

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: Milli Kimya Gücü

PROJE ADI: Nükleer Güvenliğin Sağlanması İçin
Doğal Malzemeler ile Geçirgen Reaktif Bariyer (GRB)
Sisteminin Uygulanması

BAŞVURU ID: 344268

İçindekiler:

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

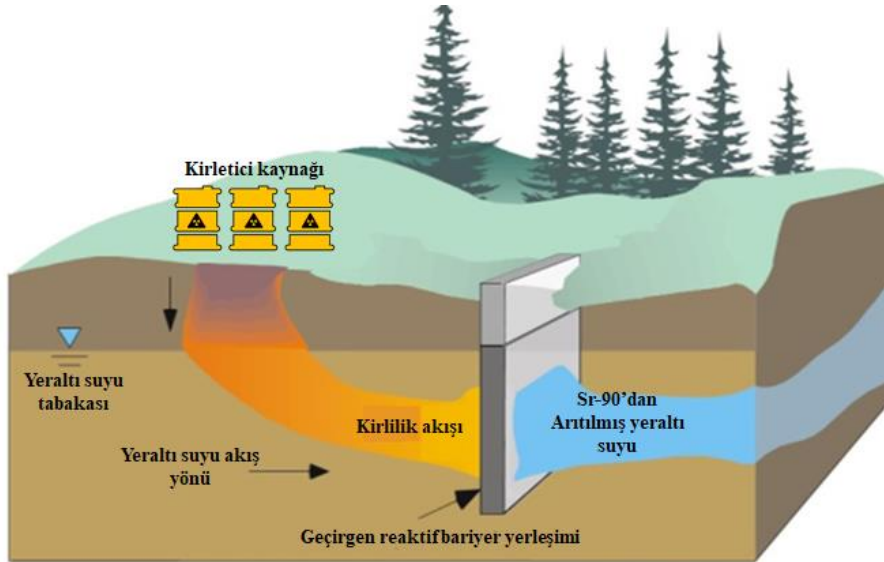
Radyoaktif maddelerin salınımindan kaynaklanan kontaminasyon canlıları ve çevresel ortamı çok geniş bir yelpazede etkilemektedir. Herhangi bir nükleer santral kazası sonucunda ortaya çıkan uzun yarı ömürlü Sr-90 (28,1 yıl) gibi radyonüklitlerin, yüksek radyotoksisiteye ve mobiliteye sahip olmaları nedeniyle, nükleer güvenliğin sağlanması için kontamine alanlarda tutulma/giderim prosesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu tehlikeli radyonüklitler ile kontamine olmuş sucul/karasal ortamların, ilgili radyonüklitlerden kısa sürede ve etkili bir şekilde tutulum/giderimleri gerekmektedir. Literatürde, geçirgen reaktif bariyer sisteminin farklı sektörlerden kaynaklanan ağır metal ve bazı radyonüklitlerin yeraltı sularına karışmasını önlemek ve giderimlerini sağlamak konusunda değişik bariyer malzemelerin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Ülkemizde ise bahsedilen konularda özellikle ağır metal giderimi için sınırlı sayıda çalışma mevcut olup, nükleer yakıt teknolojisinden kaynaklanan radyonüklitlerin giderimine ilişkin geçirgen reaktif bariyer (GRB) uygulamalarına rastlanmamıştır.

Öncelikle ülkemizde mevcut ve bol miktarda bulunan doğal ve ekonomik bir kil minerali olan Kaolin, projemizde stronsiyum gideriminde bariyer materyalinin bir komponenti olarak kullanılacaktır. İnorganik adsorban malzeme olarak killerin kullanılması, ülkemizde bol miktarda bulunması ve ucuz olması nedeniyle dikkat çekmektedir. Ancak, killerin adsorpsiyon gücünü arttırmak için çeşitli maddelerle modifiye edilmesi uygun olabilmektedir. Bu amaçla kaolinin Kula volkaniti ile belirli ağırlık oranlarında karıştırılarak, bariyer çalışmalarında uygulanması planlanmaktadır.

Manisa ili sınırları içerisinde oldukça geniş yaygınlığa ve büyük rezerve sahip olan Kula volkaniti, tamamen bazalt cürufu yığınlarından oluşmuş olup, bu cüruf briket, toprak yol, bataklık kurutucu, stabilize, çimento imali gibi işlerde geniş çaplı kullanılmaktadır.

Bu amaçla Kaolin ve Kula volkanitinin yapısal özelliklerini belirlemek için karakterizasyon çalışmaları yapılacak daha sonra ise stronsiyum için geçirgen reaktif bariyer sisteminin hazırlanmasında bu iki doğal malzemenin karışımı kullanılacaktır.



Geçirgen Reaktif Bariyer Sistemi (EPA, 2008'den değiştirilerek) [3]

2. Problem/Sorun:

Herhangi bir nükleer kontaminasyon neticesinde uzun yarı ömürlü ve yüksek toksisiteye sahip Sr-90 radyonüklitlerin, kontamine alanlardan sızıntı ile sucul ortamlara ulaşip insan sağlığı ve çevre açısından risk oluşturmaktadır.

Literatüre bakıldığı zaman, yeraltı suyunda gerçekleşen kirlilikleri önlemek amacıyla birçok farklı materyal ile geçirgen reaktif bariyer (GRB) kullanıldığı görülmektedir. GRB reaktif malzemesi olarak sıfır yüklü demir, metal (hidro)oksitler/sülfidler, doğal mineraller, endüstriyel atıklar, iyon değiştirici reçineler, organik polimerler ve karbon içerikli materyaller kullanılmıştır. Sıfır yüklü demir kullanıldığı zaman kümelenme meydana gelerek aktif yüzey alanında küçülmeye sebep olmakta ve aktifliğin azalmasıyla sonuçlanmaktadır. Ayrıca sıfır yüklü demir boyutu küçük bir malzeme olduğu için tıkanmaya sebep olmakta ve geçirgen reaktif bariyerin verimini azaltmaktadır. Metal oksitler/sülfidler oksijenli ortamlarda yükseltgenebilme ve bu da çalışma koşullarını sınırlandırmaktadır. Metal oksitlerin küçük boyutlu olması geçirgen reaktif bariyerlerde suyun geçişini etkilemekte, bu durum yeterli giderimin sağlanmamasıyla sonuçlanmaktadır. Mineraller ve endüstriyel atıklar gözenekli yapılara, geniş spesifik yüzey alanlarına ve iyi mekanik dayanıma sahip olmalarına ve ucuz olmalarına karşın, karmaşık yapılara sahip olmaları, ikincil kirliliğe sebep olmaları ve geri kazanımlarının zor olmasından dolayı kullanımları kısıtlanmaktadır. İyon değiştirici reçineler yüksek iyon değiştirme kapasiteleri ve iyi giderim etkinliklerine sahiptir ancak maliyetli ve tersinir sorpsiyon özelliklerine sahip olmaları iyon değiştirici reçinelerin dezavantajlarından. Organik polimerler ve karbon bazlı materyallerin fonksiyonel grup çeşitliliği, geniş spesifik yüzey alanı, gözenekli yapıları ve biyobozunur özellikleri olmasına rağmen, düşük mekanik dayanımları ve maliyetli hazırlanma prosesleri kullanımlarını kısıtlamaktadır [1].

GRB sistemleri üzerine birçok çalışma yapılmasına rağmen giderim etkinliğini, uygulanabilirliğini ve tam kapasite kullanımını kısıtlayan çözülemeyen problemler vardır. Geçirgen reaktif bariyer sistemlerinde kullanılan reaktif maddeler, yüksek etkinliğe sahip, düşük maliyetli, çevreye zararsız olmalıdır. Ayrıca bu reaktif maddelerin uygun boyutlara, geniş spesifik yüzey alanına ve hedef analit için kapsamlı ve etkili bir giderim mekanizmasına sahip olması gerekir [1].

3. Çözüm

TÜBİTAK tarafından desteklenen ‘‘Vizyon 2023, Enerji ve Çevre Teknolojileri Stratejisi ‘‘ adlı projenin 2004 yılında hazırlanan raporunda yeraltı sularının temizlenmesi için, en geç 10 yıl içinde geçirgen reaktif bariyer teknolojileri yöntemlerin geliştirilmesi önerilmekte; hazırlanan yol haritasında bu teknolojilerde kullanılacak malzemelerin geliştirilmesine yoğunlaşılmasının gerekli görüldüğü belirtilmektedir (TÜBİTAK, 2004).

Geçirimli reaktif bariyer teknolojileri, radyoaktif veya diğer kirliliklerin giderilmesinde uygulanan yöntemlerde kullanılacak malzemelerin geliştirilmesinde gelecek vadeden teknolojilerden biri olmaktadır.

Çevre ve Enerji Teknolojileri yarışması kapsamında, Nükleer kaza sonuçlarına hazırlık olması ile ilgili olarak; herhangi bir nükleer kontaminasyon neticesinde ortaya çıkacak uzun yarı ömürlü ve yüksek toksisiteye sahip Sr-90 radyonüklitinin kontamine alanlardan sızıntı ile sucul ortamlara ulaşip insan ve çevre açısından risk oluşturmasını önlemek için, yerli ve doğal kaynaklarımızı bariyer malzemesi olarak kullanarak ekonomik ve etkili geçirgen bariyer sistemi tasarlayarak ve uygulayarak problemi çözmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilecektir.

Toprak içerisine inşa edilen ve pasif sistemler olarak adlandırılan geçirimli bariyer sisteminde temel amaç, kontamine ve depolama alanlarından çeşitli organik ve inorganik kirleticilerin yeraltında yayılmasını engellemektir. Bu çalışmalarda farklı karakterlerde malzemeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, nükleer enerjiye geçiş aşamasında olan ülkemizde herhangi bir olası nükleer kaza sonucuna hazırlıklı olmak amacıyla; ülkemizde bulunan doğal ve öz kaynaklarımızı (kaolin ve Kula Volkaniti) kullanarak, kaza sonucunda kontamine olabilecek sahalarda bariyer malzemesi olarak kullanabilmek amacıyla, uygun deneysel düzenekle (kolon sistemiyle) optimum deneysel çalışma koşullarını saptayarak dolayısıyla saha ölçekli geçirgen reaktif bariyer çalışmaları için önemli dizayn parametrelerini elde etmektir.

İleriye yönelik olarak herhangi bir olası nükleer kaza sonucuna hazırlıklı olmak amacıyla; radyoaktif olarak kontamine olmuş alanlardan Sr'un yayılımının önlenmesi amacıyla, ülkemizde bol olarak bulunan düşük maliyetli doğal bazı maddelerin bariyer amaçlı kullanımlarının incelenmesi ve değerlendirilmeleri sorunun çözümünde önemli olacaktır.

Geçirgen reaktif bariyer sisteminde elde edilecek veriler, kaza esnasında ortaya çıkacak stronsiyumun kontamine alanlarda tutulması konusunda yön gösterici olabilecektir. Geçirgen reaktif bariyer teknolojisinin, önerdiğimiz projede olası bir nükleer santral kazasından kaynaklanabilecek e Sr radyonükliti için laboratuvar ortamında uygulanması sonucunda elde edilecek sonuçlar, nükleer kontaminasyon alanlarında saha ölçekli bariyer çalışmaları için önemli dizayn parametrelerini ortaya koyacaktır. Rasyoaktif bir kontaminasyonun olması durumunda ortaya çıkabilen çevresel problemler, bariyer malzemelerin kullanılması ile yerinde çözümlenmesine olanak sağlayacaktır.

Sahip olduğumuz ulusal kaynakların kullanımlarına öncelik vermek, radyoaktif kontaminasyonu/ atıkları çevre koruma ilkeleri kapsamında yönetmek, nükleer güvenlikle ilgili yapılacak çevre koruma çalışmalarına ve ortaya çıkabilecek çevresel sorunların çözümlenmesine büyük oranda katkı sağlayacaktır

4. Yöntem

Önerilen bu projede bariyer malzemesi olarak kaolin ve Kula volkaniti gibi doğal malzemeler kullanılacaktır.



Kaolin

- Ana bariyer komponenti
- Seçimli adsorban madde



Kula Volkaniti

- Adsorpsiyon gücü artırıcı
- Modifiye edici madde

Doğal bariyer malzemelerin sorbent olarak kullanımında; tutulum koşullarını etkileyen başlangıç Sr konsantrasyonu, çözelti pH'si ve akış hızının incelenmesine yönelik çalışmalar yapılacaktır ve tam faktöriyel deney tasarım (TFDT) yöntemiyle bariyer malzemelerin kutu modeli içinde ikili kombinasyonları incelenecektir.

Tam Faktöriyel Deneysel Tasarım Yöntemi Geleneksel olarak bir çalışmada bir değişkenin etkisini belirlemek için söz konusu parametre değiştirilirken diğer parametreler sabit tutulur. Konvansiyonel ve klasik yöntemler bir çalışmada göz önüne alınan parametrelerin kombine etkileşimlerini gösteremez. Ayrıca bu çalışmalar gerek duyduğu çok sayıda deney ile uzun zaman almakta, kimyasal kaybına neden olmakta ve güvenilir sonuçlar vermemektedir. Klasik metotların bu dezavantajları istatistiksel deneysel tasarım ile elde edilen parametrelerin optimizasyonu ile giderilebilir ve 3 ana basamaktan oluşur;

1. Tasarım ve denemelerin gerçekleştirilmesi
2. Regresyon ile yüzey modelleme
3. Optimizasyon

Bu aşamadaki proseslerinin geliştirilmesinde istatistiksel deneysel tasarım kullanılması zaman ve tüm diğer giderlerde tasarruf, proses esnekliği ve daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır (Myers ve Montgomery, 2001). [5]

Bu araştırmada deneysel sürecin tasarımında ilk adım olarak değişik deneysel durumlara uygun olacağı düşünülerek geliştirilmiş olan muhtelif deneysel tasarım prosedürlerinden en kolay uygulanabileceklerden biri olarak “İki Seviyeli Tam Faktöriyel Deney Tasarım” metodu seçilmiştir (Brereton, 2003).[6]

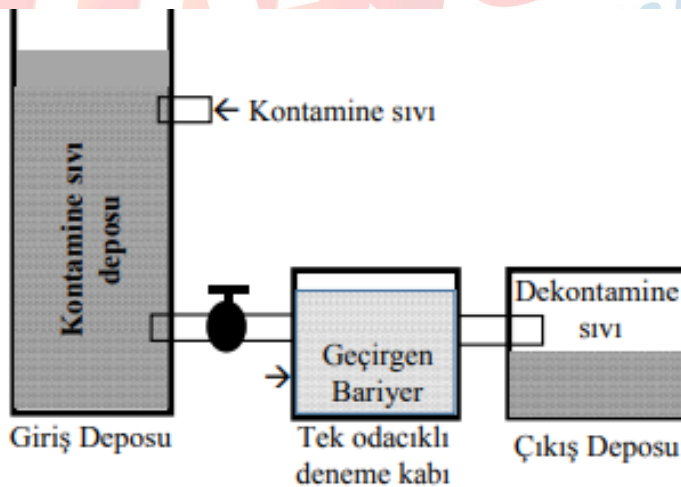
İş paketi 1:

Bariyer malzemelerin hazırlanması ve karakterizasyon çalışmaları: Bariyer malzemesi olarak kullanılacak kaolin ve Kula volkaniti, SEM-EDX, XRD, BET, FTIR, XRF gibi karakterizasyon yöntemleri ile yapısal olarak incelenecek ve karakterleri ortaya konacaktır.

İş Paketi 2: Stronsiyum’un doğal bariyer malzemelerle tekli kutu içerisinde tutulum çalışmaları: Çalışmada, radyoaktif materyaller ile çalışmanın güçlüğü ve ekonomik maliyeti göz önünde tutularak, ^{90}Sr radyoaktif izotopu, radyoaktif olmayan doğal izotopu ^{88}Sr ile simüle edilecektir. Bu amaçla;

Stronsiyum nitrat: $(\text{Sr}(\text{NO}_3)_2)$, $M= 211,63 \text{ g/mol}$, Merck)

Hazırlanan her bir doğal bariyer malzeme ve karışımları için stronsiyum iyonlarının birlikte bulunduğu çözelti ortamından alım koşulları statik yöntem ile tekli kutu kullanılarak incelenecektir. Bu amaçla çözelti pH’si, çözeltideki Sr derişimi ve akış hızının etkisi incelenecektir. Bariyerden geçen stronsiyum konsantrasyonu Perkin Elmer Optima 2000 DV ICP-OES kullanılarak saptanacaktır.



Şekil 1. Tekli kutu GRB deney akım şeması

Bariyer malzemeler tarafından tutulan stronsiyum miktarları, başlangıçtaki ve dengedeki konsantrasyon farkından hesaplanarak, adsorpsiyon yüzdeleri (%) ve dağılım katsayıları (Kd), alım kapasitesi (qe) hesaplanacaktır. Elde edilen veriler, aşağıdaki formüllere göre değerlendirilecektir.

$$\% \text{Adsorpsiyon verimi} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad K_d = \frac{C_i - C_e}{C_e} \times \frac{V}{m} \quad (\text{mL/g}) \quad q_e = C_i - C_e \times \frac{V}{m} \quad (\text{mg/g})$$

Burada, Ci başlangıçtaki, Ce dengedeki stronsiyum miktarı (μg), qe bariyer malzemenin alım kapasitesini (mg/g), V çözelti hacmi (mL), m ise bariyer malzeme miktarını (g) göstermektedir.

İş Paketi 3: Tam Faktöriyel Deney Tasarım metodu kullanılarak geçirgen reaktif bariyer sistemi için optimizasyon çalışmaları: Deneysel çalışmalar “Tam Faktöriyel Deney Tasarım” metodu kullanılarak planlanacaktır. Deney sayısı bu metotta deneyi etkileyen faktör sayısına bağlı olarak (k) 2k formülü ile hesaplanacaktır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilecektir.

Tablo 1. Tutulum aşamasında deneysel tasarım

Deney No	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Cevap
1	1	-1	1	Ölçülecek
2	-1	1	-1	Ölçülecek
3	-1	1	1	Ölçülecek
4	-1	1	-1	Ölçülecek
5	-1	-1	-1	Ölçülecek
6	1	-1	-1	Ölçülecek
7	1	1	-1	Ölçülecek
8	1	-1	-1	Ölçülecek

Tablo 2. Bağımsız faktörlerin seviye ve aralıkları

Faktörler	Faktör kodları	Seviye ve aralıklar (kodlanmış)	
Başlangıç pH	X ₁	-1	+1
Konsantrasyon (mg/L)	X ₂	-1	+1
Akış hızı	X ₃	-1	+1

İş paketi 4:

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, ölçeklendirme hesaplamalarının yapılması, verilerin işlenmesi ve istatistiksel değerlendirme: Tam faktöriyel deneylerin analizinde parametrelerin deney üzerindeki etkisinin hesaplanmasında Varyans Analizi (ANOVA) ve Regresyon analizinden yararlanılacaktır.

Deney üzerinde etkili faktörlerin uygun düzeylerinin belirlenmesi için ortalama analizleri ve grafik analizleri değerlendirilecektir. Elde edilen tüm verilerden çıkılarak saha çalışmasında kullanılabilecek küçük ölçekli bir sistemin ölçeklendirme (scale-up) hesaplamaları yapılacaktır.

Mevcut Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat vb.)	Mevcut Olduğu Kurum/Kuruluş	Projede Kullanım Amacı
ICP-OES, Perkin Elmer Optima 2000	E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü	Sr iyonlarının sulu çözeltilerde saptanmasında kullanılacaktır.
FTIR-ATR, Perkin Elmer Spectrum Two	E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü	Doğal bariyer malzemelerin yapısal özelliklerinin belirlenmesi hakkında bilgi edinmek için kullanılacaktır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Toplumsal Etkisi: Bu projede doğal bariyer malzemeleri kullanılarak tasarlanan geçirgen reaktif bariyer sistemi için patent başvurusunda bulunulabilir. Patent başvurusunun hazırlanması ve sunumu sırasında Ege Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi görev alacaktır. Ayrıca bu projeden elde edilen ürünler ve sonuçlar, Proje Pazarı veya bilimsel fuarlarda sunulabilir. Bu projede, sürdürülebilir çevre ve enerjiye katkı başlığı altında, sözü edilen yerli doğal bariyer malzemeleri kullanılarak geçirgen reaktif bariyer sistemi çalışacak olmamız, hem Türkiye hem de dünyadaki ilişkin çalışmalara katkı sağlayabilecektir.

Ekonomik Etkisi: Türkiye'deki doğal ve milli kaynakların GRB arıtma teknolojisinde tutucu malzeme olarak kullanılacak olması ülke ekonomisine katkı sağlayabilecektir.

Ulusal Güvenlik Etkisi: Projeden elde edilecek sonuçlar, nükleer santral yapım çalışmalarının başladığı ülkemizde; ileriye yönelik olarak herhangi bir olası nükleer kaza sonucuna hazırlıklı olmak amacı ile doğal bariyer malzemelerin değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Radyoaktif olarak kontamine olmuş alanlardan Sr radyonüklitinin yayılımının önlenmesi amacıyla, ülkemizde bol olarak bulunan düşük maliyetli doğal bazı maddelerin bariyer amaçlı kullanımlarının incelenmesi, kaza esnasında ortaya çıkabilecek diğer fisyon ürünlerinin kontamine alanlarda tutulması konusunda da yön gösterici olup nükleer güvenlik amacıyla çevrenin korunmasına yol gösterecektir.

6. Uygulanabilirlik

Sr'un tutulmasında etken olan deneysel parametrelerin laboratuvar ortamında incelenmesi, ekonomik ve kolayca elde edilebilir yerli ve milli doğal kaynaklarımızın GRB sisteminin dizaynında kullanılması projede büyük avantaj sağlayacaktır.

Kutu modeli kullanılarak ikili bariyer sisteminin dizayn edilmesinde, bariyer malzemelerin özelliklerine bağlı olarak sistemin tıkanıklık problemi göstermesi risk oluşturabilir. Böyle bir risk ile karşılaşılması durumunda, bariyer ortamına belli bir miktarda inert bir malzeme (cam kürecikler, porselen kürecikler vb.) ilave edilerek tıkanıklık problemi ortadan kaldırılacaktır.

Literatürde stronsiyum çevresel kontamine ortamlardan temiz ortamlara yayılımının önlenmesi için, doğal malzeme katkılı iki komponentli geçirgen reaktif bariyer (GRB) sisteminin laboratuvar ölçekli bir prototip olarak tasarlanması ve değerlendirilmesinin yapıldığı bir çalışmaya rastlanmadığı ve ayrıca Türkiye'de uygulamasının olmadığı görülmüştür.

Çalışma bu yönüyle Türkiye'de bir ilk olacak, SCI kapsamında taranan dergilerde yayın çıkarma imkanı bularak daha sonraki araştırmacılara, gerek ulusal gerekse uluslararası çalışmalara ışık tutabilecektir.

Bu projede, yerli doğal bariyer malzemeleri kullanılarak tasarlanacak geçirgen reaktif bariyer sistemi ile stronsiyumun tutulumu, hem Türkiye hem de dünyadaki GRB teknolojisine ilişkin çalışmalar için örnek olabilecektir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin Tahmini Bütçesi 10.000 Türk Lirası

Kullanılacak Malzemeler	Kullanım Alanları
3D prototip kolon	Adsorpsiyon çalışmaları
Cam malzemeler (Beher, Balonjoje, Huni, Erlen, Pastör Pipeti)	Çözelti hazırlama ve optimizasyon çalışmaları
Manyetik Karıştırıcı	Çözelti hazırlama ve optimizasyon çalışmaları
Peristaltik Pompa	Adsorpsiyon çalışmaları
SEM-EDX, XRD, BET, FTIR, XRF	Karakterizasyon Çalışmaları
Perkin Elmer Optima 2000 DV ICP-OES	Sr derişiminin saptanması

Kullanılan Yöntem	Fiyat	Analiz Yapılacak Kurum
Perkin Elmer Optima 2000 DV ICP-OES ile Elementel Tarama	570 TL (Örnek Başına)	Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü
Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi (FTIR)	90 TL (Örnek Başına)	E.Ü. Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi
Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometresi (EDXRF)	150 TL (Örnek Başına)	E.Ü. Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi
Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)	250 TL (Saat)	E.Ü. Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi

ZAMAN*	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	1	1	1
İŞ ADIMLARI	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.	1.	2.
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
İş Paketi 1	X	X	X										
İş Paketi 2				X	X	X							
İş Paketi 3							X	X	X	X			
İş Paketi 4											X	X	

İş Paketi 1: Bariyer malzemelerin hazırlanması ve karakterizasyon çalışmaları

İş paketi 2: Stronsiyum'un doğal bariyer malzemelerle adsorpsiyon

İş Paketi 3: Tam Faktöriyel Deney Tasarım metodu kullanılarak geçirgen reaktif bariyer sistemi için optimizasyon çalışmaları.

İş Paketi 4: Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, ölçeklendirme hesaplamalarının yapılması, verilerin işlenmesi ve istatistiksel değerlendirme

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Bu projede, yerli doğal bariyer malzemeleri kullanılarak tasarlanacak geçirgen reaktif bariyer sistemi çalışacak olmamız, hem Türkiye hem de dünyadaki GRB teknolojisine ilişkin çalışmalar yapan grupları için örnek olabilecektir.

Projemiz, radyoaktif kontaminasyon/çevresel kontaminasyon konularında bariyer çalışmaları ve adsorban çalışmaları yapan ve kontaminasyonların önlenmesi konularında çevresel arıtma teknolojileriyle çalışan hızlı ve etkili çözüm üretmeye çalışan araştıma gruplarına hitap edecektir.

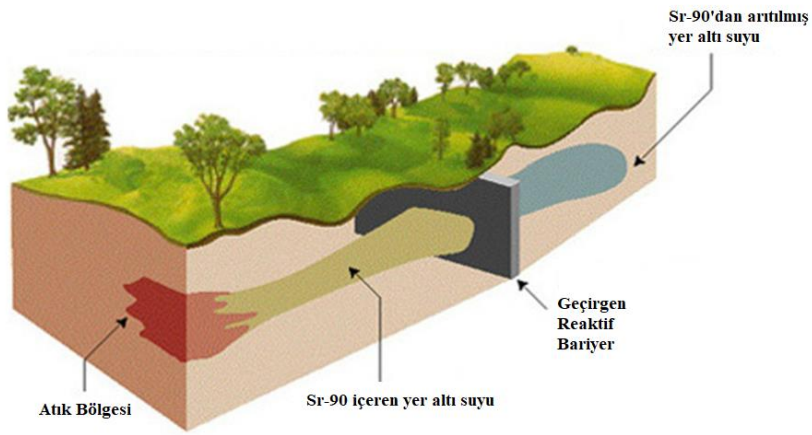
9. Riskler

Ham halleri ile kullanılacak olan doğal malzemelerin , Sr iyonları için düşük tutma kapasitesi göstermesi ve böyle bir durumda farklı yöntemlerle modifikasyon gerekliliğinin söz konusu olmasıdır.

Kutu modeli kullanılarak ikili bariyer sisteminin dizayn edilmesinde, bariyer malzemelerin özelliklerine bağlı olarak sistemin tıkanıklık problemi göstermesi risk oluşturabilir. Böyle bir risk ile karşılaşılması durumunda, bariyer ortamına belli bir miktarda inert bir malzeme (cam kürecikler, porselen kürecikler vb.) ilave edilerek tıkanıklık problemi ortadan kaldırılması .

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU	
En Önemli Risk(ler)	B Planı
Bariyer malzemelerin karakterizasyon çalışmalarında hizmet satın alınacak laboratuvarlarda mevcut cihazlarda olabilecek bir teknik arıza risk teşkil edebilir. Doğal adsorban olarak kullanılacak malzemeler ile beklenen sonuçlar alınamayabilir.	Bu durumda malzemelerin karakterizasyon çalışmaları, başka bir araştırma merkezinden hizmet alımı yolu ile gerçekleştirilecektir. Doğal adsorban olarak kullanılacak maddeler ile beklenen sonuçlar alınmadığı durumda farklı zeolit çeşitleri veya yapay zeolitler de kullanılabilir.
Tutulmuş çözeltide kalan stronsim iyonları konsantrasyonunun ICP-OES ile saptanmasında cihazdan kaynaklanan teknik bir sorun yaşanması risk teşkil edebilir.	Böyle bir durumda bu radyonüklitlerin saptanması ICP-MS veya AAS ile hizmet alımı yolu ile gerçekleştirilecektir.
Kutu modeli kullanılarak çoklu bariyer sisteminin dizayn edilmesinde, bariyer malzemelerin özelliklerine bağlı olarak bariyerin tıkanıklık problemi göstermesi risk oluşturabilir	Böyle bir risk ile karşılaşılması durumunda, bariyer ortamına belli bir miktarda inert bir malzeme (cam kürecikler, porselen kürecikler vb.) ilave edilerek tıkanıklık problemi ortadan kaldırılacaktır.
MC simülasyonlarında malzeme içeriklerinin ve homojenlik derecelerinin hesaplanamama riski tesir kesitlerin yanlış hesaplanmasına sebep olabilir	Monte Carlo Simülasyonunun başarılı olmaması halinde B Planı olarak TLD (Termo Lüminesans Dozimetre) ya da film dozimetre kullanılarak istenen mesafelerde doz ölçümü gerçekleştirilecektir.

Görseller:



Atık su ve Radyonüklit kontaminasyonu tehlikesi (2000, Volker Birke, An Introduction To Permeable Reactive Barriers)



Geçirgen Reaktif Bariyerin Uygulama ve Saha Çalışmaları (2000, Volker Birke, An Introduction To Permeable Reactive Barriers)

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- [1] Jiangmin Song, Guanxing Huang, Dongya Han, Qinxuan Hou, Lin Gan, Meng Zhang, A review of reactive media within permeable reactive barriers for the removal of heavy metal(loid)s in groundwater: Current status and future prospects, Journal of Cleaner Production, Volume 319, 2021, 128644, ISSN 0959-6526,
- [2] TÜBİTAK, 2004. “Enerji ve Çevre Teknolojileri Stratejisi, Vizyon 2023 projesi”, Enerji ve Çevre Teknolojileri Strateji Grubu, Ankara, 20-21.
- [3] EPA, 2008, Richard T. Wilkin, Steven D. Acree, Douglas G. Beak, Randall R. Ross, Tony R.Lee, Cindy J.Paul,” Field Application Of Permeable Reactive Barrier For Treatment Arsenic Of Groundwater”, Groundwater And Ecosystems Restoration Division.
- [4] 2000, Volker Birke, An Introduction To Permeable Reactive Barriers
- [5] Myers, R.H., Montgomery, D.A. 2001. “Response Surface Methodology”, 5th edn. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- [6] Brereton, R.G. 2003. “Chemometrics: Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant”, John Wiley & Sons, Ltd.
- Chicote, E., Moreno, D.A., Garcia, A.M., Sarro, M.I., Lorenzo, P.I., Montero, F. 2004. “Biofouling on the walls of a spent nuclear fuel pool with radioactive ultrapure water”, Biofouling, 20(1), 35-42.
 - Duborg, M. 1998. “Review of advanced methods for treating radioactive contaminated water”, Radioprotection, 32(1), 35-45.
 - DPT, 2001. 8.. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik, özel ihtisas Komisyonu Raporu, Kömür Çalışma Grubu Ankara.
 - El Afifi, E.M., Attallah, M.F., Borai, E.H.2016. “Utilization of natural hematite as reactive barrier for immobilization of radionuclides from radioactive liquid waste”, Journal of Environmental Radioactivity, 151, 156-165.
 - Garcia-Gutierrez, M., Missana, T., Mingarro, M., Samper, J., Dai, Z., Molinero, J. 2001. “Solute transport properties of compacted Ca-bentonite used in FEBEX Project”, Journal of Contaminant Hydrology, 47, 127–137
 - Gu B., Watson D. B., Phillips D. H, Liang L.Y., 2002. “Biogeochemical, Mineralogical, Hydrological Characteristics of an Iron Reactive Barrier used for Treatment of Uranium and Nitrate. In Handbook of Groundwater Remediation using Permeable Reactive Barriers: Applications to Radionuclides, Trace Metals, and Nutrients”, Academic Press, San Diego, 305-342.

- Moore, R., Szecsody, J., Rigali, M., Vermuel, V., Luellen, J.R. 2016. “Assessment of a Hydroxyapatite Permeable Reactive Barrier to Remediate Uranium at the Old Rifle Site, Colorado – 16193”, WM2016 Conference, March 6 – 10, 2016, Phoenix, AZ, USA.
- Munro, L.D., Clark, M.W., McConchie, D. 2004. “A Bauxsol-based Permeable Reactive Barrier for the Treatment of Acid Rock Drainage”, Mine Water and the Environment, 23, 183–194.
- Naftz D.L., Morrison S.J., Davis J.A., Fuller C.C., 2002, Groundwater Remediation of Trace Metals, Radionuclides, and Nutrients, with Permeable Reactive Barriers, Groundwater Remediation of Trace Metals, Chapter 8, Academic Press, 221-252.
- Rigol, A., Vidal, M., Rauret, G., 2002. “An overview of the effect of organic matter on soil-radiocaesium interaction: implications in root uptake”, Journal of Environmental Radioactivity, 58, 191-216.
- Robert E. Mackey, Kent von Maubeuge, 2003, Advances in geosynthetic clay liner technology, 2nd Symposium, ASTM Special Technical Publishing, STP:1456,
- Vince R. Vermeul, V.R., Szecsody, J.E., Fritz, B.G., Williams, M.D., Moore, R.C., Fruchter, J.S. 2014.” An Injectable Apatite Permeable Reactive Barrier for In Situ ⁹⁰Sr Immobilization”, Groundwater Monitoring & Remediation, 34(2), 28–41.

