المبادئ الاساسية لحركة المياه الجوفية

1.12 <u>قانون دراسي :</u> ان المياه الجوفية تتحرك بصورة طبيعية وبالاتجاهات كافة وبمعدلات سرعة متغايرة ونوع حركة متغاير اعتماداً على ظروف الخزان وصفاته والعوامل المؤثرة فيه . ان من أهم القوانين التي توضح الحركة الطبيعية للمياه الجوفية قانون دراسي الذي قد طور رياضياً واحصائياً وهندسياً لملاءمة حركة المياه الجوفية والحسابات الخاصة بها عند الظروف المختلفة التي تتواجد فيها المياه الجوفية وخاصة عند تحديد صفات الحركة ضمن عمليات الاستخراج وخلال أنواع الخزانات ، وتحت المنشآت الهندسية ذات العلاقة وتحت تأثير العوامل الطبيعية من الأنهار والبحيرات والبحار .

لقد اكتشف العالم هنري دراسي عام (1856) قانون حركة المياه ضمن الطبقات الرملية المستوية والمستعملة لأغراض ترشيح المياه عندما توصل الى ان حجم المياه المارة ضمن مقطع معين وبين نقطتين تفصلهما مسافة واختلاف في الضغط الرأسي تتناسب عكسياً مع المسافة بين هاتين النقطتين . ان هذا المفهوم هو الذي أرسى دعائم علم حركة المياه الجوفية وكان له الفعل الأساس في تطويرها لتلائم الحالات الخاصة المذكورة أعلاه .

ان الأساس لهيدروليكية المياه الجوفية هو قانون دراسي الذي ينص على تناسب معدل التدفق Q (الحجم في وحدة الزمن) مع هبوط عمود الماء (الضاغط) (h_1-h_2) وعكسياً مع طول مسار التدفق (L) .

والمعادلة التي توضح قانون دراسي لها عدد من الصيـــغ ، والصيغـة الأكثر شيوعاً هي كما يأتي :

$$Q = KA(h_1 - h_2) / L \quad \text{.....} \quad 1.12$$

ويشترط لتطبيق قانون دراسي أن تكون حركة التدفق صفيحيا وغـــير مضطربة حيث (K) هو ثابت يتعلق بطبيعة التربة أو الوسط المسـلمي. وبتصريف سرعة التدفق (V) على انها التصريف خلال مقطع عمودي على اتجاه التدفق ويمكن اعادة كتابة المعادلة (1.12) كما يأتي :

$$V = Q/A = K(h_1 - h_2)/L \quad \text{.....} \quad 2.12$$

وهي تعبير عن شكل آخر لمعادلة دارسي . وبما ان الماء يتدفق فقـــط في أوساط مسامية فان السرعة الحقيقية للماء أكبر من سرعة دارســـي المعرفة بالمعادلة (2.12) . لذا فان العلاقة بين السرعة الحقيقيـــة (V_a) وسرعة دارسي هي :

$$V_a = V/n \quad \text{.....} \quad 3.12$$

حيث (n) هي مسامية الوسط وفي بع الأحيان يكون جزء مـــن المـاء المشبع لفراغات الوسط المسامي محصور في مكانه بفعل قوى التوتـــر السطحي عالي أسطح جزيئات التربة ، وفي هذه الحالة يمكـــن تحديـد قيمة المسامية الفاعلة وفقاً للتدفق القائم خلال الوسط ويرمز لها بـــ(n_e) وهي أصغر دوماً من مسامية الوسط (n) وبالتالي فان المعادلـة (3.12) تصبح :

$$V_a = V/n_e \quad \text{.....} \quad 4.12$$

وعندما يكون التدفق ذا أبعاد ثلاثة وضمن وسط متجانس . فان المعادلة (2.12) يمكن كتابتها بالصيغة الآتية :

$$V_x = -k\frac{dh}{dx} \ , \ V_y = -K\frac{dh}{dy} \ , \ V_z = -k\frac{dh}{dz} \quad \text{..... 5.12}$$

وتشير الاشارة السالبة الى ان التدفق هو اتجاه تناقص الضغط .

ولا بد من تأكيد ما يأتي :

أ. ان السرعة النوعية (Specific Velocity) هي سرعة ظاهرية وتعرف بقيمة التصريف مقسوما على مساحة المقطع العرضي للوسط المسامي الذي تتحرك منه المياه الجوفية . اما السرعة الحقيقية (Actual Velocity) فهي تختلف من نقطة الى اخرى خلال المقطع والوسط وهي حقيقة اعلى من السرعة النوعية لذا وعند ادخال تأثير معامل المسامية على قانون حركة المياه الجوفية فان قانون دارسي يمكن ان يكتب بالصيغة الاتية :

$$V = \frac{Kdh/dl}{n} \quad \text{.....6.12}$$

ب. ان حركة المياه الجوفية اعتمادا على الميل الهيدروليكي تؤدي الى فهم خاطئ في بعض الاحيان يتبين ان الحركة تحصل من النقاط المرتفعة الى النقاط الاوطئ ضغطا بصورة دائمية ، ان هذا صحيح في حالة الحركة الافقية فقط .

ج. ان المياه الجوفية عند حركتها تفقد جزءا من طاقتها وان الطاقة الكامنة (Potential Energy) للمياه الجوفية تتحول الى طاقة حرارية نتيجة

لمقاومة الاحتكاك لحركة المياه من قبل الوسط المسامي لذا فان التناقص الرأسي للضغط ضمن المياه المتحركة هي دالة لمعدل الحركة ومعدل المقاومة للحركة كما ان المقاومة لحركة المياه الجوفية تعرف بصورة غير مباشرة معامل النفاذية :

$$V = \frac{K \ dh}{n \ dL} \quad \text{..... 7.12}$$

$$K = Vn \frac{dL}{dh} \quad \text{..... 8.12}$$

وعلى هذا الأساس فان سرعة المياه الجوفية تعتمد كلياً على الانحدار الهايدروليكي فقط اذا كانت النفاذية ثابتة ولما كان الانحدار الهايدروليكي هو تعبير عن انحدار منسوب المياه الجوفية فيمكننا القول بأن سرعة المياه الجوفية تعتمد على مقدار منسوب المياه الجوفية اذا كانت بقية العوامل ثابتة .

لقد دلت الملاحظات الحقلية والمعلومات المتواجدة عن حركة المياه الجوفية على بعض الملاحظات العامة التي من الممكن الاستفادة منها في دراسة حركة المياه الجوفية . فاذا كان انحدار منسوب المياه الجوفية أو المنسوب البيزومتري عالياً وتصريف المياه الجوفية قليلاً فهذا يعني ان نفاذية الخزانات المائية الجوفية قليلة . أما اذا كانت كمية المياه المعادة التصريف (Recharged Water) قليلة ففي هذه الحالة يكون انحدار منسوب المياه الجوفية بسيطاً . وفي المناطق الرطبة يكون

الانحدار الهايدروليكي (انحدار منسوب المياه الجوفية) بسيطاً عندما تكون النفاذية عالية ، أما في المناطق الجافة أو شبه الجافة فان النفاذية الواطئة تسبب انحداراً بسيطاً لمنسوب المياه الجوفية .

ان حركة المياه الجوفية تكون على نوعين :

1- الجريان الطبقاتي (Laminar Flow) : وهي حركة المياه بشكل خطوط وهمية متوازية ومحافظة على مسافات وهمية فيما بينها وتكون جميع النقاط على هذه الخطوط باتجاه واحد وتمتاز بسرعة متنظرة جداً حيث لا يوجد تناقص رأسي للسرعة مع الزمن وهي تمثل الحركة الطبيعية للمياه الجوفية ، لذا فان :

$$Q = K A I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9.12$$

2- الجريان المضطرب (Turbelant Flow) : وهي حركة المياه بشكل مضطرب وبسرع مختلفة وباتجاهات مختلفة ، وهي ناتجة عن اختلافات في الميل الهيدروليكي واختلافات في قيم النفاذية والمسامية العالية وطوبوغرافية الخزان :

$$Q = K A I F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 10.12$$

حيث ان :

F = معامل الاضطراب

لذا عند تطبيق قانون دارسي من المهم معرفة الحدود التي تطبق بها المعادلة . أي لا بد من التعرف على طبيعة الحركة اذا كانت هادئة او مضطربة . ولهذا لا بد من تطبيق معادلة (Reynold Number) التي

توضح النسبة بين (Intertial To Viscous Forces) . ان هذه النسبة تميز حركة المياه ، اعتمادا على مواصفات الخزان . وتعرف الحدود الدنيا والعليا للحركة لغرض معرفة ما اذا كان ممكن تطبيق قانون دارسي على الخزان من عدمه . ان هذه الحدود تطابق القيمة عند الحيود عن العلاقة الخطية .ولتوضيح هذه المسألة لا بد من معرفة ان المياه الجوفية الطبيعية تمتاز بقيمة NR اقل من (1) حيث يمكن تطبيق معادلة دارسي . ان الحيود عن ذلك يؤدي الى زيادة قيمة الـ NR أي التحول الى طبيعة الجريان المضطرب تدريجيا وخصوصا في الخزانات الصخرية وكذلك غير المتصلبة (Unconsolidated) التي تمتاز بميل هيدروليكي عالي او في الخزانات ذات المسامية الكبيرة الحجم والكبيرة الفتحات . وعند حركة المياه بين (NR = 1- 10) تمتاز الـ (Intertial Forces) بعدم الانتظام على العكس من قيم الـ (NR) الاقل من (1) . اما عند تجاوز الـ NR قيمة معينة (NR=10) فتتحول طبيعة الجريان الى النوع المضطرب حيث لا يمكن تطبيق قانون دارسي ومن الممكن تحديد القيمة العليا لتطبيق قانون دارسي من خلال رسم العلاقة اللوغارتمية بين (NR) و (F) (Fanning Friction Factor) (الشكل رقم 1.12) .

11.12 ..... $F = \Delta p / 2\ Lv2$

12.12 ..... $NR = \rho vd / u$

حيث ان :

ρ = كثافة السائل

v = السرعة الظاهرية للمياه الجوفية

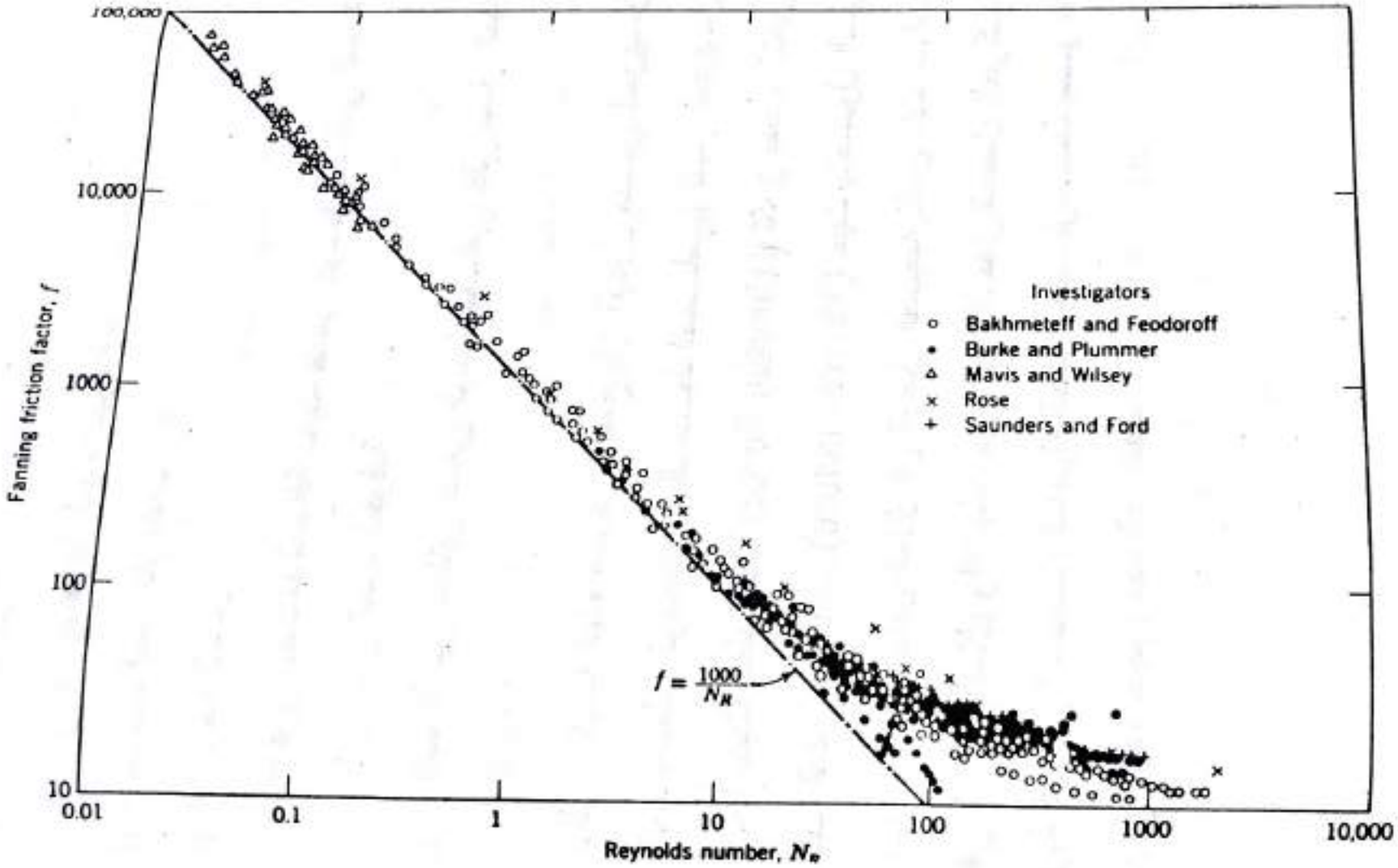
d = متوسط قطر الفراغات

u = لزوجة السائل

Δp = فرق الضغط لمسافة معينة ضمن الوسط المسامي المسافة على مسار المياه الجوفية

L = المسافة بين نقطتين ضمن الوسط المسامي على مسار المياه الجوفية

ان النظرة الاولية لهذه العلاقة توضح بان التحول من الجريان الطباقي (حيث تتغلب قوة مقاومة الوسط المسامي) الى الجريان المضطرب (حيث تتغلب الـ (Inertial Force)) تكون بسبب التغير من التركيب الدقيق للمسامية (Microstructure) حيث يتحول الى مسامية اكبر . وعلى سبيل المثال ان الرمال الطبيعية تكون ذات مسامية متغيرة في القيمة والشكل والاتجاه ومع زيادة الانحدار تحصل الحركة المضطربة فقط في المسامات المنعزلة الكبيرة حيث ترتبط بسرعة الحركة ومع زيادة حجم وعدد الفراغات .



الشكل رقم 1.12 : العلاقة بين NR ومعامل F لتحديد نوع حركة المياه