



## Doctoral Thesis

# Dehydration-induced pore-fluid pressure anomalies and the weakening of rocks

**Author(s):**

Ko, Suz-chung

**Publication Date:**

1993

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000915112> →

**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 No. 10192

**DEHYDRATION-INDUCED PORE-FLUID PRESSURE  
ANOMALIES AND THE WEAKENING OF ROCKS**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH  
for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

Presented by  
Suz-chung Ko  
M. Sc. in Geology  
National Taiwan University, Taiwan, R. O. C.  
born August 22, 1964  
citizen of Taiwan, Republic of China

Accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Kenneth J. Hsü, examiner  
Dr. David L. Olgaard, co-examiner  
Prof. Dr. Teng-fong Wong, co-examiner

1993

## ABSTRACT

Elevated pore pressures caused by the dehydration of hydrous minerals have been proposed to explain the mechanical weakening and localisation of strain at the base of overthrusts and in some seismic zones. Laboratory experiments on several dehydrating rocks have shown dramatic weakening and embrittlement under undrained conditions. However, rocks in the earth are not undrained but have a finite permeability. The present research is an experimental and numerical modelling study of the temporal evolution of fluid production, porosity, permeability and pore pressure excesses during dehydration reactions. The aim is to explore the transition from undrained to fully drained behaviour and, therefore, more closely simulate conditions in the earth.

Hydrostatic pressure and axial deformation experiments have been performed on natural gypsum at various temperatures, confining pressures, and pore pressures both below and above dehydration conditions. The hydrostatic experiments show that the fluid expulsion rate increases with increasing temperature, decreasing pore pressure and increasing effective pressure. Samples are weakened brittly only during the earliest stage of dehydration.

The numerical simulations demonstrate that at the onset of dehydration, the pore pressure initially increases following an "undrained" path, then decreases rapidly as porosity and permeability increase. The magnitude and duration of this pore pressure "pulse" are dependent on the dehydration kinetics and hydro-mechanical properties. For the crustal scale, a dehydration-induced pore pressure anomaly can be maintained for a few thousand years before decaying.

The results of this study suggest that even under natural conditions in the earth's crust significant pore pressure excesses induced by dehydration are possible. Pore pressures high enough to cause weakening and embrittlement of the hydrous layer would occur during the earliest stage of the dehydration.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit berichtet über die Untersuchung der zeitlichen Entwicklung von Flüssigkeitsproduktion, Änderungsraten von Porosität und Permeabilität wie auch von Porenüberdruck, während einer Dehydratationsreaktion in Experimenten und im numerischen Modell. Im Experiment mit Gips wird das Gesamtvolumen an ausgestossener Flüssigkeit grösser bei höherem effektivem Druck (Manteldruck minus Porendruck). Bei Temperaturen von 120° bis 132°C lag die Flüssigkeitsförderrate bei  $5 \cdot 10^{-6}$  bis  $1 \cdot 10^{-4}$  /s. Diese Rate nimmt mit steigender Temperatur, abnehmendem Porendruck und Zunahme des effektiven Drucks zu. Ebenso wurde eine Zunahme des Porendrucks bei Experimenten mit konstantem Flüssigkeitsvolumen beobachtet. Axiale Deformation erhöht den Flüssigkeitsausstoss um einen Faktor 3 bis 4. Die Gipspermeabilität bei Raumtemperatur und effektivem Druck von 3 bis 190 MPa variiert von einigen micro-darcy ( $10^{-16}$  m<sup>2</sup>) bis zu wenigen nanno-darcy ( $10^{-21}$  m<sup>2</sup>). Modellrechnungen zeigen, dass bei Einsetzen der Dehydratation der Porendruck anfänglich ansteigt, sich wie im undrainierten Fall verhält, und sich so ein beachtlicher Porenüberdruck aufbauen kann. Die einsetzende Zunahme der Porosität führt zu verbesserter Permeabilität. Dies erhöht die Effizienz, mit der das System drainieren und den Porenüberdruck abbauen kann. Die Größe und Dauer dieses Porendruck-"Pulses" stehen sehr direkt im Zusammenhang mit der Kinetik der Dehydratation und den hydromechanischen Eigenschaften. Für eine Dehydratationsreaktionsrate von  $4.5 \cdot 10^{-14}$ /s, eine Porositätsänderungsrate von  $4 \cdot 10^{-14}$ /s, eine Ausgangsporosität und Permeabilität von 0.2% respektive 50 nano-darcy und einer Porenkompressibilität von  $10^{-16}$ /Pa, kann sich innerhalb von 1'500 Jahren ein maximaler Porenüberdruck von 275 MPa (was den lithostatischen Druck übersteigt) entwickeln. Diese Porendruck-anomalie kann für ca. 4'000 Jahre aufrechterhalten werden und geht dann langsam auf hydrostatisches Niveau zurück. Damit ist angezeigt, daß auch unter natürlichen, zeitweilig drainierten Bedingungen in der Erdkruste, erhebliche Porenüberdrücke – bedingt durch Dehydratationsreaktionen – entstehen und die mechanischen Eigenschaften der Gesteine beeinflussen können.