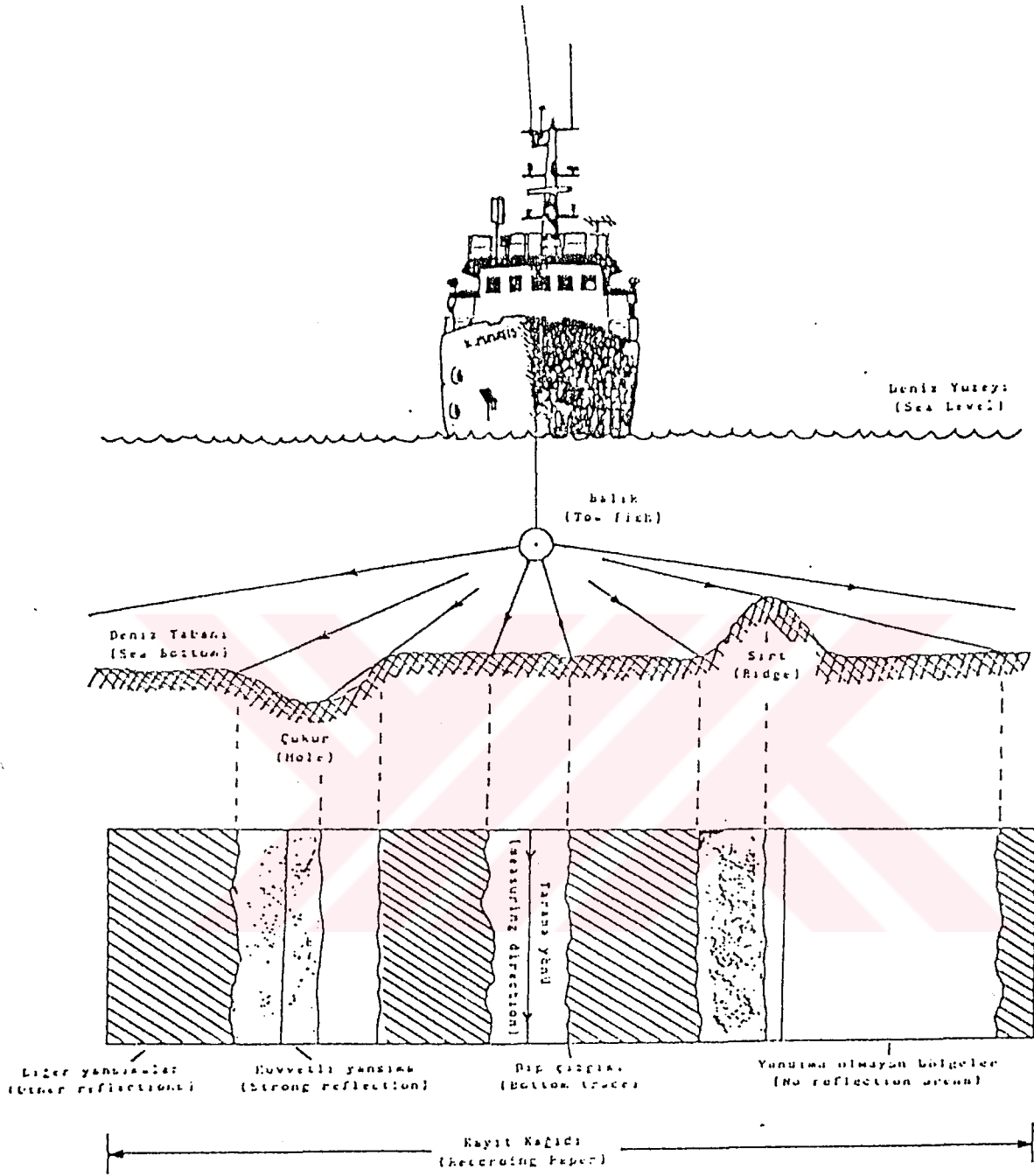


Şekil 4-58 Yanal taramalı sonar sisteminin şematik gösterimi.

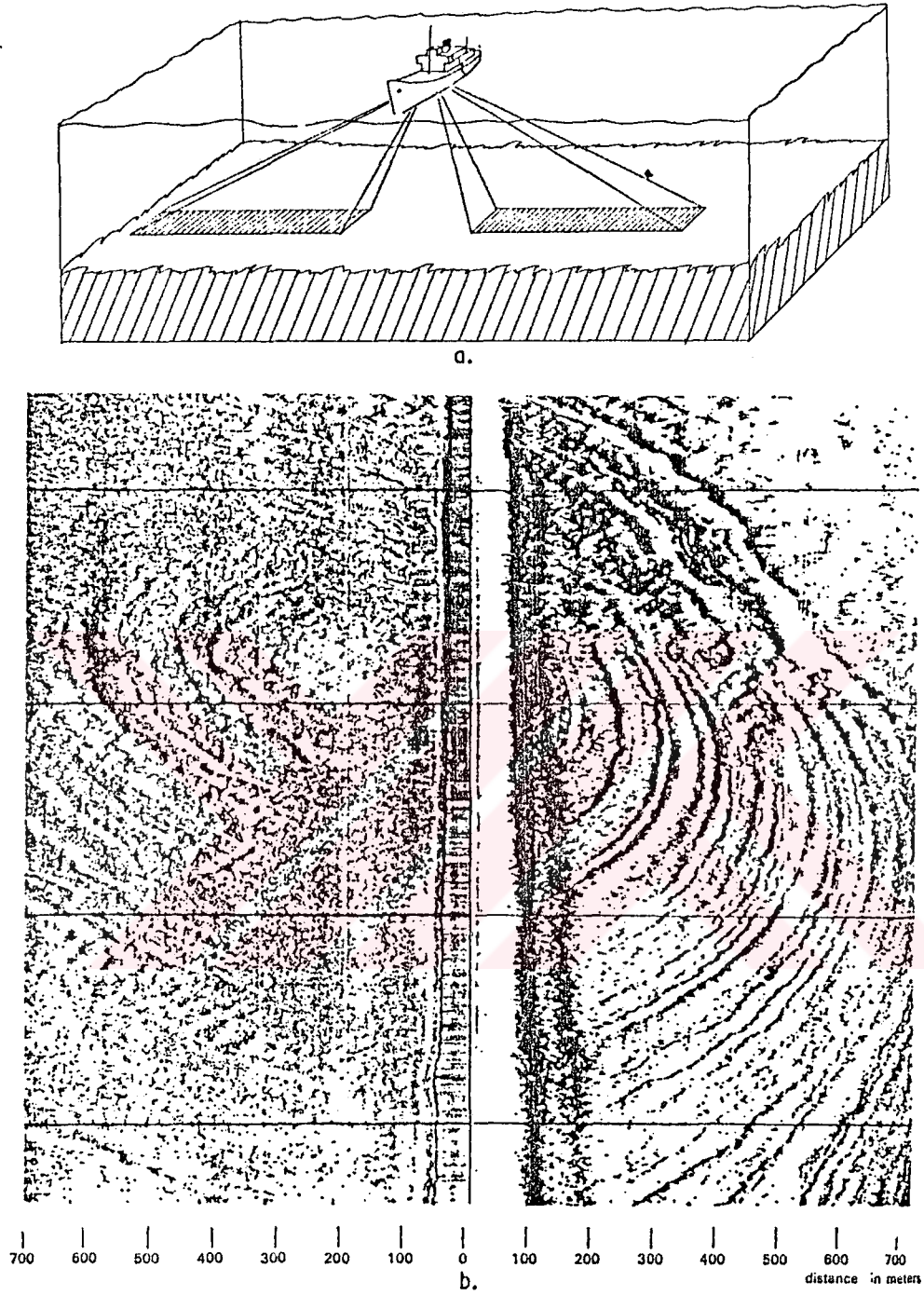
Şekil 4.59 'da kayıt alma sistemi şematik olarak gösterilmektedir. Ynal taramalı sonarın farklı koşullarda performansını artırmak için, hüzme yatıklığı (beam depression) değıştirilebilecek ve düşey hüzme genişliği ayarlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Balığın tabana ve yüzeye yakın olması gerektiği 30 m derinliğe kadar olan sığ sulara yapılan etüdlerde hem yakın, hemde uzak seviyelerde iyi bir tarama yapılabilmesi için normal olarak 20° düşey hüzme genişliği ve 10° hüzme yatıklığı kullanılır.Daha derin sulara (30 metreden daha fazla), 20° lik hüzme yatıklığı ve 50° lik düşey hüzme genişliği uygun olmaktadır.

Şekil 4.60 'da yanal taramalı sonar şematik kayıt görünümü bearberce ele alınmaktadır.





Şekil 4.59. Yanal taramalı sonar kayıtlarının şematik gösterimi.



Şekil 4.60. Yanal taramalı sonar. (a) Şematik ifadesi. (b) Kayıt görünümü. (Sheriff, 1973).

BÖLÜM 5

Deniz Sismik Enerji Kaynaklarının Teknik Özellikleri ve Genel Bir Değerlendirmesi

Değişik kaynak tiplerinin bir mukayesesi, Tablo 1 'de verilmiştir. Kolon (a) enerji seviyelerini, kolon (b) 30 ft derinlik te ateşlenen kaynakların kabarcık periyotlarındaki değişimi göstermektedir. Bütün bu özelliklerin bir grafik üzerinde işaretlenmesi ile Rayleigh Willis eğrisi elde edilmektedir (Şekil 3.2).

Şekil 4.34 'de yakın alan sinyali maximum pik basıncı ölçülmüş olarak verilmektedir. Şekil 4.49 'da pikden pike basınç ile deniz yüzeyinden olan yansıma beraber uzak alan sinyali olarak görülmektedir. P_1 - P_2 oranı (yani birincil ve ikincil maximum puls oranı) uzak alan sinyalinde kullanışlı bir faktör olarak ele alınmaktadır (EK 1). Bu pozitif birincil pik basınçları bar cinsinden, Tablo 1 'deki c kolonunda verilmektedir.

Dinamitsiz düşük enerji kaynaklarının çoklu olarak patlatılmasının avantajları yanında, yığmadaki katlamaların (fold of stack) artırımında sağlamaktadır.

Suyun serbest yüzeyinden olan yansıma, pulsumuzun işaretini değiştirmektedir (Şekil 5.1). İlk puls ile yüzey yansıması arasındaki zaman kaynak derinliğinin azalışı ile düşüş gösterir. Şekil 5.3 'de kavitasyon etkisi görülmektedir. Derinlikle hidrostatik basınç artar, kabarcık (bubble) periyodu azalır. Şekil 5.3 'de, geniş band (0-2.5 KHz), 2000 psi basınçta tek bir airgun'ın (120 inc³ lük) patlaması sonucu oluşan uzak alan sinyalleri görülmektedir. Alıcı derinliği 320 ft de sabit kalmıştır. Şekil 5.4 'de sayısal olarak kayıt edilen, 0-250 Hz bandındaki uzak alan sinyalleri ve genlik spektrumları, ilksel pik genlikleri, toplam yayılma enerjileri ile birlikte verilmiştir. P_1 ve P_2 oranı, birincil (primary) ve ikincil (secodary) puls arasındaki oranı vermektedir. Basınç sinyali altında kalan alanda, kaynağın enerjisi ile ilişkilidir.

Şekil 5.5 'de, 160 inc³ lük iki air gun sinyalindeki sinkronize (eş zamanda ateşleme) hatası etkisi (synchronising error) görülmektedir. Şekil 5.6.a ve b 'de 120 inc³ için denemiştir.

Şekil 5.6 'da tabancalar arası uzaklık ayarlaması ile kabarcık (bubble) etkisi değişimi görülmektedir.

Dinamit; çok sarfiyatlı, sismik frekans bandından daha fazla enerjinin algılanması, pahalı oluşu, yüksek balık ölümlerine sebebiyet vermesi, politik sınırlamalar nedeniyle yaygın olarak kullanılamamıştır. Bunun ardından kullanılan, maxipulse ise yine dinamite dayalı olması, pratik olamayan ateşleme mekanizması bulunması nedeniyle rağbet görmemiştir.

Tablo 1. Kaynak tiplerine göre, enerjileri, periyot ve pik basınçları arasında bir karşılaştırma.

	(a) Intrinsic energy K ft lbs	(b) Period at 30 ft ms	(c) Primary pulse 0.62 Hz Barometre peak
50 lb Dynamite	61 000	500	
10.5 lb Dynamite	12 000	300	13
1 lb Dynamite	1 200	105	
0.25 lb Dynamite	304	82	
1.5 lb Aquaseis	2 000	54	
224 g Maxipulse	590	95	4
50 g Dynamite	145	69	2.5
50 g Flexotir	145	48	2.1
1.5 s Seisprobe	90	40	0.4
Bolt 1 in ³ Airgun 2 000 psi	1	14	0.2
Bolt 10 in ³ Airgun	10	30	0.6
Bolt 20 in ³ Airgun	20	39	0.7
Bolt 120 in ³ Airgun	120	70	1.2
Bolt 300 in ³ Airgun	300	100	1.7
Bolt 2 000 in ³ Airgun	2 000	165	4
125 in ³ Seismojet 8 000 psi	480	94	1.5
125 in ³ Seismojet W/S 8 000 psi	480	70	1.2
Sodera 120 in ³ Watergun 2 100 psi	126	26	1.3
Sodera 550 in ³ Watergun 2 100 psi	578	45	1.7
Sodera 915 in ³ Watergun 2 000 psi	920	55	
Sodera 915 in ³ Airgun 2 100 psi	920	120	2.9
Sodera 125 in ³ Airgun 3 500 psi	210	80	
Vaporchoc	943	64	2.5
Flexichoc	36	31	0.6
1.7 s Implosive Dinoseis	40	30	0.9
Hydrosein	64	38	
0.5 s Minisleeve	0.7	8	
3 kJ Sparker (3 electrodes)	2.2	5.5	

İmpulsif kaynaklar olan Hydrosein, Dinoseis, Water Gun ve Vaporchoc sismik bandın üzerinde frekans ve enerji üretmiştir. Vaporchoc geminin arkasına sabitlendiği için derinlik veya gemiden olan mesafesi değişim göstermemektedir. Yalnızca tek bir kaynak olarak kullanılır. Bunun yanında çıkışı sınırlıdır ve her yönde yayılım gösterir. Diğer impulsif kaynak tipleri (Dinoseis, Water Gun v.b.) çoklu patlatmalarda sikronize hatalarına yol açmaktadır.

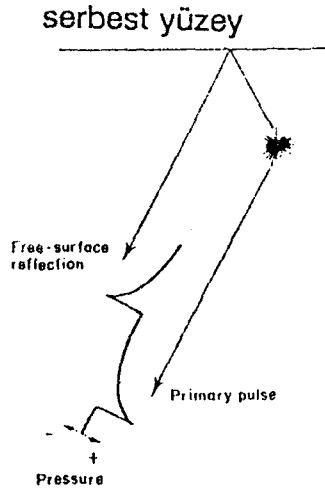
Gaz patlayıcılarında, ikincil (kuyruk) pulsarı derinlikle artış göstermektedir. Ayrıca propan gazının kullanımı sorunlu olabilmektedir.

Günümüzde en çok kullanılan deniz sismik enerji kaynağı, Air Gun olmuştur ve halen güncelliğini korumaktadır. Şekil 5.7 'de düşey doğrultuda yayılan uzak alan sinyalleri ve genlik spektrum ilişkileri görülmektedir. Şekil 5.7 (a) da geniş spektrumlu (sığ derinlikdeki), (b) de normal derinlikde, (c) ve (d) de ise aşırı derin olmayan bir ortamda, (e)'de ise derin bir ortamdaki sinyalleri, düşük frekanslarda yüksek enerji kullanmak amacı ile tercih edilen dar bantlı sinyal (f) de görülmektedir.

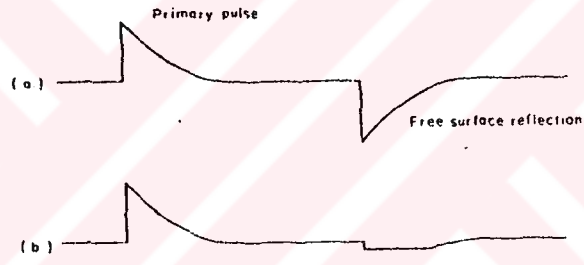
Bazı deniz sismik enerji kaynaklarının (ve çoklu dizilimlerinin), birincil pikleri oranı ve birincil-ikincil puls oranlarındaki değişimler, Tablo 2 'de verilmiştir. Şekil 5.8.a 'da farklı tipteki enerji kaynak sinyalleri toplu olarak verilmektedir.

Kaynak sinyallerinin amaca uygun olarak üretilebilmesi için, kontrolü baştan mümkün olabilmektedir. Uzak alan kaynak sinyali ölçümü, son yıllarda kaynağın (veya diziliminin) aşağısında, belli bir derinlikdeki hidrofona vasıtasıyla, genel olarak 6 knot gemi hızında ölçümleri yapılmaktadır. Böyle bir uzak alan sinyali Şekil 'deki gibidir. Burada hidrofona (veya dedektör) deniz yüzeyinden 150 metre aşağıda çekilmektedir. Normalde iki hidrofona kullanılır. Bunlardan birincisi, kalibrasyon, sinyalin kalitesinin kontrolü amacıyla, kaynak üzerinde bulunur. Analog olarak osiloskop üzerinde kontrolü yapılır. Böyle bir sinyal, Şekil 5.8 a ve b 'de 3360 inc³ lük bir dizilim için görülmektedir. İkinci hidrofonda streamer tarafından algılanmaktadır. Bu sinyal her atış için manyetik teyibe kayıt edilir (Şekil 5.9).

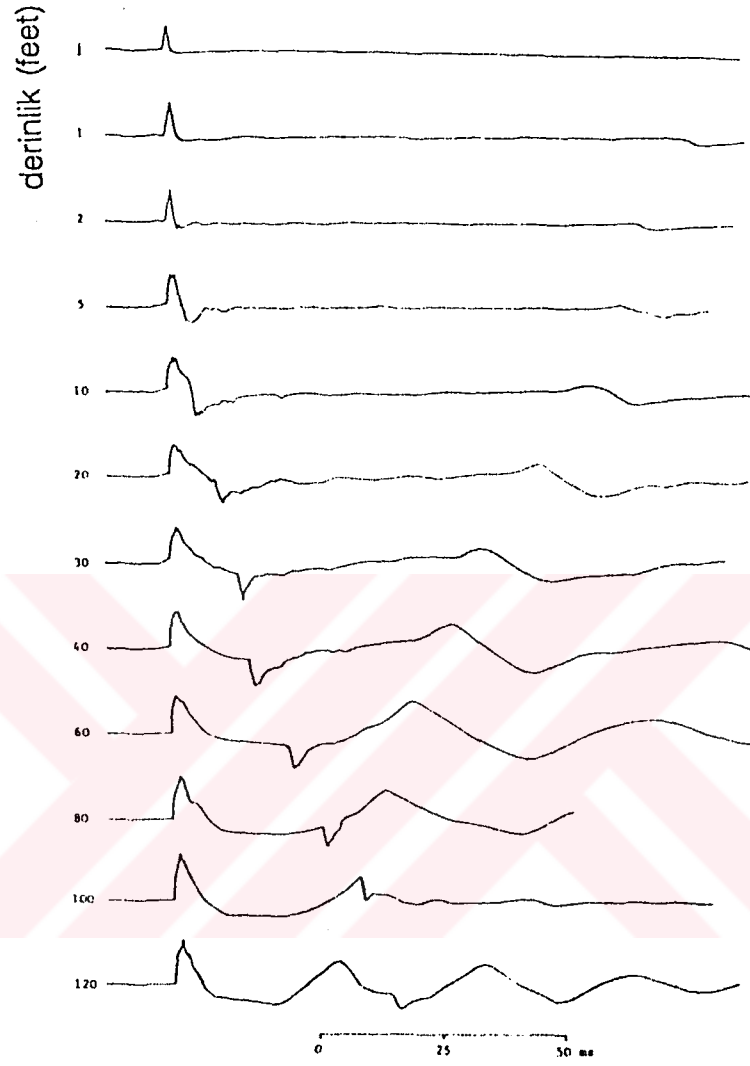
Şekil 5.9 'da 2160 inc³ lük bir air gun diziliminin, 90 metre aşağıda bulunan bir hidrofona tarafından her atış kayıt edilmiş uzak alan sinyalleri görülmektedir. Gerek sinkronize ve gerekse dizilim geometrisi ile, yerin soğurma etkisinden olan kayıplar azaltılıp, rezolüsyon (yüksek ayrımlılık) artırılabilir.



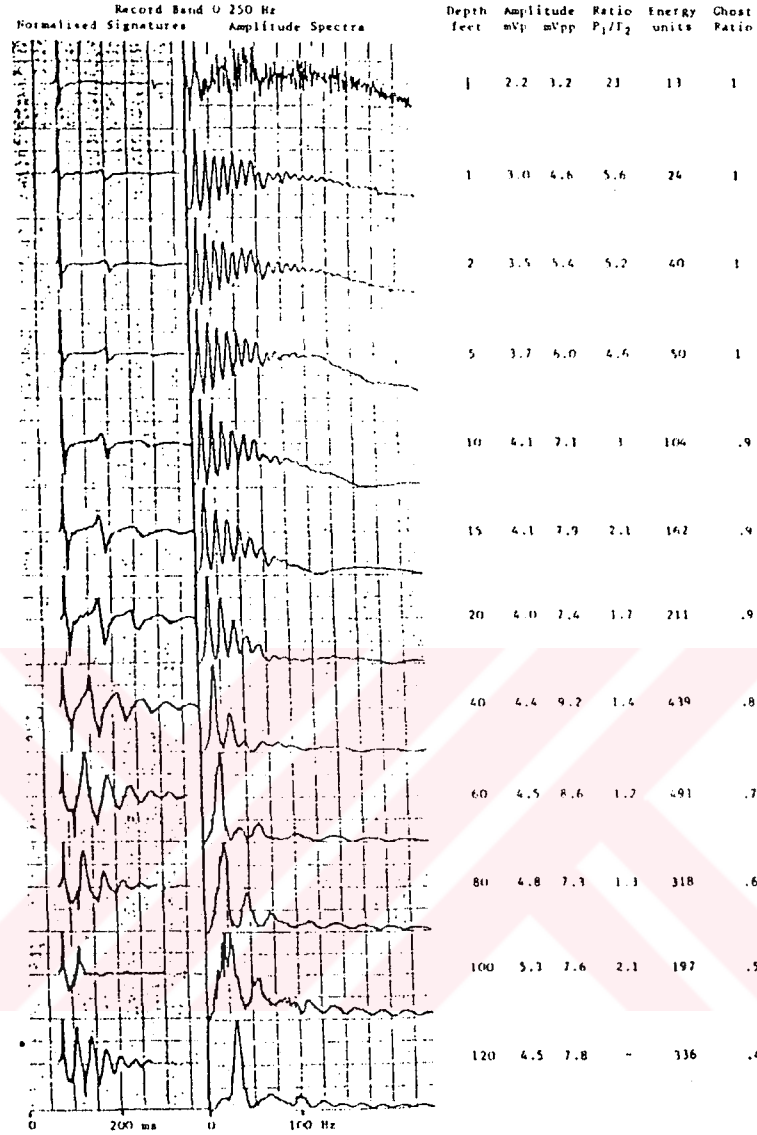
Şekil 5.1. Serbest yüzey etkisinin şematik gösterimi



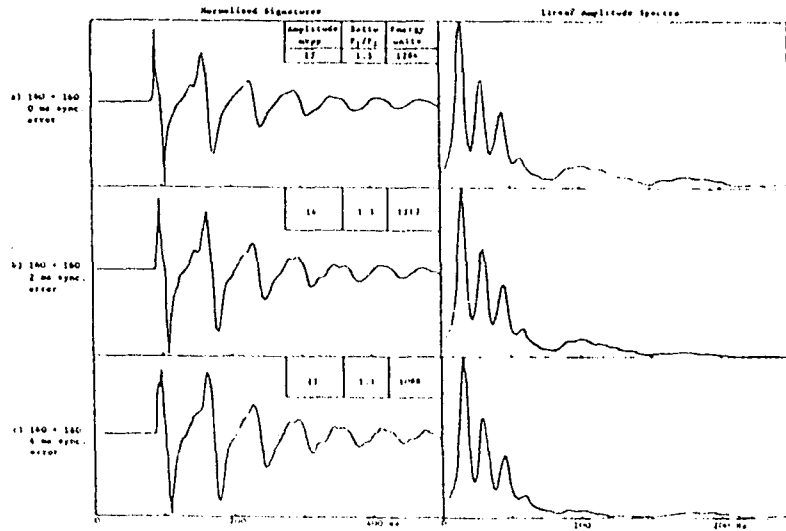
Şekil 5.2. Kaviteasyon etkisinin şematik gösterimi



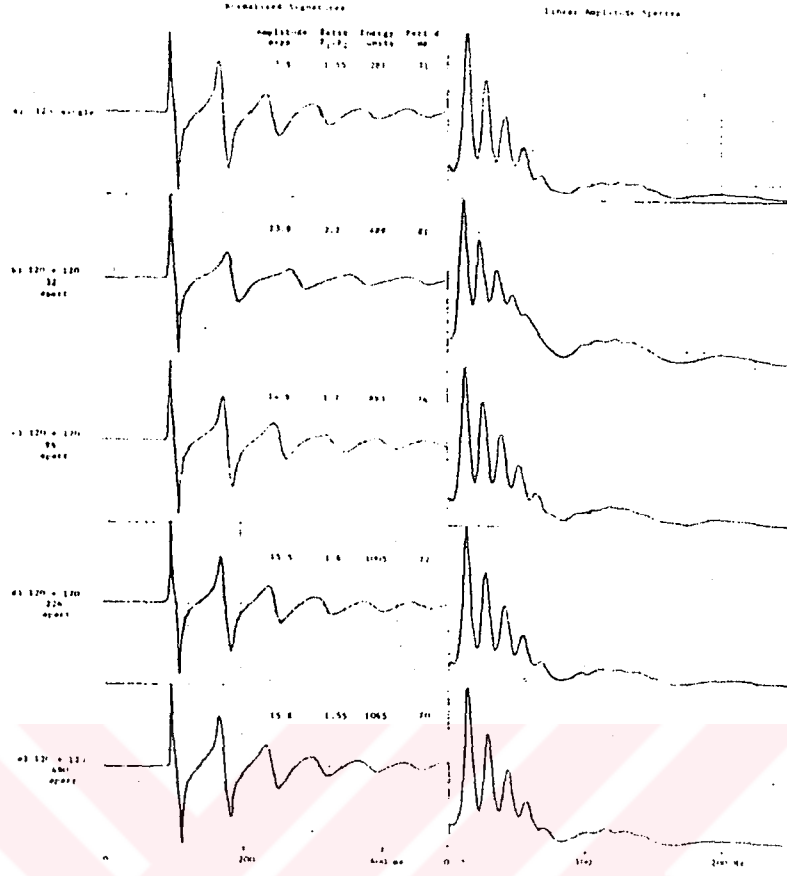
Şekil 5.3. Uzak alan 120 kübik inçlik air-gun sinyalleri (0-2.5 kHz)



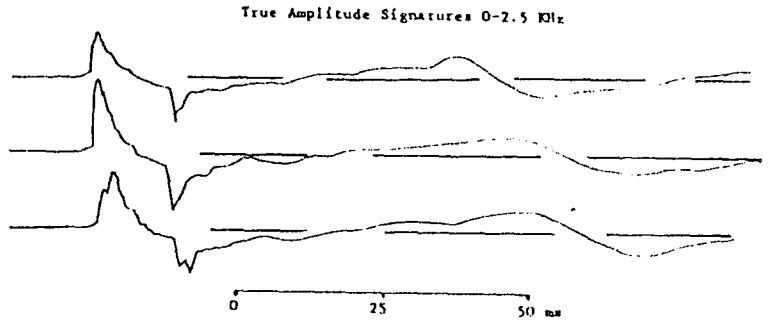
Şekil 5.4. 120 kübik inçlik uzak alan air-gun sinyalleri (0-250 Hz) ve bunların genlik spektrum veri ilişkileri



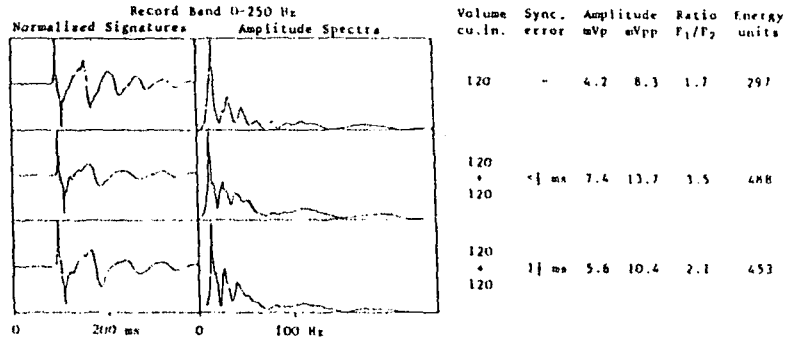
Şekil 5.5. Birbirinden etkilenmeyen iki 160 kübik inçlik air-gun 'lardaki sinkronize hata etkisi, 1 enerji ünitesi yaklaşık olarak 1000 ft lb dir.



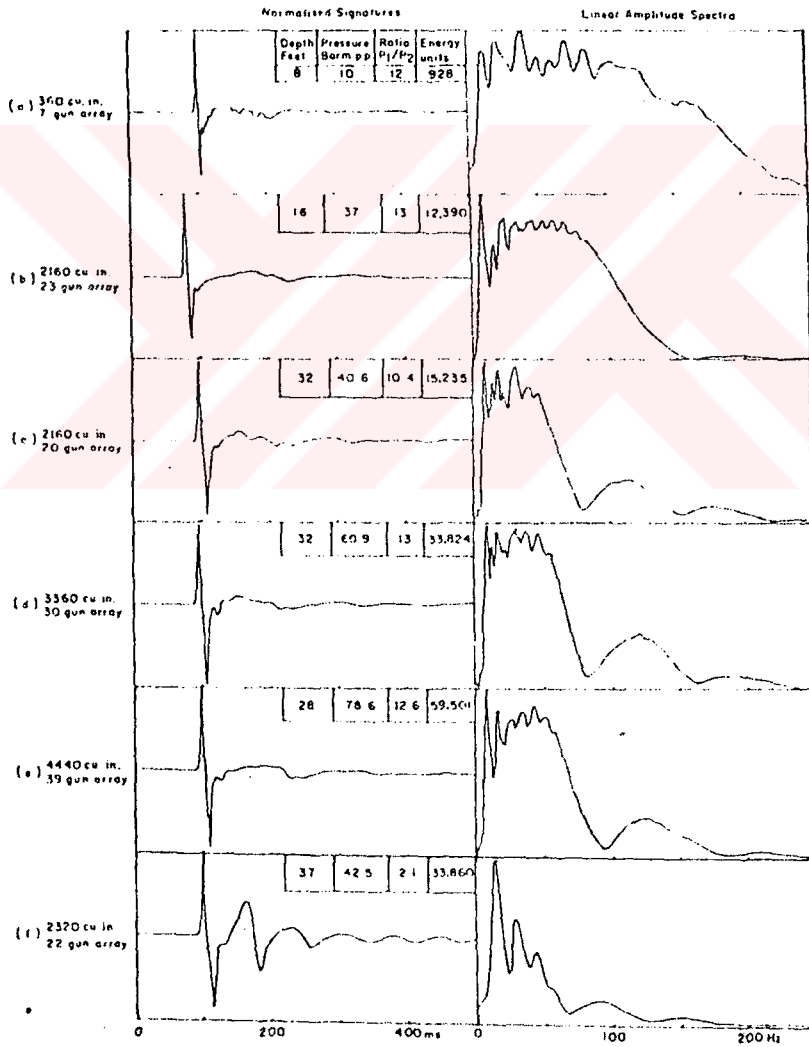
Şekil 5.6. İki adet 120 inc³'lük air gun arasında uzaklıkların ayrılması (interaction) ile oluşan sinyal, spektrum ilişkileri.



Şekil 5.6.a. 120 kübik inçlik iki air-gun'nın sinkronize hatası etkisi



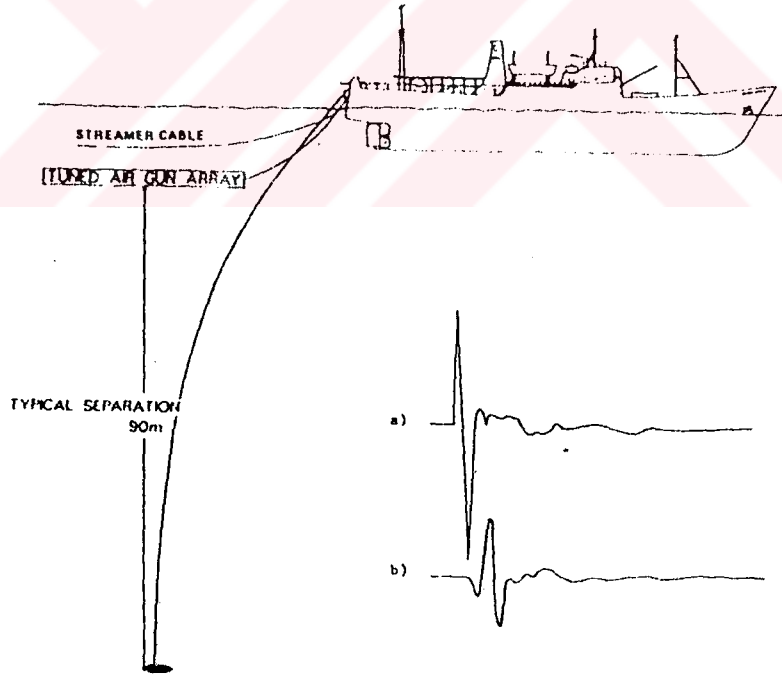
Şekil 5.6.b. 120 kübik inçlik iki air-gun'unın sinkronize hatası etkisi ve genlik spektrumları ile veri ilişkisi



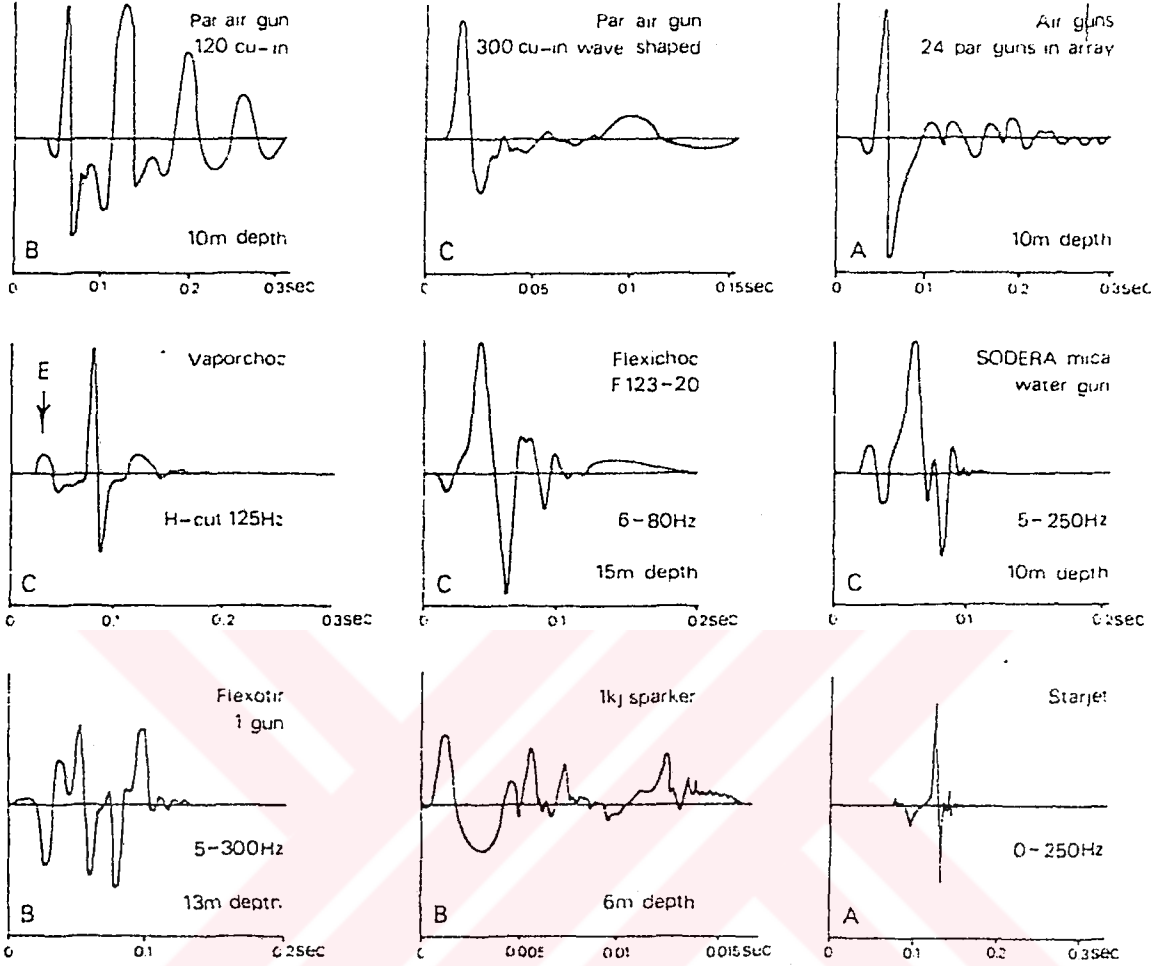
Şekil 5.7. Airgun array sinyalleri, genlik spektrumunu ve veri ilişkileri

Tablo 2. 10 metre derinlikteki kaynak sistemlerinin karşılaştırması

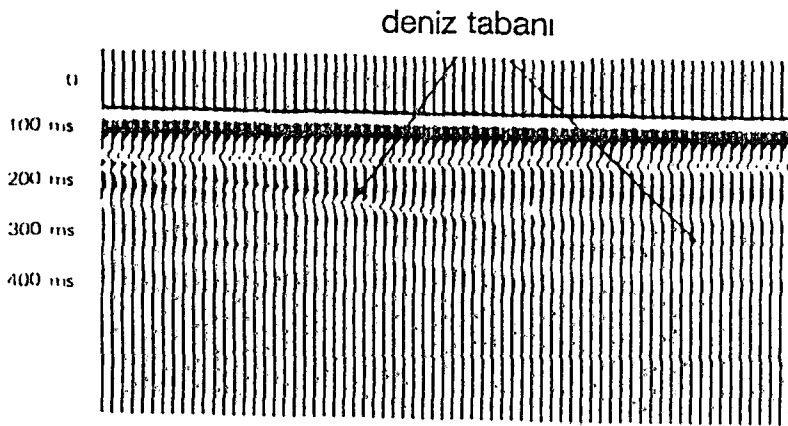
Sistem	basiñç	Birincil ikincil puls oranı
1 gas gun	1.4	2
4 gas guns (4 x 1)	5	2
8 gas guns (4 x 2)	9	3
12 gas guns (4 x 3)	12	4
Maxipulse	10	0.9
Aquaseis		3
Flexotir 1 gun	5	4
Flexotir 2 guns	9.4	4
Airgun 1 gun 120 in ³	3.5	1.4
Airgun 7 guns 360 in ³	10	6
Airgun 20 guns 2160 in ³	40	10
Airgun 39 guns 4440 in ³	80	13
Watergun 11 guns 1150 in ³	17	3
Flexichoc 1 gun	1.0	
Flexichoc 10 guns	8	
Vaporchoc 1 gun	6	3
Dinoseis Imp. 1 gun 1-7s	2-2.5	
1 gun 3-5s	4-5	3
2 guns 3-5s	8-5	



Şekil 5.8. Uzak alan kayıt sistemi



Şekil 5.8.a. Çeşitli tip ve markalardaki sismik kaynak sinyalleri.



Şekil 5.9. Hat üzerinde alınmış uzak alan sinyali

BÖLÜM 6

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, sualtında sismik enerji kaynağının oluşumundan bahsedilmiştir. Hidrostatik basınç nedeniyle oluşan osilasyon hareketi sonucu, kaynak sinyalinin arkasına takılan (bubble) kabarcık sinyali etkisinden kurtulma yolları aranmıştır. Bunun için farklı enerji kaynaklarından yararlanmak gerekmektedir.

Deniz sismik çalışmaları yapılmadan önce, çalışmanın amacına göre enerji kaynağı seçiminin yapılması gerekecektir. Kaynak seçimi yapıldıktan sonra, kaynağın parametreleri ve karakteristik özellikleride teorik olarak tespit edilebilir. Böylelikle henüz sismik enerji su altına verilip kayıt alınmadan, sinyal kalitesi hakkında bilgi edinilebilir.

Kaynak sinyalinin genel bir delta impulsu şeklinde olması istenir. Fakat kaynak sinyalinin gerek osilasyon, gerekse uzaklık ile orantılı olarak yayılımı sonucu, periyotunda bir artma frekans bandında bir düşme olur. Bu nedenle günümüzde, tabaka ayrımlılığını artırabilmek için, kaynak dizilimi yapmak gerekmektedir. Bu işlem; farklı büyüklükteki hava tabancalarının belli bir geometride dizilimi ve aynı anda patlatılması ile, ya da yine farklı büyüklükteki hava tabancalarının, bubble etkisini giderecek şekilde birbirlerine göre belli bir gecikme zamanı ile patlatılması ile mümkündür.

Bu çalışmada sismik enerji kaynakları ve karakteristik sinyalleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Günümüzde hava tabancası diğer enerji kaynaklarına nazaran daha ekonomik olduğu kabul edilmektedir.

Deniz sismik çalışmasının amacına göre istenilen kaynak seçileceği gibi, istenilen hava tabancası büyüklüğü veya dizilimi yapılabilir. Burada eğer amaç rezolüsyon ise daha dar sinyal, penetrasyon ise daha geniş bir sinyali verecek kaynak tipleri kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- 1- **Çoruh, C.**, 1984, Yansımali Sismikte Temel Kavramlar, Türkiye Petrolleri Arama Gurubu Eğitim Yayınları, T.P.A.O., Ankara.
- 2- **Fitch, A.A.**, 1979, Developments In Geophysical Exploration Methods-1, Applied Science Publishers Ltd, London, page 143.
- 3- **Giles, B.F. and Johnston, R.C.**, 1973, System approach to airgun array design, Geophysical Prospecting 21, 77-101
- 4- **Kramer, F.S., Petersen, R.A. and Walter, W.C.**, 1968, Seismic Energy Sources-1968 Handbook, Presented at the 38th meeting of the Society of Exploration Geophysics, October, Denver, U.S.A.
- 5- **Nooteboom, J.J.**, 1978, Signature And Amplitude of Linear Airgun Arrays, GP., V.26, P. 194-201.
- 6- **Sherrif, R.E.**, 1982, Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- 7- **Texas Instruments**, 1988, Sleeve Gun Operation and Maintenance, Operation and Maintenance Manual, Houston, Texas, U.S.A.
- 8- **Vaage, S., Haugland, K. and Utheim, T.**, 1983, Signatures From Single Air Guns, Geophysical Prospecting 31, 87-97.
- 9- **Vaage, S. and Ursin, B.**, 1987, Computation of Signatures of Linear Air Gun Arrays, Geophysical Prospecting 35, 281-287.
- 10- **Uluğ, A.**, 1985, Denizel Akustik Kaynaklar Ders Notları, D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.

EK 1

Air Gun Sinyali Hesabı

Air Gun sinyalinin hesaplanmasında, kriter olarak genellikle, primer pulsun genlik ve uzunluğu ile primer puls - (bubble) kabarcık genlikleri oranları göz önünde tutulur (Gilles and Johnston 1973, Nootboom 1978).

Air Gun 'ların uzak alan sinyalleri için, birincil genlik A ve kabarcık periyodu T için aşağıdaki formüller türetilmiştir (Kramer, Peterson and Walter 1968, Giles and Johnston 1973, Nootboom 1978, Johnston 1980).

$$A \propto C_1 V^{1/3} \quad (1.1)$$

P (basınç) ve D (derinlik) değişkenleri kullanıldığında,

$$T \propto C_2 \frac{P^{1/3} V^{1/3}}{(D+D_0)^{5/6}}$$

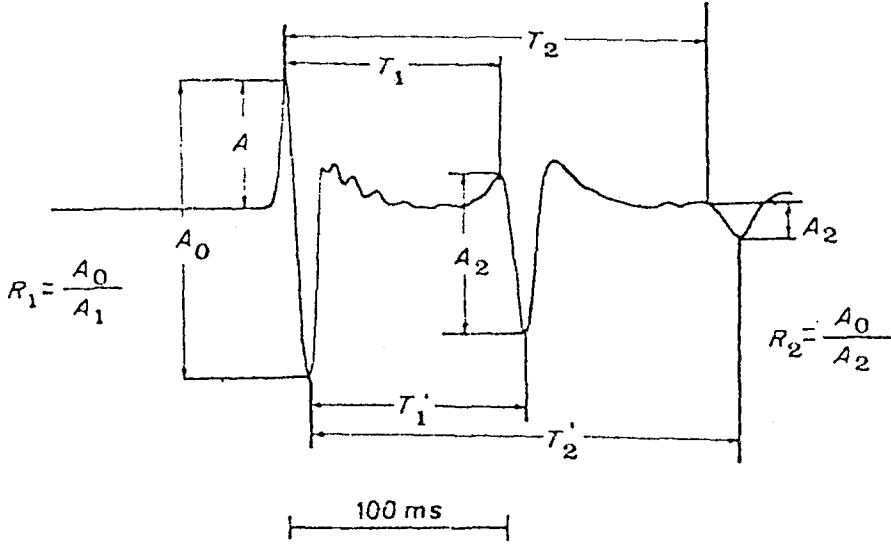
$D_0=10$ metre alınarak; (Giles and Johnston 1973);

$$A \propto C_3 P \quad (1.3.a)$$

V ve D sabit alındığında (Johnsto 1980);

$$A \propto C_4 P^{0.551} \quad (1.3.b)$$

Şekil Ek1'de gösterilen bir air gun sinyalinin genel tanımlaması yapılmaktadır. Kullanılan karakteristik puls parametreleri;



Ek 1.a Sinyal parametrelerinin tanımlanması

A , primer pik genliği, ilk pozitif pikin dönüm noktasına kadar olan büyüklüktür.

A_k , primer ve bubble pulslarının, pikten pike olan değeri olup, primer puls için $k=0$, diğer bubble pulsları için $k=1,2,3,\dots$ değerini alır.

R_k , A_0/A_k , k 'inci bubble puls için primer-bubble pikten pike genlik oranı.

T_k , bubble pulsunun pozitif piki için, primer pulsun pikinden k 'inci değerdeki ölçülen bubble pulsunun gecikmesi.

T'_k , bubble pulsun pozitif piki için, primer pulsun pikinden ölçülen, k noktasındaki bubble pulsunun gecikmesi.

Tüm bunların yanında, θ_0 gibi bir airgun parametreleri setinden yararlanarak, $s(\theta_0, t)$, $A(\theta_0)$, $T_k(\theta_0)$, $R_k(\theta_0)$, $P(\theta_0, t)$, $b_k(\theta_0, t)$ bulunabilir. Buradaki airgun parametre vektörü olan θ : V toplam odacık hacmi; P odacık basıncı; D airgun derinliği; Waveshape plakası ile toplam hacim arasındaki orana bağlıdır. Bundan başka, $P(\theta, t)$ primer puls; $b_k(\theta, t - T_k(\theta))$, kabarcık (bubble) gecikme zamanı $T_k(\theta)$ ile, k 'inci (bubble) kabarcık sinyali; N incelenecek olan kabarcık pulslarının toplam sayısı (örneklerde $N=1$ alınabilir).

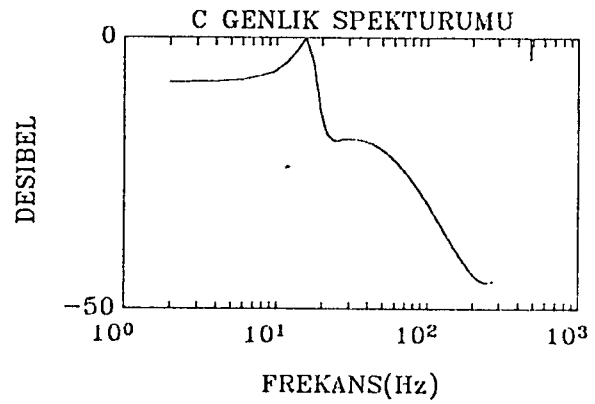
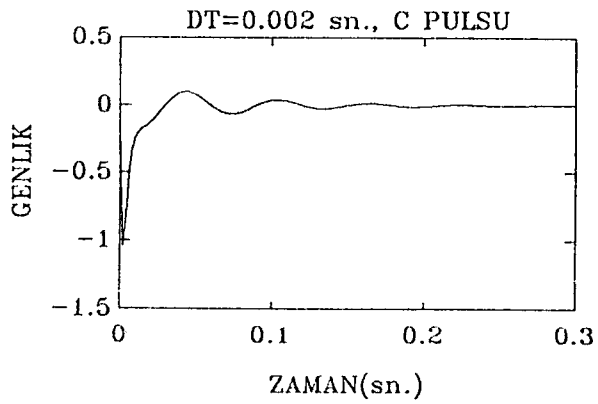
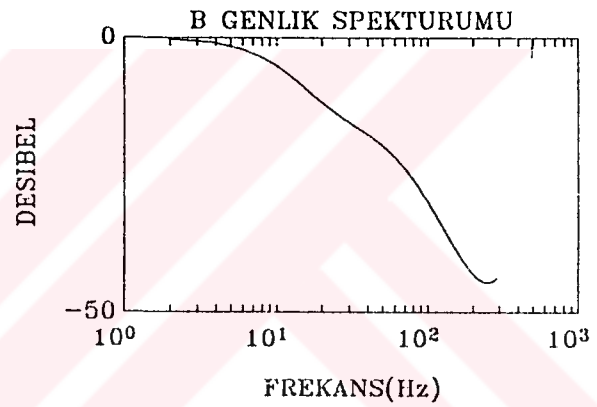
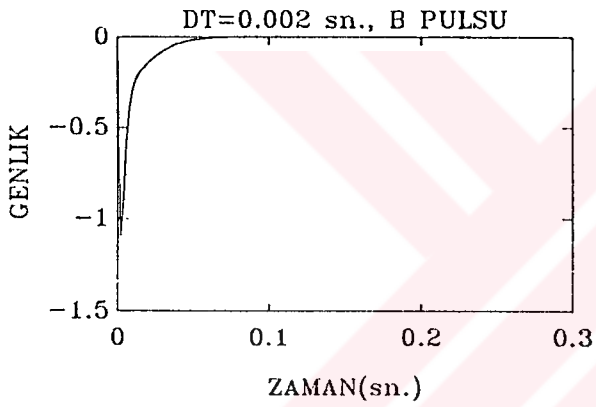
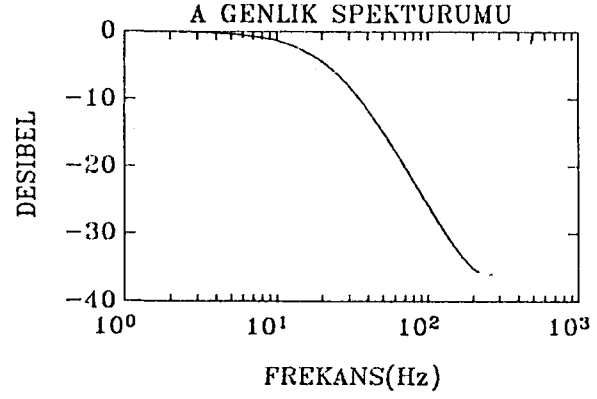
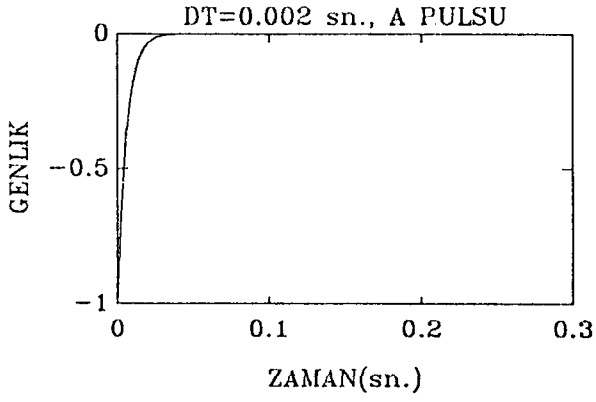
Air gun sinyali teorik olarak hesaplanması aşağıdaki eşitlik yardımıyla sağlanabilir.

$$s(\theta, t) = P(\theta, t) + \sum_{k=1}^N b_k(\theta, t - T_k(\theta))$$

Farklı θ değerleri için aşağıdaki amprik bağıntı kullanılabilir (Vaage et.al., 1983).

$$s(\theta, t) = A_0(\theta) A_0(\theta_0)^{-1} [p(\theta_0, t) + \sum_{k=1}^N R_k(\theta)^{-1} R_k(\theta_0) b_k(\theta_0, t - T_k(\theta))]$$

EK-2



Ek 2.1. Farklı periyotlarda yapay olarak elede edilen sinyallerin spekturum ifadeleri.

```

ITLI AIRGUN SINYAL ORNEKLERI VE SPEKTRUMLARI
0.002:0.3];
ULSU
xp(-167.*t);
lot(221)
t,ft),title('DT=0.002 sn., A PULSU'),xlabel('ZAMAN(sn)'),ylabel('GENLIK'
t(ft);
LIK SPEKTRUMU FWG
bs(((real(fw)).^2+(imag(fw)).^2).^0.5);
0.002;
gth(fw);
(0:n-1)/n;
x(fwg);
20.*log(fwg/nn);
ogx(f,fwgd),title('A GENLIK SPEKTURUMU'),xlabel('FREKANS(Hz)'),ylabel('DE
ULSU
1360.*(t.*exp(-500.*t))-54.4.*(t.*exp(-100.*t));
t,ftt),title('DT=0.002 sn., B PULSU'),xlabel('ZAMAN(sn)'),ylabel('GENLIK
ULSU GENLIK SPEKTRUMU
ft(ftt);
abs(((real(fww)).^2+(imag(fww)).^2).^0.5);
x(fwwg);
-20.*log(fwwg/nn);
ogx(f,fwwgd),title('B GENLIK SPEKTURUMU'),xlabel('FREKANS(Hz)'),ylabel('D
ULSU
ot(221)
1360.*(t.*exp(-500.*t))-0.2.*exp(-15.3.*t).*sin(2*pi.*t/0.06);
t,ftc),title('DT=0.002 sn., C PULSU'),xlabel('ZAMAN(sn)'),ylabel('GENLIK
ULSU GENLIK SPEKTRUMU
ft(ftc);
abs(((real(fcw)).^2+(imag(fcw)).^2).^0.5);
x(fcwg);
-20.*log(fcwg/nn);
ogx(f,fcwgd),title('C GENLIK SPEKTURUMU'),xlabel('FREKANS(Hz)'),ylabel('D
pulc
pulc /djet /fprn

```

Uygulama

Sismik verilerde aranan en önemli özellik yüksek ayrımlılıktır (high resolution). Buna göre değişik katmanlardan gelen yansımış sinyallerin birbirlerinden ayrılmış olarak gelmesi istenir. Bu şekilde yeteri kadar dar bir giriş sinyali ile elde edilen sismogramlar üzerindeki yansımalar birbirlerinde ayırt edilebilecek durumdadırlar. Bu işlem, giriş sinyalinin (kaynak sinyalinin) dalga boyu e küçük tabaka kalınlığından daha az olmasını gerektirir. Böylelikle ayrımlılık artımı sağlanabilir. Aksi durumda, sinyalin boyu tabaka kalınlıklarına eşit veya daha uzun ise, ozaman tabakalara ait yansımış sinyaller birbirlerinin içine girerler. Bu da yorum aşamasında zorluklara neden olur.

Simogramlardaki ayrımlılığın sağlanması iki aşamada sağlanabilir. Bunlardan birincisi, kaynak dalgacığının daha henüz yayılım konumunda kontrol edilmesi ile, ikincisi ise sinyal prosesi ile sağlanmaktadır (veri-işlem).

Air gun kaynaklı sismik çalışmalarda enerji kaynağından üretilen sinyalde kabarcık etkisi (bubble effect) yüzünden uzunca bir kuyruğun bulunması kesitlerde ayrımlılığın yitirilmesine sebep olmaktadır. Bu sinyal kuyruğunu giderebilmek için dizilimlerden faydalanılır (airgun array). Aşağıda beş tabakalı bir yer modeli için kaynak sinyalinin airgun dizilimide kullanılabilir temsilî sinyal ve ayrımlılık (resolution) incelenmektedir.

Tabaka Hızları(m/sn) Tabaka Kalınlıkları (m)

$$V_1 = 1500 \quad 100$$

$$V_2 = 2000 \quad 30$$

$$V_3 = 3000 \quad 70$$

$$V_4 = 1800 \quad 20$$

$$V_5 = 3500 \quad \infty$$

Yansıma Katsayıları Varış Zamanları (sn)

$$0.14 \quad 0.1$$

$$0.2 \quad 0.13$$

$$-0.25 \quad 0.18$$

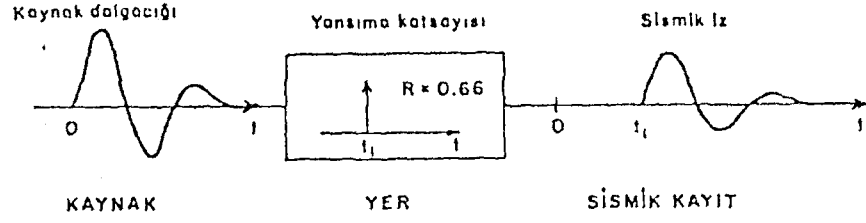
$$0.32 \quad 0.20$$

Kayıtlarda yansımali dalga kaynak dalgacığını görünümü şeklindedir. Yayınan dalgayı temsil eden kaynak dalgacığı arayüzeylerden yansıtma özelliğine bağlı olarak yansiyarak, alıcılara gelir. Yansıtma olayı böylece empedans farklılığının meydana getirdiği bir dalga yayılımı şeklindedir. Kaynak dalgacığının varış zamanı kaynak-alıcı arasındaki yayılım süresini gösterirken dalgacık genliği ve fazı arayüzeydeki empedans kontrastına ait bilgiler taşır. Bu durumda yansıtma olayı doğrusal bir giriş-çıkış işlemi olarak alınabilir (Şekil 1). Yani giriş işlemini kaynak dalgacığının, sistemin kendisini yansıtma katsayılarının oluşturduğu çıkış verisi, gözlenen verilere eşdeğer sismik iz olarak algılanabilir. Bu olay bir evrişim (convolution) işlemidir. Giriş verisi (kaynak dalgacık) X , sistem (yansıtma katsayıları) R olmak üzere çıkış verisi X ile R nin konvolüsyonu olarak ifade edilebilir. Bu ifade,

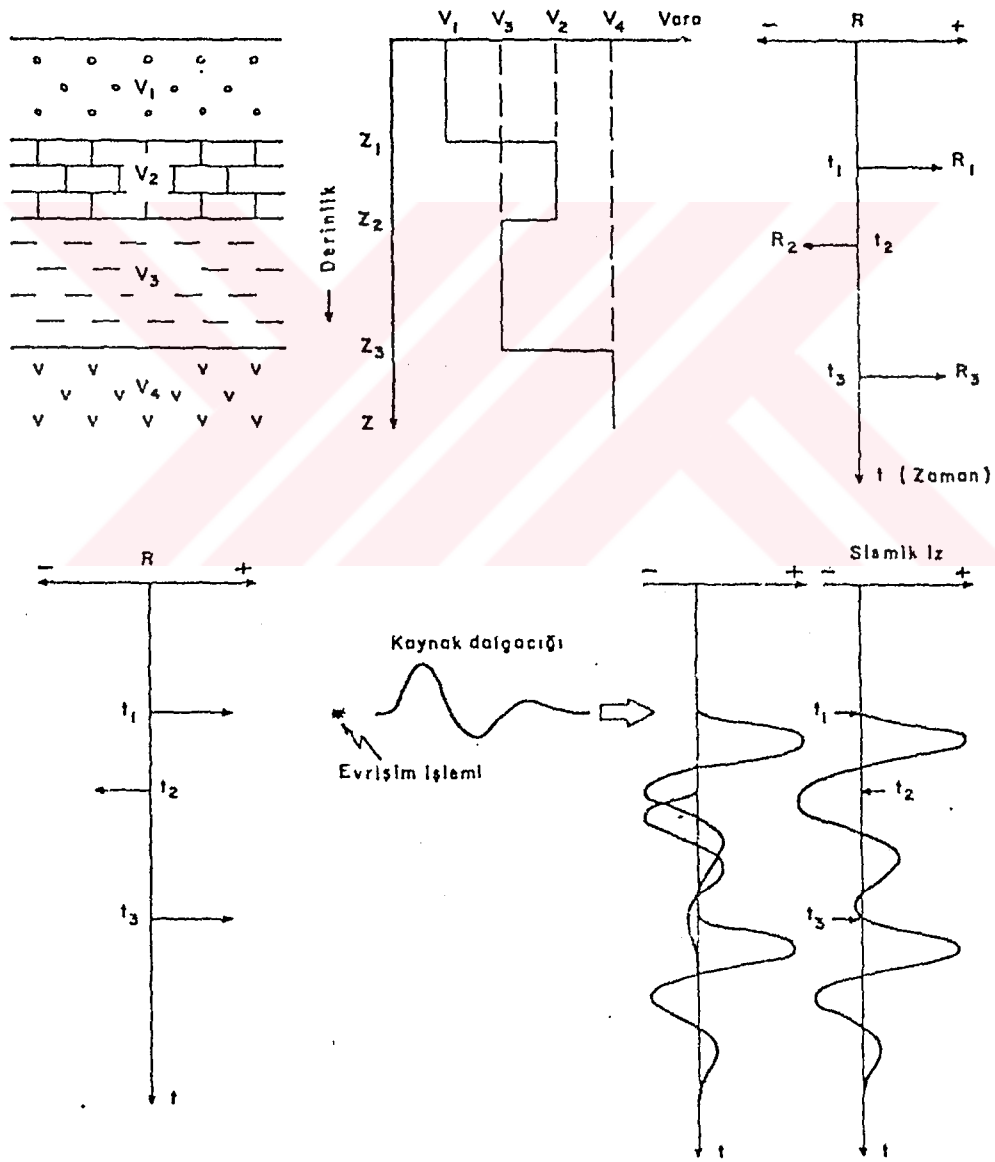
$$Y = X * R$$

(Y =çıkış verisi) olarak verilmektedir (*=evrişim işlemi)

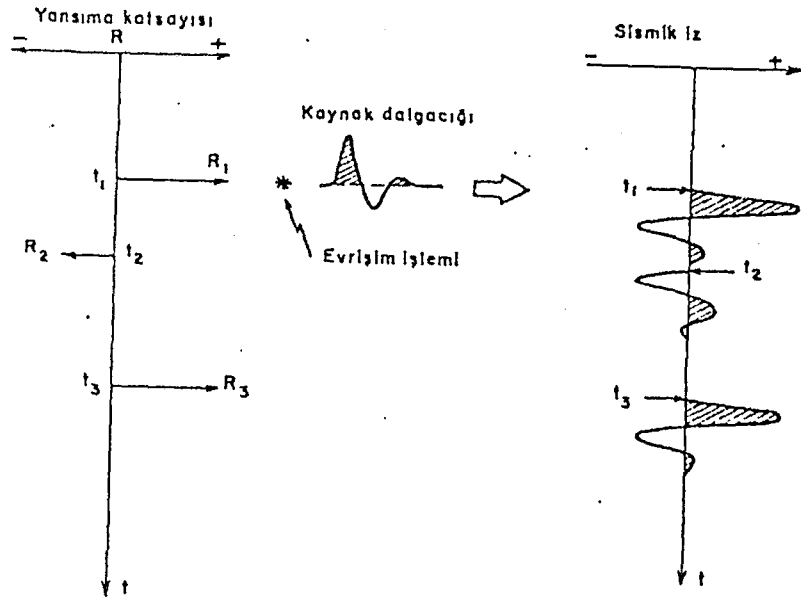
Şekil 1 bu işlem sismik iz olarak verilmektedir. Burada tabak ayrımlılığı kaynak dalgacığını boyunun uzaması ile azalmaktadır. Yani tabaka kalınlıklarının kaynak dalgacığından daha küçük olduğu durumlarda dalgacıkların girişimi söz konusudur. Şekil 2'de kaynak dalgacığını tabaka kalınlıklarında daha küçük olduğum durumlarda ayrımlılığın aratacağı görülmektedir.



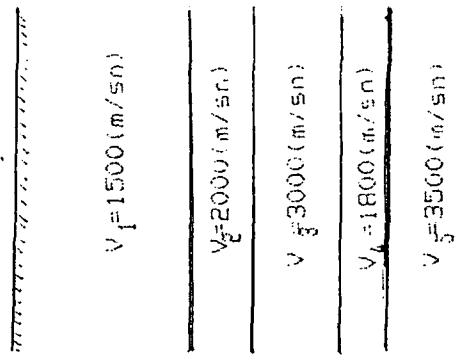
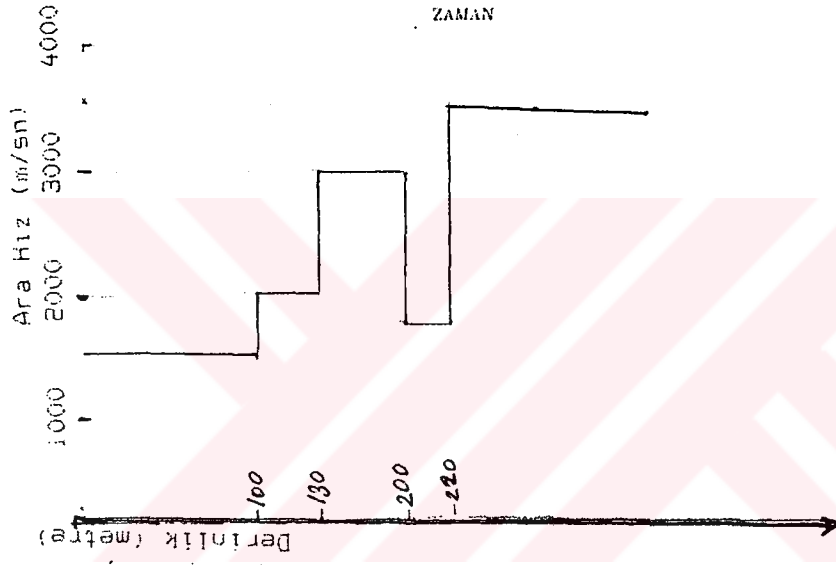
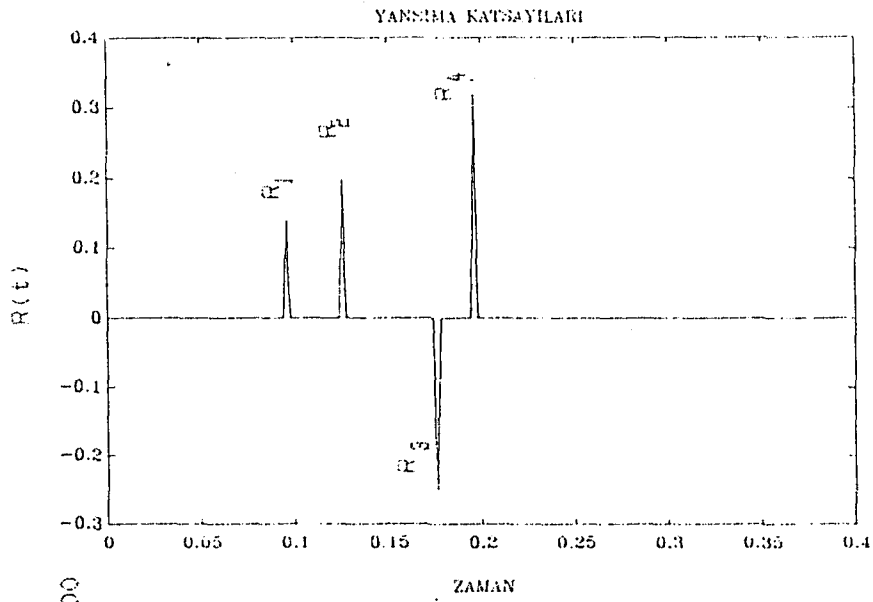
Şekil i. Sismik İz Tanımı



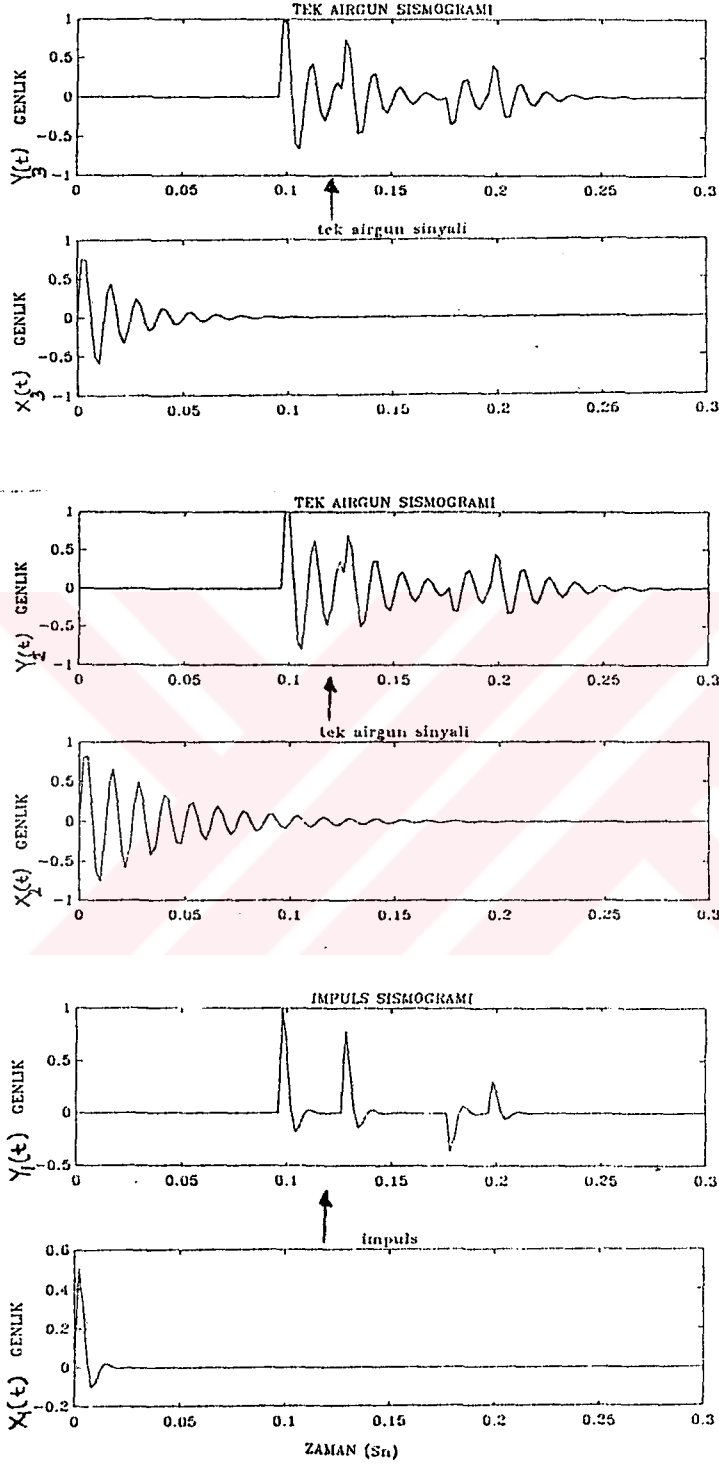
Şekil ii. Sismik İz Anlamı



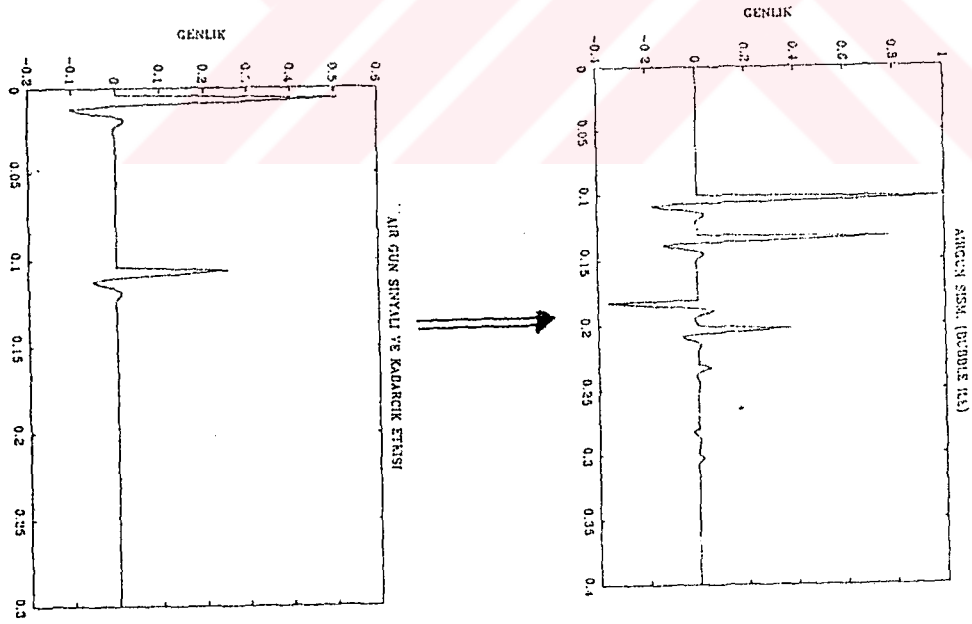
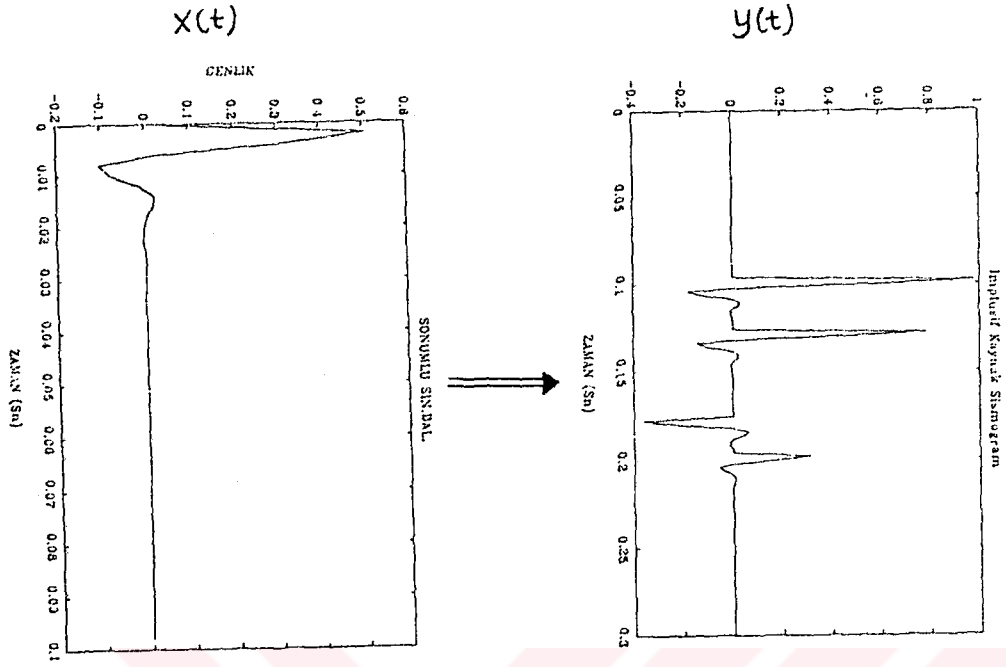
Şekil iii. Sismik İz Oluşumu



Uygulama 1.1. Yansima Katsayilarinin Oluşturulması



Uygulama 1.2. Farklı Büyüklüklerdeki Air Gun Sinyal Tipleri ve Sismogram Görünümleri. $X_1(t)$ ideale yakın kaynak sinyali, $X_2(t)$ ve $X_3(t)$ ayrı ayrı iki airgun kaynak sinyali (farklı hacimlerde). $Y(t)$ 'ler sismogramlar olup, tabaka ayrımılığı en çok $X_1(t)$ kaynak sinyalinin kullanımıyla sağlanabilmektedir.



Uygulama 1.3. İdeal ve kabarcık etkisi olan kaynak sinyalleri kullanımıyla oluşan yapay sismogram görünümü.

T. ÜKSEKÖĞRETİM KURULU
 DOKÜMANTASYON MERKEZİ

```

% yansima katsayilari
load ynkat
y=ynkat;
t=[0:0.002:0.399];
% plot(t,y);
% sönümlü sinüs
ysin=exp(-250.*t).*sin(t/0.002);
plot(t(1:50),ysin(1:50)),title('SONUMLU SIN.DAL.');
```



```

xlabel('ZAMAN (Sn)'),ylabel('GENLIK');
pause
% meta impag;
% !gpp impag /djet /fprn;
c=conv(y,ysin);
tc=[0:0.002:0.797];
%plot(tc(1:150),c(1:150))
%title('IMPULUSIF KAYNAK SISMOGRAMI'),xlabel('ZAMAN(Sn)');
%ylabel('GENLIK');
```

```

% enerjinin sonlu odu²u varsayimiyla
cson=exp(-20.*tc).*c;
% normalize islemi
csonno=cson/max(cson);
plot(tc(1:150),csonno(1:150));
title('Impulsif Kaynak Sismogram'),xlabel('ZAMAN (Sn)');
ylabel('GENLIK');
```

```

pause
% meta impsis;
% !gpp impsis /djet /fprn;
load airgun;
cairgun=conv(airgun,ysin);
ttc=[0:0.002:0.797];
plot(ttc(1:150),cairgun(1:150))
title('AIR GUN SINYALI VE KABARCIK ETKISI'),xlabel('ZAMAN');
ylabel('GENLIK'),pause
% meta impag;
% !gpp impag /djet /fprn;
csismo=conv(ynkat,cairgun(1:200));
tttc=[0:0.002:0.799];
csms=exp(-20.*tttc(1:200)).*csismo(1:200);
tsis=[0:0.002:0.399];
csms1=csms/max(csms);
plot(tsis,csms1);
title('AIRGUN SISM. (BUBBLE ILE)');
xlabel('ZAMAN (Sn)'),ylabel('GENLIK');
```

```

pause
% meta impag;
% !gpp impag /djet /fprn;
```

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
 İZMİR İLİ MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
 İZMİR İLİ MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
 İZMİR İLİ MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI