ETH zürich

ETH Library

Inverse Modellierung zur Bestimmung hydrogeologischer Parameter eines Zweiphasensystems

Doctoral Thesis

Author(s):
Finsterle, Stefan

Publication date:
1992

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000693070

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH ex. B

DISS. ETH Nr. 9985

Inverse Modellierung zur Bestimmung hydrogeologischer Parameter eines Zweiphasensystems

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

vorgelegt von: Stefan Finsterle
Dipl. Kultur-Ing. ETH

geboren am: 8. Februar 1963
von: Zürich, ZH

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Dr.h.c. D. Vischer	Referent	25.1.93.
Prof. Dr. H. Flühler	Korreferent	
Dr. J. Trösch	Korreferent	

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH
CatE

ZUSAMMENFASSUNG

Der Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für radioaktive Abfälle basiert u.a. auf hydrodynamischen Modellrechnungen, welche den Systemzustand im Endlager, im unmittelbaren Nahfeld sowie in der grossräumigen Umgebung prognostizieren. Das Vorhandensein von Naturgas sowie die Produktion von Korrosionsgasen im Endlager selbst führen dazu, dass der zu untersuchende Bereich als Zweiphasensystem zu beschreiben ist. Ein mathematisch-numerisches Modell, welches die Strömung der flüssigen und gasförmigen Phase im porösen Medium simuliert, hat zahlreiche Effekte wie Kapillarität, relative Permeabilität, Phasenübergänge etc. zu berücksichtigen. Die chemische Zusammensetzung der einzelnen Phasen sowie deren physikalischen Eigenschaften sind zudem abhängig von den aktuellen Druck- und Temperaturverhältnissen.

Die Resultate jeder Prognoseberechnung hängen von zahlreichen Parametern ab, welche die strömungsrelevanten Gesteinseigenschaften im Modell repräsentieren. Die Bestimmung dieser Modellparameter erfolgt mittels Kalibrierung des Modells anhand von Messdaten, welche den Systemzustand an diskreten Punkten in Raum und Zeit wiedergeben.

In der vorliegenden Arbeit werden die theoretischen Grundlagen zusammengestellt, welche die Beziehung zwischen den fehlerbehafteten Messdaten und den daraus abgeleiteten Modellparametern beschreiben. Ein Verfahren zur automatischen Kalibrierung eines Zweiphasenmodells wird erarbeitet und in einem Computerprogramm implementiert. Die Parameterschätzung mittels Inverser Modellierung verlangt eine genaue Beschreibung der signifikanten Prozesse, der Modellgeometrie, der Anfangs- und Randbedingungen im sogenannten Funktionalen Modell. Zusätzlich muss die Fehlerstruktur der Messdaten im Stochastischen Modell zusammengefasst und ein Optimierungskriterium formuliert werden. Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich damit optimale Parameter - bezogen auf die gegebene Modellstruktur und die zur Verfügung stehenden Daten - bestimmen und deren Genauigkeit abschätzen.

Anhand eines synthetischen Laborexperimentes wird das Vorgehen bei der Inversen Modellierung aufgezeigt. Die Auswertung des Gastests im Felslabor Grimsel stellt sodann ein Anwendungsbeispiel dar, bei dem das gewählte Kalibrierungsverfahren im Rahmen einer praxisbezogenen Fragestellung eingesetzt wird.

Die automatische Kalibrierung zur Bestimmung hydrogeologischer Modellparameter ermöglicht ein besseres Verständnis des Systemverhaltens unter Zweiphasenbedingungen und erhöht somit die Zuverlässigkeit der anschliessenden Prognoseberechnung.

RESUME

Parmi les formations géologiques étudiées en Suisse, en vue d'un stockage potentiel de déchets radioactifs, certaines contiennent du gaz naturel. De plus, à l'intérieur même du dépôt, la production de gaz de corrosion pourrait conduire à la formation d'une zone non saturée affectant les conditions d'entreposage. La caractérisation hydrogéologique du site de stockage nécessite une compréhension des systèmes d'écoulements. Leur modélisation est effectuée à l'aide d'un modèle numérique d'écoulement à deux composantes sous conditions biphasiques.

Dans cette étude, l'estimation des paramètres liés au gaz contenu dans la formation est réalisée par modélisation inverse. Par des techniques d'optimisation, dans le cadre d'un modèle conceptuel donné, les paramètres du modèle d'écoulement sont estimés à partir de données expérimentales sur l'état du système. L'approche théorique permettant l'obtention des paramètres du modèle à partir des données de terrain est présentée. La procédure d'estimation des paramètres proposées est implémentée dans un logiciel de calibration automatique du modèle numérique. Cet outil informatique permet l'identification des principaux paramètres régissant les écoulements souterrains d'eau et de gaz au sein de milieux poreux.

L'approche de modélisation inverse proposée est testée sur des données synthétiques, ainsi que sur les données réelles en provenance du laboratoire du Grimsel. L'applicabilité de la procédure et ainsi également démontrée dans un cadre géologique réel.

L'estimation de paramètres hydrogéologiques par calibration automatique d'un modèle numérique d'écoulement améliore la compréhension du comportement de systèmes biphasiques, et assure une meilleur qualité des prédictions réalisées à partir du modèle.

ABSTRACT

Investigations related to the disposal of radioactive wastes in Switzerland are dealing with formations containing natural gas as potential host rocks for a repository. Moreover, gas generation in the repository itself may lead to an unsaturated zone of significant extent and impact on the system's performance. The site characterization procedure requires the estimation of hydraulic properties being used as input parameters for a two-phase two-component numerical simulator.

In this study, estimates of gas related formation parameters are obtained by inverse modeling. Based on discrete observations of the system's state, model parameters can be estimated within the framework of a given conceptual model by means of optimization techniques. This study presents the theoretical background that relates field data to the model parameters. A parameter estimation procedure is proposed and implemented in a computer code for automatic model calibration. This tool allows to identify key parameters affecting flow of water and gas in porous media.

The inverse modeling approach is verified using data from a synthetic laboratory experiment. In addition, the Gastest performed at the Grimsel Test Site is analyzed in order to demonstrate the applicability of the proposed procedure when used with data from a real geologic environment.

Estimation of hydrogeologic parameters by automatic model calibration improves the understanding of the two-phase flow processes and therefore increases the reliability of the subsequent simulation runs.