



Geologia, geotècnia i
serveis científico-tècnics

- ANNEX DE DOCUMENTACIÓ -

CONSOLIDACIÓ SUBGLACIAL D'AQUÍFERS POROSOS

Direcció:

Valentí TURU i MICHELS

Carrer Dr. Nequi 4-1^o3^a

AD500 Andorra la Vella

Telèfon i fax: 321815 - 820323

E-mail: igeotest@myp.ad

<http://www.igeotest.ad>

A.5 EQUÀCIONS DE LA CONSOLIDACIÓ SUBGLACIAL

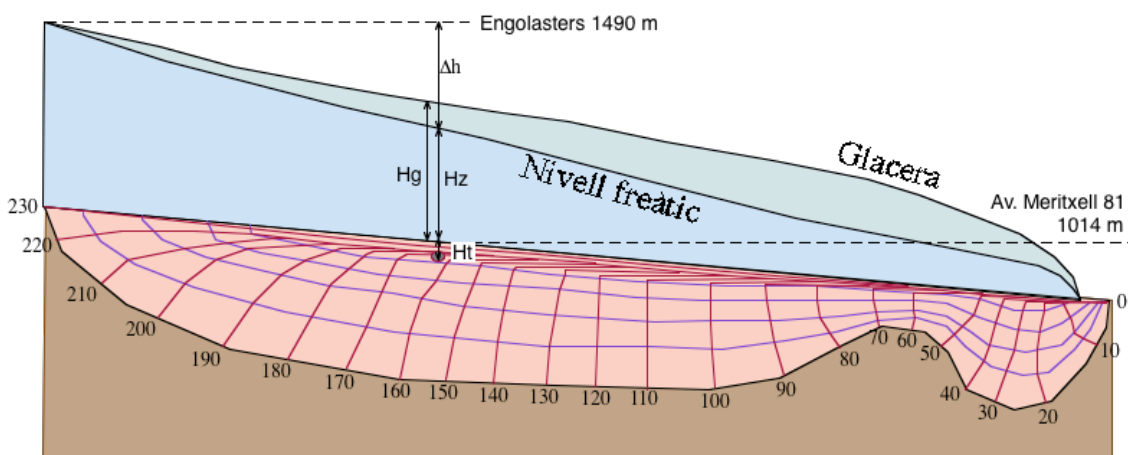
Assumint que la tensió transmesa al terreny per la sobrecàrrega és constant en els primers metres de la superfície de contacte, el valor de la pressió de consolidació subglacial en un punt ha d'estar en funció d'un esforç de compressió vertical i , d'una component de subpressió vertical de sentit contrari al primer, és a dir que l'eqüació ha de ser del tipus:

$$P_f = A(g,t) - B(ae,ad)$$

El primer terme (A) ha d'estar en funció de les següents variables, la columna de glaç existent (g) i la columna de sediments present (t), mentre que la segona component (B) ha d'estar en funció de la pressió hidroestàtica (ae) i la hidrodinàmica (ad). La relació que uneix els dos termes ha de ser de signe contrari ja que el que es mesura (P_f = pressió de fluència) és la pressió efectiva dels esforços existents; així doncs l'eqüació desenvolupada és:

$$P_f = g(H_g\gamma_g + H_t\gamma_t - (H_z - \Delta h \Phi_i/\Phi_{n+1})\gamma_a) \quad (1)$$

- On:
- H_g = Columna de glaç en metres
 - H_t = Columna de terres en metres
 - H_z = Columna d'aigua saturada (fins al nivell freàtic)
 - Φ_i = Equipotencial que li correspon al punt d'assaig
 - Φ_{n+1} = Número total d'equipotencials del sistema
 - Δh = Diferència d'alçades del nivell freàtic entre dos punts
 - γ_g = Densitat no saturada del gel
 - γ_t = Densitat no saturada de les terres
 - γ_a = Densitat de l'aigua
 - g = Acceleració de la gravetat (en funció de la latitut)



Línies de flux —————
Equipotencials —————

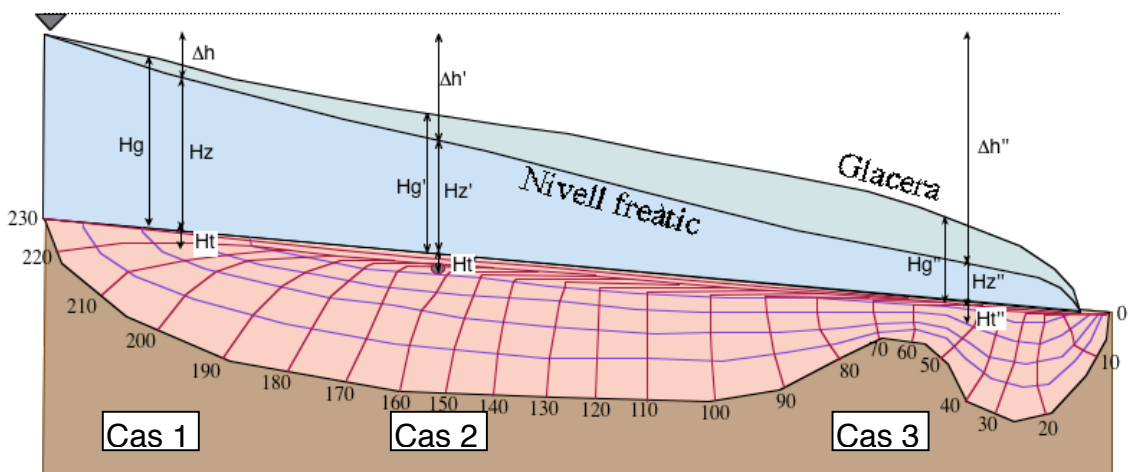
La part hidrodinàmica de l'equació presenta unes implicacions força interessants, ja que tal com es pot observar presenta una relació oposada a la part hidroestàtica; és a dir que el treme que resta a la pressió vertical de la columna de glaç i terres pot arribar a valdre zero quan:

$$H_z = \Delta h \Phi_i / \Phi_{n+1}$$

En el moment en que la part hidrodinàmica és zero la tensió que queda enregistrada en el sediment correspon exactament a la sobrecàrrega de glaç més la de terres.

També implica que si la part hidrodinàmica és més important que la estàtica, la diferència es sumi a la part de compressió vertical, no obstant aquest fet és molt poc provable que esdevingui, ja que a l'augmentar Δh el valor de l'equipotencial Φ_i disminueix, mentre que el valor de Φ_{n+1} és sempre constant.

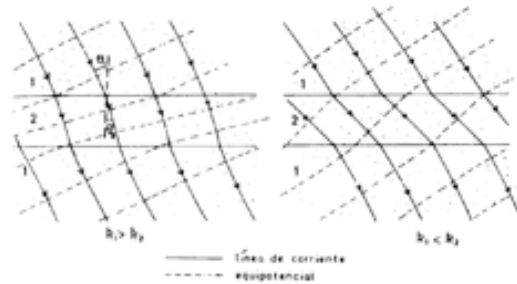
A la present figura s'han representat tres casos possibles, el primer amb una situació propera a la zona de recàrrega, la segona en una posició inetrmedia a la vall i la última a prop de la zona de descàrrega.



Línies de flux —————
Equipotencials —————

En el primer cas $H_z > \Delta h$ i el valor de Φ_i / Φ_{n+1} és proper a la unitat, en el segon cas $H_z' \approx \Delta h'$ i el valor de Φ_i / Φ_{n+1} és proper a 1/2 i, finalment en el cas tres $H_z'' < \Delta h''$ mentre que el valor de Φ_i / Φ_{n+1} tendeix cada cop més a zero.

Aquests fets impliquen que el terme $H_g\gamma_g + H_t\gamma_t$ quedi més o menys reduït en funció de la posició respecte al sector drenant, però com el terme H_g és cada cop menor en direcció del sector drenant i la relació Φ_i/Φ_{n+1} tendeix cada cop més a zero, el valor de la preconsolidació per cada profunditat es va mantenint sobre els mateixos valors, fet que permet identificar i correlacionar la capa al llarg de tota la conca.



Tal com s'ha explicat al capítol anterior, quan el sistema aquífer és presentat estratificat amb marcades diferències de permeabilitat, (K_1 i K_2), el resultat és que les línies de corrent són refractades de la següent forma:

$$K_1/K_2 = \text{Tg } \theta_1 / \text{Tg } \theta_2$$

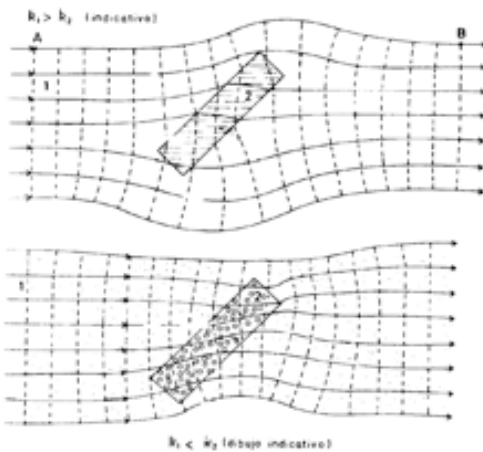
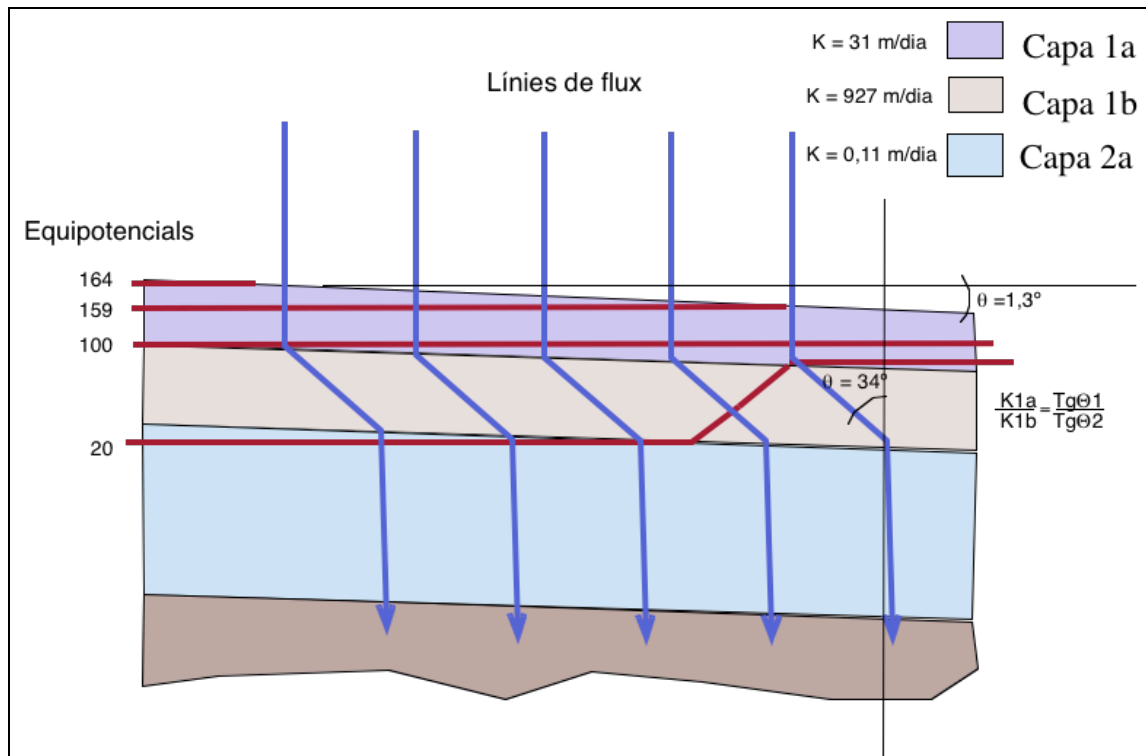


FIGURA 8.31

Efecto de las heterogeneidades sobre las líneas de flujo. Si k aumenta las líneas equipotenciales tienden a separarse y las líneas de corriente a juntarse, o sea que la dirección del flujo se hace más oblicua a lo normal a la interfase. (se acerca a la interfase).

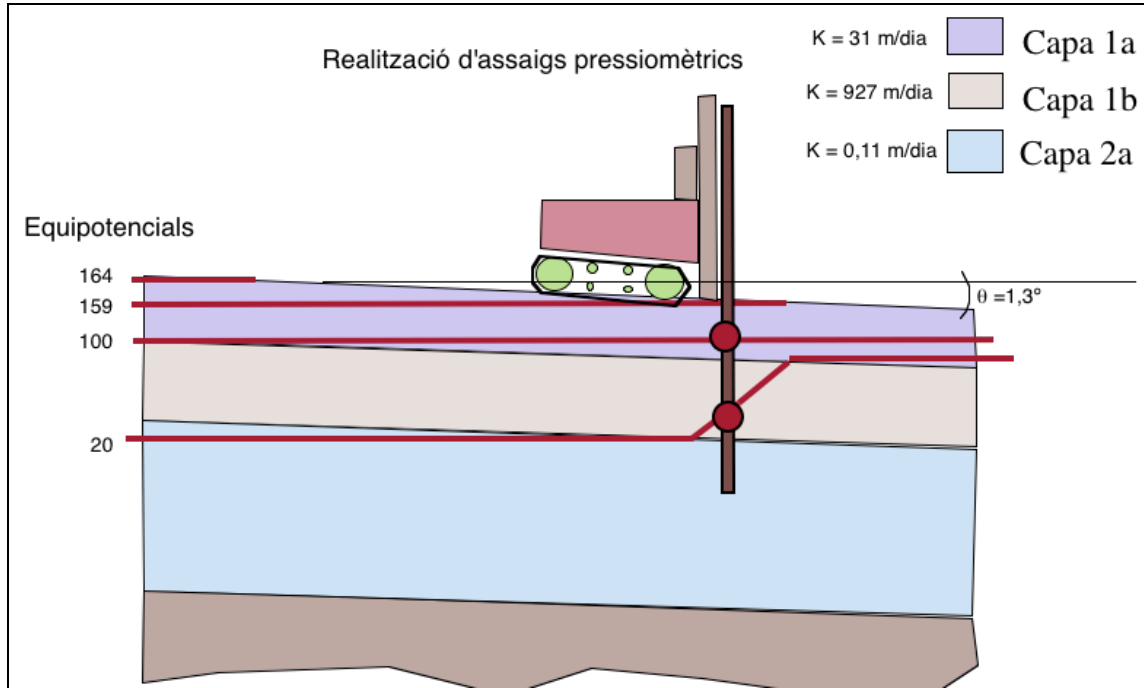
On θ_1 i θ_2 són respectivament els angles d'inclinació de la línia de corrent amb la normal al contacte entre les dos capes, per la qual cosa les equipotencials, que són perpendiculars a les línies de corrent, també es veuran afectades. Si els valors de la permeabilitat entre dos materials són semblants, l'efecte del canvi de direcció de les línies de flux es poc important, no obstant si la relació de permeabilitats és molt gran la direcció del flux es veu canviada de forma radical, de forma que les equipotencials que són perpendiculars a les línies de flux també es veuen molt afectades.



Si les equipotencials canvien de inclinació d'una forma important, es dona que els valors d'aquestes equipotencials poden ser molt diferents en un interval espacial molt curt. Aquest fet té una implicació fonamental en la consolidació dels materials subglacials, ja que la consolidació està lligada a la relació Φ_i/Φ_{n+1} i si aquesta relació varia de forma important sobre una mateixa vertical, poden coexistir materials que estiguin consolidats de forma molt diferent.

El fet de que puguin existir materials que presentin valors molt diferents de Φ_i en poca profunditat, quan les altres variables ($H_g\gamma_g$, $H_t\gamma_t$, H_z) no varien, implica que puguin existir diferents pressions de consolidació sobre una mateixa vertical i en una profunditat molt reduïda, fet que no es produiria si el canvi de permeabilitat en el contacte entre dos materials fos poc contrastat.

Per tant si es realitza una sèrie d'assajos pressiomètrics en bateria, hom detectarà un perfil de pressions de fluència decreixent en profunditat (P_f capa 1a \gg P_f capa 1b) fins assolir la següent capa consolidada que es troba a més profunditat (capa 2a).



Hom podria suposar que la següent capa consolidada (capa 2a) li ha succeït un fet semblant al de l'anterior capa consolidada (capa 1a), ja que per sota de la capa 2a existeix una amb una permeabilitat més elevada que segurament deu estar menys consolidada (capa 2b).

La consolidació d'aquesta nova capa no és contemporània a les suprajacents, ja que les equipotencials en profunditat prenen valors sempre inferiors als valors de les equipotencials de les capes superiors i per tant no pot assolir pressions de fluència altes com és el cas, la qual cosa implica que aquesta nova capa resistent s'ha consolidat en una època glacial anterior.

Al tenir una sèrie de pressions de fluència en profunditat i si es coneixen els valors de les equipotencials del sistema hidrodinàmic, hom pot establir un sistema d'equacions per obtenir la incògnita Δh , és a dir:

$$\begin{aligned} Pf_1 &= H_g \gamma_g g + H_{t1} \gamma_{t1} g - (H_z - \Phi_1 / \Phi_{n+1} \Delta h) g \gamma_a \\ Pf_2 &= H_g \gamma_g g + H_{t2} \gamma_{t2} g - (H_z - \Phi_2 / \Phi_{n+1} \Delta h) g \gamma_a \\ \hline Pf_1 - Pf_2 &= H_{t1} \gamma_{t1} g - H_{t2} \gamma_{t2} g + (\Phi_1 / \Phi_{n+1} - \Phi_2 / \Phi_{n+1}) \Delta h g \gamma_a \end{aligned}$$

M N

On les lletres M i N són variables conegudes a partir de les operacions de la resta de les variables $H_{t1}\gamma_{t1} - H_{t2}\gamma_{t2}$ per M i $\Phi_1/\Phi_{n+1} - \Phi_2/\Phi_{n+1}$ per N. Així doncs:

$$\Delta Pf = M + N * \Delta hg \gamma_a$$

$$(\Delta Pf - M - N) / g \gamma_a = \Delta h$$

La substitució d'aquesta incògnita (Δh) a una de les dos equacions (Pf_1 o Pf_2) i aïllant en un costat de la igualtat la incògnita (H_g) s'obté l'expressió:

$$H_g = [(Pf_1 - H_{t1}\gamma_{t1})g - (H_z - \Phi_1/\Phi_{n+1} \Delta h)g \gamma_a] / \gamma_g g \quad (2)$$

Si hom coneix la situació de l'existència d'un llac juxtaglacial (cota Q, veure figura) es pot conèixer el valor de H_z simplement per la diferència entre $H_z = Q - \Delta h$, per tant el valor de la columna de gel pot ser coneguda immediatament a partir de l'equació (2).

