

# AÇIK OCAKLARA YERALTISUYU BOŞALIMININ HESAPLANMASINDA KULLANILAN ANALİTİK VE NÜMERİK ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Ekmekçi<sup>a</sup>, Şükran Açikel<sup>a</sup>, Otgonbayar Namkhai<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara

(ekmekci@hacettepe.edu.tr)

## ÖZ

Yeraltısuyu seviyesinin altında faaliyet gösteren açık ocak işletmelerinde kazı alanına gelen yeraltısuyu boşalmalarının doğru bir şekilde tahmin edilerek gerekli önlemlerin alınması ve verimli ve güvenli bir işletme açısından büyük bir önem taşımaktadır. Farklı akifer türleri ve akım koşullarını temsil eden yeraltısuyu akımını benzeştiren kısmi diferansiyel denklemlerinin analitik çözümlerinden elde edilen eşitlikler bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Analitik eşitlikler, ortamın homojen ve izotrop olması gibi temel varsayımlar ile belirli sınır koşullarını temsil eden çözümlerdir. Öte yandan, doğal ortamlar çoğunlukla analitik çözümlerin varsayımları ve sınır koşullarına uygun özellikler sunmamaktadırlar. Bu nedenle, analitik eşitliklerin gerçek problemler için kullanılırken sonuçların belirsizlik analizleri ile birlikte yorumlanması büyük bir önem taşımaktadır. Buna karşın, akım denklemlerinin nümerik tekniklerle çözümü, ortamın heterojenlik ve anizotropi gibi özelliklerinin ve doğal ortamda karşılaşılan geometri ve sınır koşullarının çözüme yansıtılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, nümerik çözümlerin gerçekleştirilmesi için mevcut yazılımların kullanılması sırasında kullanıcının hidrojeolojik kavramsallaştırma ve karakterizasyon konularındaki bilgi birikimi ve deneyimi, doğru ve güvenilir bir çözüm için belirleyici olmaktadır.

Bu bildiriye, serbest akifer ortamında yeraltısuyu seviyesinin altında gerçekleştirilen bir açık ocak işletmesinde karşılaşılan yeraltısuyu boşalımı sorununun çözümü için uygulanan Marinelli-Niccoli (2001) analitik eşitlikleri kullanılarak yapılan hesaplamalar ile sonlu elemanlar tekniğini kullanan Seep/w yazılımı ile elde edilen nümerik çözüm arasındaki farklar irdelenmiştir. İşletme, kırıklı-çatlaklı bir akifer ortamı oluşturan granodiyoritler içinde yer almaktadır. Granodiyorit hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kuyular açılmış, bu kuyularda basınçlı su testleri gerçekleştirilmiş ve daha sonra gözlem kuyularına dönüştürülerek yeraltısuyu seviye gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında alanın hidrojeolojik kavramsal modeli tanımlanmıştır. Tanımlanan hidrojeolojik kavramsal model temel alınarak Marinelli-Niccoli analitik çözümü ve nümerik çözüm ile yapılan hesaplamalar sonucunda, yeraltısuyu seviyesinin ocak tabanından yüksekliğinin fazla olmadığı kazının ilk aşamalarında, analitik çözüm ile nümerik çözümlerin uyumlu sonuçlar verdiği, kazının derinleşmesiyle, bu uyumun yeraltısuyu çözümlerin hesaplama yapılan ocak tabanının akifer tabanından uzaklığına karşı hassas olduğu ortaya konmuştur. Bildiri, açık ocak işletmelerine meydana gelecek yeraltısuyu boşalımının hesaplanması için en uygun yaklaşım ve yöntemin seçilmesinde hidrojeolojik kavramsal modelin temsil ediciliğinin önemini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Açık ocak, analitik çözüm, kavramsal model, nümerik çözüm, yeraltısuyu boşalımı

## **COMPARISON OF ANALYTICAL AND NUMERICAL SOLUTIONS USED TO PREDICT GROUNDWATER FLOW INTO OPEN PITS**

**Mehmet Ekmekçi<sup>a</sup>, Şükran Açıkel<sup>a</sup>, Otgonbayar Namkhai<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>International Research Center For Karst Water Resources, Hacettepe University, Beytepe, Ankara  
(ekmekci@hacettepe.edu.tr)

### **ABSTRACT**

*Accurate prediction of groundwater flow into open pits excavated below the water table is of great importance from the standpoint of effective and safe mining operations. Analytical solutions for the partial differential equations developed to simulate groundwater flow for various conditions in different aquifer types is one of the common approaches applied to make this prediction. Analytical equations on the other hand, rely on basic assumptions such as homogeneous and isotropic medium and represent specific boundary conditions. However, real cases rarely satisfy these assumptions and the real case boundary conditions do not fit those considered in the solution. Therefore, results obtained from analytical equations should be handled with caution and interpreted along with uncertainty analysis. On the contrary, numerical solutions allow representation of all type of heterogeneity and anisotropy and it is easy to reflect the real case geometry of the flow domain and the boundary conditions. However, a special emphasis should be made that the knowledge and experience of the modeler in hydrogeological conceptualization and characterization are essential for an accurate and reliable prediction.*

*This paper compares the results obtained from two different methods, namely the Marinelli-Niccoli (2001) analytical solution and the numerical solution of a finite element code, Sep/w, applied to predict groundwater flow to an open pit excavated below the water table in an unconfined aquifer. The mine is located within a granodioritic fractured aquifer. Geotechnical boreholes were drilled where water pressure test were carried out for hydrogeological characterization. These boreholes were later completed and constructed as observation wells to monitor the groundwater levels. The data obtained from the field were then evaluated to construct a representative hydrogeological model of the site. The conceptual model was taken as the basis for Marinelli-Niccoli analytical model as well as for the numerical modeling. Comparing the two approaches has revealed that they give similar results when the pit bottom is shallow and the bottom of the aquifer is deep. The results diverge significantly as the pit gets deeper and the bottom of the pit becomes closer to the bottom of the aquifer. The paper suggests that the representativeness of the hydrogeological conceptual model is of major importance in choosing the appropriate approach and method for prediction of groundwater flow into open pits.*

**Keywords:** Open pit, analytical solution, numerical solution, conceptual model, groundwater inflow