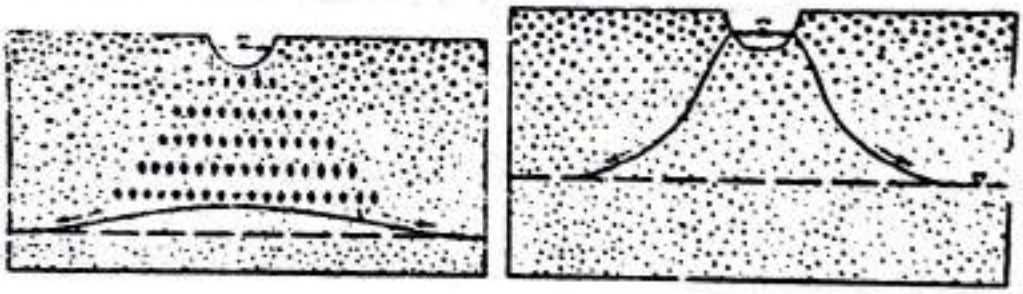
المياه الجوفية Groundwater

1.11 المبادئ الاساسية: يفهم الانسان المياه السطحية بصورة اشمل من فهمه للمياه الجوفية وذلك كون المياه السطحية دائما امام ملاحظته . ويرجع الانسان بفطرته جميع التغيرات التي تحدث للمياه السطحية سواء كانت كمية او نوعية الى اصل مصدرها الامطار . وهذا الامر حدا بالانسان الى الاهتمام بمصادر المياه السطحية منها وبجميع المشاكل التطويرية والقانونية المتعلقة بها . ان الاهتمام بالمياه الجوفية من قبل الانسان بدأ يزداد مع حاجة الانسان للمياه في المناطق التي تقل فيها تواجد المياه السطحية ومن هنا برزت اهمية العلاقة بين المياه السطحية والمياه الجوفية . ان هذه العلاقة تختلف حسب الطبيعة المناخية للمناطق الرطبة (Humid Area) اذ تحافظ الانهر على مستوى تدفقها القاعي بسبب النضوح المستمر من المياه الجوفية اليها . اما في المناطق الجافة (Arid Area) فان الانهار الرئيسية تتدفق اليها والمترشحة من المياه الجوفية بينما بقية الانهر حيث مستوى قاعها اعلى من مستوى الماء الجوفي فان المياه تتدفق فيها عند هطول الامطار فقط ومن ثم تترشح الى المياه الجوفية . وفي المناطق شبه الجافة (Semiarid Areas) حيث ارواء الاراضي اكثر استخداما مما يؤدي الى حدوث فقدان في المياه من القنوات بالتبخر ومن خلال التخلخل الى المياه الجوفية . هذا الاستخدام يؤدي في اغلب الحالات الى تغيير حالة وطبيعة المياه الجوفية كالارتفاع في مناسيب المياه وتملح الترب التي

يتخللها الماء اثنـــاء نفـوذه الـــى المـــاء الجوفـــي (الاشـكال رقـم 3.11.2.11.1.11) .

تعرف المياه الجوفية على انها كل انواع المياه الارضية التي تكـون جزءا من الدورة المائية في الطبيعة وتتواجد تحت سطح الارض تحـت ضغط هيدروستاتيكي مساو او يفوق الضغط الجوي . ان تصنيف المياه الجوفية بهذا الشكل هو لتمييزها عن المياه الجاذبية والمياه الشعيرية .



الشكل رقم 1.11 : العلاقة بين مستوى المياه السطحية الجوفيـــة

وتصنف مصادر المياه الجوفية الى نوعين :

أ. المصادر الداخلية : ويقصد بها باطن الارض الذي يغذي المياه المتواجدة تحت سطح الارض . ويسمى نوع المياه لهذا المصدر بالمياه الوليدة (Juvenile Water) . ويشمل هذا النوع ، المياه الصهيرية (Magmatic Water) والمياه البركانية (Volcanic Water) والمياه الكونية (Cosmic Water) والنوع الاخير نادرا الحدوث حيث ينتج عن تساقط النيازك على سطح الارض . وهناك ايضا نوع من المياه المتجددة (Rejuvenile Water) ترافق عمليات الرص (Compaction) والتحول (Metamorphism) .

ب. المصادر الخارجية : وهي تلك التي تشمل الغلاف الجوي والمياه السطحية والمياه المحبوسة في الصخور التي تمثل بقايا احواض الترسيب القديمة . ومن انواع هذه المياه، المياه الحبيسة (Conneate Water) وهي مياه ذات ملوحة عالية قد يكون اصلها بحريا او نهريا انحصرت داخل فجوات الصخور اثناء تكونها.

والنوع الثاني هو المياه الممتصة (Absorbed Water) فهي المياه التي يعتقد بانها تتواجد داخل الفجوات والشقوق للصخور بعد تكونها في أي وقت كان حيث يؤدي النبات دورا في تواجدها . اما النوع الثالث والاكثر تواجدا هو المياه الجوية (Meteoric Water)

التي تتكون من امتصاص الماء من الجو والمياه عادة ما تتجـــدد مـــن مصادرها .

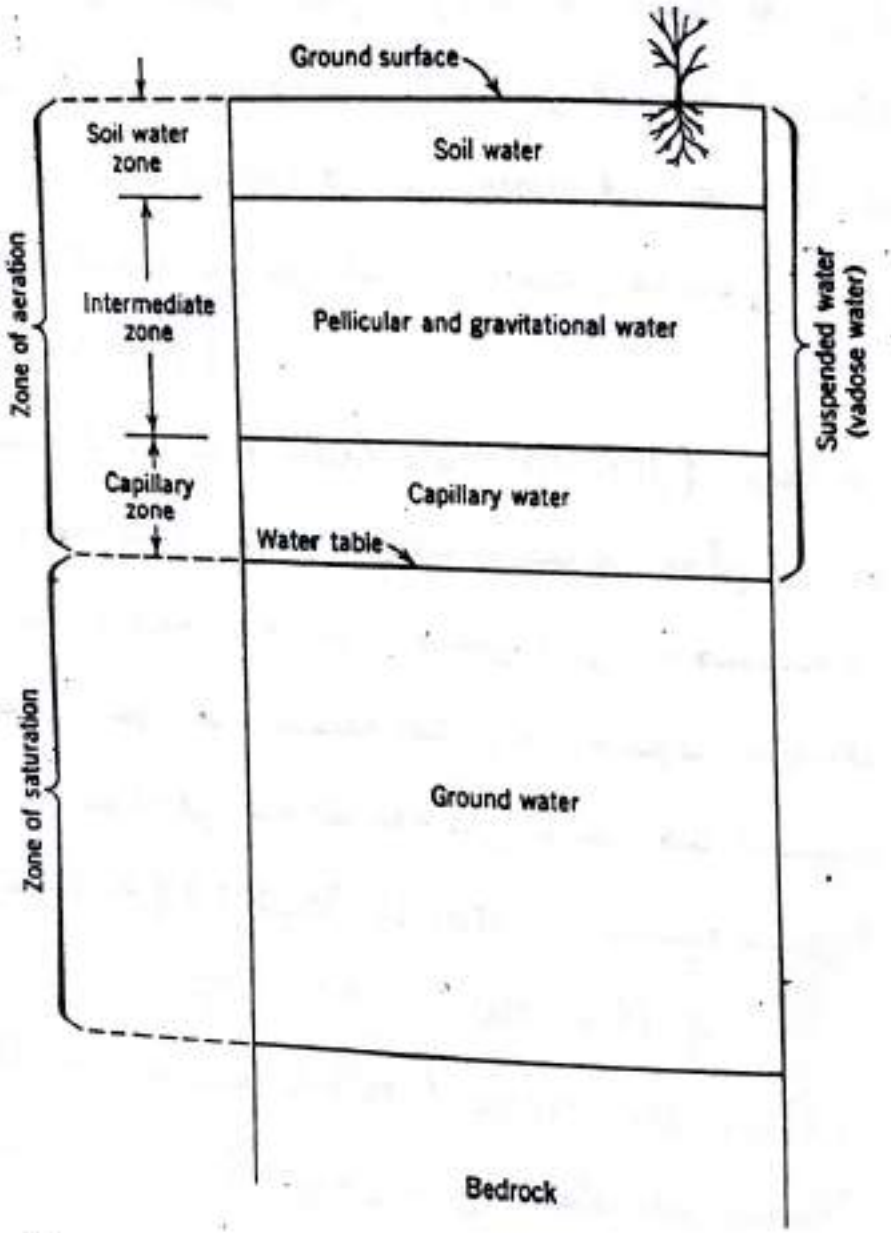
2.11 **مفهوم نظام المياه الجوفية :** ان مفهوم نظام المياه الجوفية يعتمد على الحقيقة القائلة بان وجود المياه الجوفية الموقعي هو ليـــس وليـد صدفة وانما هو نتيجة لتتابع عوامـــل دقيقـــة مناخيـــة وهيدرولوجيـــة وجيولوجية وطوبوغرافية وبيئية وعوامل تكوين التربة وتداخـــل مـــع بعضها البعض مولدة النظام الحركي للمياه. ونتيجة لتداخل هذه العوامل مع بعضها البعض وباي شكل من الاشكال تعطي فكرة عـــن حركـــة النظام كله فانها تعد من اهم الدلائل على الظروف الموقعية التي تشـــير الى تواجد المياه الجوفية . ولهذا السبب فانه اصبح من الممكن تقويـــم دراسة العوامل المشار اليها لاي منطقة وايجاد العلاقـــات فيمـــا بينـــها وتاثيرها في المنطقة لغرض تقويم واستثمار المياه الجوفيـــة المتوفـــرة فيها.

والشيء المهم جدا الذي يتخلل العلاقات التي اشير اليها في نظـــام المياه الجوفية هو الخواص الفيزيائية لشكل هذا النظام والموازنة بيـــن المياه الجوفية المتجددة والمتصرفة والعلاقة بين العوامل المؤثرة فـــي حركة المياه تحت سطح الارض من نقطة تجددها الى نقطة التصريف. لذلك يجب النظر الى نظام المياه الجوفية علـــى انـــه نظـــام حركـــي (Dynamic System) يمتص المياه من علىٰ سطح الارضّ ومن ثم تعود المياه فيه الى السطح نفسه.

فالمياه الجوفية من الممكن عدّ وجودها على انها خزان تحت السطح له حدود تتكون من الصخور القليلة او العديمة النفاذية . وهذا الخـــزان يمكن ان يكون مفتوحا الى السطح (خزان غير محصور) او مغطـــى بطبقة عديمة او نسبيا عديمة النفاذية ، وفي هذه الحالة يسمى الخـــزان بالـــ (الخران المحصور).

يسمى الماء الذي تحت سطح الارض بالماء الجوفي او بالماء تحت السطحي وهذه التسمية هي المقابلة للمياه التي تسير على سطح الارض والمسماة بالمياه السطحية التي جرى تناول دراستها في الفصول السابقة . وتتواجد المياه تحت سطح الارض في منطقتين مختلفتين حيث تنتشـو فيها عموديا حسب خواص كل منطقة (الشكل رقم 4.11) . فالمنطقـــة الاولى التي تقع مباشرة تحت سطح الارض وتنتشر فيها اغلب مسامات الارض تحتوي على كل من الماء والهواء وتسمى المنطقة غير المشبعة (Unsaturated Zone) . اما المنطقة الثانية فهي التي تقع تحـــت المنطقة غير المشبعة حيث تتصل فيها المسامات مع بعضـــها البعـــض وتكـــون مشـــبعة بالمـــاء ويطلـــق عليـــها بالمنطقـــة المشـــبعة (Saturated Zone) . فالماء الموجود في المنطقة المشبعة هو الماء الجوفي الوحيد المجهز للأبار والعيون لذا فان تســـمية الميـــاه بالميـــاه الجوفية هي التي تنطبق على تواجد المياه في هذه المنطقة . وتتغـــذى هذه المنطقة بالمياه من خلال تنافذ المياه السطحية خلال المنطقة غـــير المشبعة. ومن هنا تأتي اهمية المنطقة غير المشبعة في دراسات علـــوم

المياه. وتنقسم المنطقة غير المشبعة الى ثلاثة اقسام حسب اهميتها وهي، منطقة نطاق التربة والمنطقة المتوسطة ومنطقة الخاصية الشعرية.



الشكل رقم 4.11 : توزيع المياه ضمن المقطع العمودي للتربة

أ. منطقة نطاق التربة (Soil Zone) : يمتد اقصى عمق لهذه المنطقة من متر الى مترين وتدعم هذه المنطقة نمو النباتات. وتتخلل هذه المنطقة الجذور الحية للنباتات والفجوات التي تتركها الجذور التالفة وبعض الديدان الارضية. لذلك ففان المسامية والنفاذية في هذه المنطقة تعتبر اعلى من المنطقة المتوسطة التي تليها . اما الماء الموجود في هذه المنطقة فهو عبارة عن قطرات من الماء المختلط مع جزيئات التربة مكون ما يسمى برطوبة التربة (Soil Water) .

ب. المنطقة المتوسطة (Intermediate Zone) : وتقع هذه المنطقة تحت منطقة نطاق التربة ويختلف سمكها من موقع الى آخر اعتمادا على سمك منطقة نطاق التربة وعمق تأثير الخاصية الشعرية . ويضمحل وجود هذه المنطقة عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية . ان المياه الموجودة في هذه المنطقة على نوعين هما المياه الجذبية (المتحركة) (Gravity Water) والمياه غير المتحركة (Hydroscopic And Capillary Water).

ج. منطقة الخاصية الشعرية (Capillary Fringe Zone) : تقع هذه المنطقة في الجزء السفلي من نطاق المنطقة غير المشبعة تعد منطقة ثانوية او انتقالية بين المنطقة غير المشبعة ونطاق المنطقة المشبعة. وتحدث ظاهرة الخاصية الشعرية في هذه المنطقة نتيجة للتداخل ما بين الماء والصخور، الذي بدوره يحدث غلافا رقيقا من الماء حول

جزيئات الصخور او التربة ويرتفع تدريجيا داخل الفجوات الصغيرة القطر عكس سحب قوة الجاذبية. يعد تواجد الماء داخل الفجوات الشعرية وفي المناطق التي تعلوه تحت تأثير الضغط الهيدروليكي السالب وهذا يعني ان للماء في هذه المنطقة ضغطا" اقل من الضغط الجوي . بينما مستوى الماء (Water Table) في نطاق المنطقة المشبعة فله ضغط هيدروليكي مساوٍ للضغط الجوي وتحت هذا المستوى يزداد الضغط الهيدروليكي مع زيادة العمق .

ولا بد هنا من التأكيد انه لا توجد حدود فاصلة واضحة او مستمرة بين أي جزء من اجزاء التوزيع العمودي للمياه الجوفية .

يتكون مكمن المياه الجوفية في أي مكان من طبقات حاملة للمياه وطبقات عازلة فيما بينها (Confining Beds) ضاغطة من الناحية الهيدروليكية . ان مثل هذا النظام يخدم هدفين الاول انه يخزن المياه الى اقصى حد ممكن في مساميته والثاني انه يعد وسطا" ناقلا" للمياه من منطقة التغذية الى منطقة التصريف ولذلك نظام المياه الجوفية يعتبر خزان مائي وقناة مائية في آن واحد . فالماء يدخل النظام الجوفي من مناطق التغذية ويتحرك خلاله تحت تأثير الانحدار الهيدروليكي (Hydraulic Gradiant) المنفذية الهيدروليكية (Hydraulic Conductivity) الى مناطق التصريف.

ان تحديد وتعريف مناطق التغذية والتصريف لاي نظام للمياه الجوفية اصبح من الاهمية بمكان بسبب التزايد في استخدامات الارض

لدفن النفايات. ففي الناطق الرطبة تعرف مناطق التغذيـــة بانـــها تلـــك المساحات التي تنتشر فيها الانهر الصغيرة والمرتبطة مع بعضها،امـــا مناطق التصريف فانها تتمثل بالانهار التي تتغذى من الانهر الصغـــيرة وسهولها الفيضية . ويختلف تعريف مناطق التغذية في المناطق الجافـــة عما هو عليه في المناطق الرطبة حيث تتمثـــل منـــاطق التغذيـــة فـــي المناطق الجافة بسلاسل الجبال الممتدة والمـــراوح الغرييـــة المنتشـــرة بمحاذاة الجبال.

ويتغير معدل التغذية السنوية من سنة الى اخرى اعتمادا على كميـــة هطول الامطار، وتوزيعها الموسمي ودرجة الحرارة، وكيفية اســـتخدام الارض . ان معدل حركة المياه الجوفية من مناطق التغذية الى منـــاطق التصريف يعتمد على المستوصلية الهيدروليكية للخزان المائي والطبقات الضاغطة التي تتخللها وعلى الانحدار الهيدروليكي.

وفي أي من المناطق الرطبة او الجافة هناك اختلاف بيـــن منطقـــة التغذية ومنطقة التصريف ومن اهم هذه الفروقات ان التغاير في امتـــداد منطقة التصريف اقل مما هو عليه في منطقة التغذية. وهذا الاختـــلاف يوضح اهمية وكفاءة منطقة التصريف اكثر من منطقـــة التغذيـــة . ان حركة الماء في منطقة التغذية تكون اكثر اهمية في المنطقة الغير مشبعة التي يسير فيها الماء بشكل عمودي أي بمعنى اخر انه يخترق الاتجـــاه الذي تقل فيه المستوصلية الهيدروليكية بصورة عامة. بينما تكون افقيـــة متخللة "الاتجاهات ذات المستوصلية الهيدروليكية العالية ، وهناك فارق

مهم اخر الا وهو عامل الزمن فالتغذية تحدث خلال ومباشرة عقب هطول الامطار لذلك فهي تعد موسمية مدتها تبدا بنهاية الخريف وتستمر شتاءا الى بداية فصل الربيع. اما التصريف فيستمر مع الزمن طالما عمود المياه الجوفية (Groundwater Head) يقع بمستوى اعلى من مستوى عمود المياه الجوفية الذي يؤدي الى انخفاض في معدل التصريف او الضخ.

مما تقدم يتبين ان المياه الجوفية في أي منطقة من الكرة الارضية تستطيع الوصول اليها بالحفر اذا كان العمق مناسبا وان اهم مناطق التواجد هي:

1. منخفضات الانهار.
2. الوديان المطمورة.
3. السهول.
4. الوديان الجبلية.

ان اهم ما يميز المناطق المذكورة اعلاه انها ذات اصل رسوبي حيث تتواجد الغالبية العظمى من المياه الجوفية في هذه الصخور والتكوينات الرسوبية وهي جميعا تمتاز بمواصفات تجعلها صالحة لتواجد وتجمع وحركة المياه ضمن الخزانات الارضية . ان هذه المناطق هي حديثة التكوين نسبيا وان صخورها غير متصلبة كما ان تاثير عوامل التعرية المختلفة فيها واضحة ومستمرة هذا مع تميزها بالمسامية والنفاذية نتيجة مكوناتها الرملية والحصوية والطينية وخليط من هذه الترسبات, فان

تواجد المياه الجوفية فيها يكون اعلى احتمالا من تواجدها ضمن الانواع الاخرى من الصخور. ويعتمد وجود ونوعية ومواصفات المكمن الجوفي على نوعية الصخور الرسوبية المكونة للمكمن. ان تواجد المياه الجوفية في بعض انواع الصخور والتراكيب الجيولوجية مثل تزسبات الحجر الجيري (Limestone) والحجر الجبسي الـ (Gypsum) يعتمد على درجة (الاحكام والكثافة) لمكونات هذه الصخور اضافة الى ان الفعل الكيمياوي للمياه الجوفية يكون شديدا في مثل هذه الصخور ومؤديا بصورة عامة الى زيادة المسامية والنفاذية مكونا الفتحات والقنوات والكهوف . ان الصخور الطينية وحجر الطفل الـ (Shale) يؤدي الى تكوين حاجز لهذه المياه (يحتوي على الماء بين جزيئاته ولكنها غير قابلة للاستخلاص). اما تواجدها في الصخور الرملية (Sandstone) فيكون جيد مع تاثره بدرجة كبيرة بنوعية المواد الرابطة ودرجة تراصف الحبيبات والصفات الفيزيائية الاخرى المكونة لصفات المكمن الرسوبي. كما يمكن ان تتواجد المياه الجوفية في الصخور النارية وكذلك المتحولة عند توفر بعض الظروف مثل وجود الفوالق والشقوق والفواصل والتكسرات فيها وهنا تلعب عوامل التعرية دورا مهما بزيادة اهمية هذه العوامل وخاصة عند السطح حيث تقل هذه العوامل واهميتها مع ازدياد العمق وكذلك ان وجود بعض اشكال الميله الصهيرية البركانية وتواجد الـ (Dykes) والـ (Sills) يزيد من احتمال تواجد المياه الجوفية فيها.