جلبير كستاني

مبادىء وطرق الهيدروجيولوجيا

ترجمة: علي الدنيا

أستاذ محاضر في معهد علوم الأرض ــ جامعة قسنطينة

ديوان المطبوعات الجامعية

م . ن 55/56 - 02
1-550-41-1

جلبير كـ

مبادىء وطرق الهيدروجيولوجيا

ترجمة: علي الدنيا

أستاذ محاضر في معهد علوم الأرض ـ جامعة قسنطينة

المكتبة المركزية

ديوان المطبوعات الجامعية

الساحة المركزية ـ بن عكنون ـ الجزائر

عـرض ملخـص للكـتاب

الصفحة

مقدمـة ـ مفهوم أو ماهية الهيدروجيولوجيا XX

الهيدروجيولوجيا ، علـم المياه الجوفيـة XX
الهيدروجيولوجيا ، علـم متعـدد الاختصـاصـات XX
الغـرض مـن الكـتـــاب XXI

الفصل الأول ـ الدورات والحصيلـة المائيـة

الأنظمـة الهيدروجيولوجيـة 1

د و ر ا ت المـيـاه 1

الدورة العامـة للميـاه على سطـح الأرض 2

ـ الخزانات المائية الخمسـة الكبرى ودورها المنظم 2
ـ الدورة العامـة للمياه وكميات المياه المتحركـة 4
ـ الميـاه الصهـيرية ، التغذيـة المائيـة العميقـة 5

الـدورة المحيطـة والدورة القاريـة للميـاه 5
الـدورة العامـة للطاقـة ، القوة المحركـة لدورة الميـاه 5

ـ الطاقـة الشمسيـة ، سبب تصاعـد بخـار المـاء 6
ـ طـاقـــة الجاذبيـة ، سبب تساقـط الأمطار وصرف أو جـريان المياه 6

الأنظمـة الهـيـدرولـوجيـــة 6

تحـديـد طبيعـة الانظمـة الهيدرولـوجيـة 7

ـ التحديد الحـيزي للنظـام الهيدرولوجـي 7
ـ التحديد الـزمـني للنظام الهيـدرولوجـي 7
ـ نمـوذج تـصـوّري للنظـام الهيـدرولوجـي 7

التحـديد الحـيزي للانظمـة الهيـدرولوجيـة 7

التحديد الزمني الدور وتعاقب المعطيات 9
- المدة الوسطية 10
- السنة الهيدرولوجية والسنة الهيدرولوجية الوسطية 11

معدلات صرف أو صرف التغذية المائية للأنظمة الهيدرولوجية 11

تغذية الحوض الهيدرولوجي - التساقطات الفعلية 11
- التبخر الكامن 12
- التبخر والنضج النباتي الحقيقي 12
- التساقطات الفعلية 13

تغذية الحوض الهيدروجيولوجي - التسرب 13
- توزع التساقطات الفعلية على سطح التربة 13
- الدليل الهيدروجيولوجي 14

تغذية الطبقة المائية - التسرب الفعلي 15

معدلات صرف الجريان أو السيلان في الأنظمة الهيدرولوجية 15

معدل صرف الجريان الاجمالي للحوض الهيدرولوجي 15
معدل صرف الجريان الجوفي في الحوض الهيدروجيولوجي والطبقة المائية 15
- أنواع الصرف المائي 16

الحصيلة المائية 16

مفاهيم الحصيلة المائية في النظام الهيدرولوجي 16
- المجال الحيزي وأنواع الحصيلة المائية المعطيات الوسطة 17
- تقديم الحصيلة 17
- فائدة الحصيلة 17
- تسميات الحصيلة

اجراء حساب الحصيلة 18
- معدل الحصيلة السنوية في الحوض الهيدرولوجي 18
- معدل الحصيلة السنوية للطبقة المائية 19
- معدل الحصيلة السنوية الشاملة لمنطقة كبيرة 21
- معدل الحصيلة السنوية الشاملة للمجالات الكبيرة 21

خلاصة ـ ترابط الأنظمة الهيدرولوجية 22

الفصل الثاني ـ تحديد الطبيعة الهيدرولوجية للطبقة المائية 24

التشكيلات الصخرية التنضدية والهيدروجيولوجية 25

تحديد التشكيلات الصخرية التنضدية 25

ـ الحدود السطحية للخزان المائي 25

ـ تحديد الموقع تحت الارض 25

تحديد طبيعة التشكيلات الهيدروجيولوجية والطبقات المائية 26

ـ التشكيلات الهيدروجيولوجية النفيذة، طبقات المياه الجوفية ومنشأ تلك الطبقات 27

ـ التشكيلات الهيدروجيولوجية الغير نفيذة المكونة للحدود الجيولوجية للطبقات المائية 27

ـ التشكيلات الهيدروجيولوجية الشبه نفيذة سبب منشأ الخزانات المتعددة الطبقات 27

ـ خلاصة. الحوض الهيدروجيولوجي 28

المياه الجوفية في الأحواض الرسوبية 28

تحديد أعماق الطبقات المائية 28

ـ العمود الهيدروجيولوجي 28

ـ تحديد الطبقات المائية مع العمق 29

ـ أهمية الطبقات المائية العميقة لدراسة الحقل الحراري الأرضي ذي الطاقة المنخفضة 31

الامتداد الجغرافي للطبقات المائية. الطاقات والأقاليم الهيدروجيولوجية 31

ـ تعيين الحجم الصالح للخزان المائي 31

أمثلة محسوسة على تحديد الطبقات الجيولوجية للطبقات المائية 32

البنية الهيدروجيولوجية في الحوض الرسوبي في الصحراء الشمالية الافريقية (الجزائر ـ تونس). 32

- حدود الحوض الهيدروجيولوجي 32
- أحواض هيدروجيولوجية من الدرجة الثانية 33
- التشكيلات الهيدروجيولوجية الكبيرة والطبقات المائية 33

البنية الهيدروجيولوجية للحوض الرسوبي في منطقة باريس 35
- حدود الحوض الهيدروجيولوجي 35
- البنيات والتشكيلات الهيدروجيولوجية والطبقات المائية 36
- الطبقات المائية الرئيسية والنطاقات الهيدروجيولوجية 38

الخزان المائي الثنائي الطبقة في الصخر الجيري الشمبيني في منطقة بري 39
- المظهر الخارجي أو محيط الخزان المائي الثاني الطبقة 39
- بنية الخزان المائي 41

خلاصة 41

المياه الجوفية في النجود القديمة 41

خلاصة 42

الفصل الثالث - تحديد الطبيعة الهيدروديناميةللطبقة المائية 44

مفهوم الطبقة المائية 44

الشكل الخارجي أو محيط الطبقة المائية - الأنواع الهيدروديناميةة 45

الطبقة المائية ذات انسطح الحر - السطح البيزومتري 46

الطبقة المائية ذات السطح الحبيس 47

الطبقة المائية الشبه الحبيسة أو ذات التسرب 48

طبيعة قاعدة الطبقة المائية 48

بنية الطبقة المائية - الخزان المائي المتعدد الطبقات 49

الطبقة المائية المجموعة الموحدة "خزان مائي/ مياه جوفية " 49

الخزان المائي المتعدد الطبقات 50

وظائف الخزان المائي 50

سلوك أو تصرفات الطبقة المائية 52

السلوك الهيدروديناميي للطبقة المائية 52
السلوك الهيدروكيميائي للطبقة المائية 54
السلوك الهيدروبيولوجي للطبقة المائية 54

البنيات الهيدروجيولوجية الكبيرة وأنواع الطبقات المائية 54

الطبقة المائية المتواصلة ذات السطح الحر الشاسع 55
- طبقة الترسبات النهرية ذات السطح الحر في منطقة كرو 55
- الشكل الخارجي أو محيط الطبقة 55
- بنية الطبقة المائية 56

الطبقة المائية الغير متواصلة ذات السطح الحر الشاسع 56

الخزان المائي المتعدد الطبقات المائية ذات السطح العلوي الحر 56

المنظومة العامة "طبقة مائية / نهر" 56
- المنظومة العامة "طبقة مائية /نهر" في وادي السين 58
- محيط الطبقة المائية 59
- بنية الطبقة المائية 59
- السلوك الهيدروديناميي للمنظومة

الطبقة المائية التي تصب في البحر 59

الطبقة المائية العميقة ذات السطح الحبيس أو الشبه حبيس 60
- الطبقة المائية الحبيسة في تكوينات القاري المتناوب في الصحراء الشمالية الافريقية 60
- محيط الطبقة المائية 60
- بنية الطبقة المائية 61
- السلوك الهيدروديناميي 62
- الخزان المائي المتعدد الطبقات في الرمال الالبية في حوض باريس 62
- المظهر أو الشكل الخارجي للخزان 62
- بنية الخزان المائي 63

63 الطبقات المائية المحلية أو المحدودة .
63 ـ الطبقة المائية المجزأة
63 ـ الطبقة المتنضدة ذات الطبقات المنفذة للمياه
64 ـ الطبقات الموضعية أو المحدودة داخل النجود القديمة
64 **تحديد طبيعة الطبقات المائية واصاغة النماذج**
65 **الفصل الرابع ـ الطبقة المائية خزّان المياه الجوفية**
66 **المميزات الفيزيائية والكيميائية للخزان المائي**
66 شكل وتواصل الفراغات داخل الخزان
66 ـ شكل المسامات والوسط المسامي
66 ـ تواصل المسامات والوسط المتصل
67 ـ شكل الشقوق والوسط المتشقق
68 ـ الشقوق الدقيقة
68 ـ الشقوق الكبيرة
68 ـ تحديد طبيعة الشقوق: شكلها الهندسي وأصلها .
69 التصنيف الهيدروجيولوجي للخزانات المائية
69 ـ الصخور الفتاتية الغير متماسكة
70 ـ الصخور الصلبة المتصدعة أو المتشققة والصخور المختلطة .
71 طرق دراسة الفراغات
71 ـ الطرق المخبرية لدراسة الفراغات
71 ـ طرق الدراسات الميدانية
71 دراسة أحجام الحبيبات ومميزات الوسط المسامي
72 التحليل القياسي للحبيبات والثوابت الحبيبية
72 ـ الهدف والفائدة من التحليل القياسي للحبيبات
72 ـ المراحل والتصنيفات الحبيبية
73 ـ المنحنى الجمعي للتحليل القياسي الحبيبي
74 ـ مميزات المنحنى الجمعي للقياسات الحبيبية
74 ـ التفسير العام للمنحنى الجمعي
76 ـ حساب الثوابت الحبيبية
76 ـ استخدام وأهمية الثوابت

ثوابت الفراغات المسامية والسطح النوعي 77
- المسامية الكلية أو الاجمالية 77
- السطح النوعي للحبيبات أو الشقوق 77
الخزانات الصالحة لتكوين طبقات مائية 78
خلاصة 78
الوسط المسامي والوسط المتشقق . الحجم النموذجي الاولي. 78
- المميزات الفيزيائية للوسط النفيذ 78
- التواصل أو عدم التواصل 78
- الوسط الموحد الخصائص أو غير الموحد الخصائص 79
- التجانس وعدم التجانس 79
- درجات الكبر للوسط النفيذ. الحجم النموذجي الاولي 79
خصائص وأنواع المياه الجوفية 81
الدراسات الخاصة بمياه الخزان. كبر الخزان التأثر بالقياسات. 81
- دراسة المياه داخل عينة مخبرية 82
- طريقة الاستخراج بالتقطير. فعل قوة الجاذبية . المياه الجارية بالثقل. 82
- الاستخراج بفعل القوة الطاردة . نوعان من المياه المقيدة الممتزة والقشرية . 83
- الاستخراج بالتبخر تحت تأثير الحرارة . 83
- أنواع المياه الجوفية : المياه الطليقة والمياه المقيدة 83
- المياه الطليقة أو الجارية بالثقل 83
- المياه المقيدة أو الغير متحركة. البنية الجزيئية للمياه 83
خلاصة 87
الخصائص الهيدروجيولوجية للمنظومة :"مياه / خزان".
المسامية الفعلية ومعامل التخزين 87
تعريف الثوابت الهيدروديناميةللمنظومة "مياه /خزان"، المحسوبة في المختبر. 87
- المسامية الفعلية 88
- المحتوى الحجمي من المياه 88
قيم المسامية الفعلية والعوامل المؤثرة فيها . 90
- العوامل المؤثرة في قيمة المسامية الفعلية 90

- القطر الفعلي للجسيمات الصخرية 91
- الترتيب الحيزي للجسيمات الصخرية 91
- السطح النوعي للحبيبات 92

تعريف الثوابت الهيدروديناميةالمحسوبة في الميدان. 92

التخزين الجوفي 94

خلاصة 95

النطاقية :"تربة / مياه جوفية" 96

الفصل الخامس ـ الطبقة المائية ، الصخر الموصل للمياه الجوفية 97

قانون دارسي 97

جهاز دارسي الاختباري 97

شرح قانون دارسي 99

جهاز المختبر في حالة الصرف العرضي أو الجانبي 100

تعمم قانون دارسي التجريبي 100

التطبيقات الميدانية لقانون دارسي 100

المستوى البيزومتري . الحمل والجهد الهيدروليكيان. 101

- قياس المستوى البيزومتري 102
- حساب الممال أو التدرج الهيدروليكي 102
- ضغط المياه داخل الطبقة المائية 103

شروط سريان مفعول قانون دارسي التجريبي 103

الثوابت الهيدروردينامية 104

النفاذية ـ الانتقالية ـ الانتشارية 104

تعريف النفاذية ـ معامل النفاذية والنفاذية الاصلية 104

العوامل المؤثرة في معامل النفاذية

- العوامل المؤثرة في النفاذية ، الخاصة بالخزّان . النفاذية الاصلية 105
- العوامل المؤثرة في النفاذية والخاصة بالسائل. معامل السائل 106
- خلاصة 107

القيم الخاصة بمعامل النفاذية 107

الانتقالية 107
الانتشارية 108

معدل صرف الطبقة المائية وسرعات الصرف المائي 108

معدل صرف الطبقة المائية 108
- حساب معدل الصرف 108
- طريقة الخريطة البيزومترية 109
- طريقة المقطع الكلي 109
- طريقة المقاطع الأولية 110

سرعات الصرف المائي 112
- هيدروديناميه وحركة المياه الجوفية 112
- سرعة الارتشاح والسرعة الفعلية. الهيدروديناميه الجوفية 112
- سرعة الانتقال. حركة المياه الجوفية . ظاهرة الانتشار. 113
- تبيان ظاهرة الانتشار. الاستشفاف 114
- شرح ظاهرة الانتشار 116
- الحساب الميداني لسرعة انتقال المياه الجوفية 117
- المساميه الحركية. 117
- خلاصة. فيزياء الصرف المائي 117

الشروط أو العوامل الحدّية 119

أنواع الشروط الحدية الجيولوجية والهيدروديناميه 119
التغيرات الطبيعية للشروط الحدية الهيدروديناميه 121

مفهوم صرف المياه الجوفية. النماذج التصورية 122

خطوط التيار وخطوط تساي الجهد. شبكة الصرف المائي 122
صرف المياه الجوفية داخل الطبقة المائية مجموعات الدفق المائي 124
النطاقية الرأسية داخل الطبقة المائية في الحوض الهيدروجيولوجي 125
النطاقات الهيدروجيولوجية في الطبقات المائية داخل الحوض الهيدروجيولوجي 127
- الخزان المتعدد الطبقات في الرمال الالبية فيحوض باريس 127
- الطبقة المائية في القاري المتناوب داخل الصحراء الشمالية الافريقية 129

خلاصة 131

الفصل السادس ـ الضخ التجريبي والتجارب الخاصة بالآبار 132

المعدات التقنية الخاصة بالآبار والحفر الاستكشافية 132

تعاريف ومفاهيم أساسية 134

تأثير عملية الضخ على الطبقة المائية ـ مخروط الانخفاض 135

ـ الشكل الهندسي لمخروط الهبوط أو الانخفاض. شعاع التأثير 136

ـ العوامل المؤثرة على الابعاد أو الشكل الهندسي لمخروط الانخفاض 137

ـ دور الانتقالية ومعامل التخزين 137

ـ دور مدة الضخ 138

ـ نظام الصرف المائي 138

ـ الشكل الهندسي لمخروط الانخفاض في حالة السطح البيزومتري المائل 138

طرق التجارب الميدانية عن طريق الضخ 139

تجارب البئر باستعمال درجات الضخ ذات الفترات القصيرة 140

شروط أساسية 141

تنفيذ عمليات الضخ الخاصة بالبئر. درجات معدل الصرف 141

مدلول الانخفاض في البئر. نقص ضغط المياه. 143

ـ نقص الضغط المائي الخطي 143

ـ نقص الضغط المائي الترتيبي 144

السرعة الحرجة ومعدل الصرف الحرج في الطبقة المائية ذات السطح الحر 144

التفسير البياني لمعطيات التجارب في الآبار 145

ـ العلاقة " معدل الصرف/الوقت" والعلاقة "الانخفاض/الوقت" 145

ـ المنحنى"معدل الصرف/الانخفاض" معدل الصرف الحرج 145

ـ الخط البياني "معدل الصرف النوعي/الانخفاض" الصرف النوعي النسبي 147

ـ الخط البياني "معدل الصرف/الانخفاض النوعي". 148

حساب نقص ضغط المياه 149

ـ العبارة التجريبية العائد ل م. فوسلان 151

حساب انتاجية البئر. معدل صرف الاستغلال الأقصى 151

الضخ التجريبي لمدة طويلة 152

الهدف من عمليات الضخ التجريبي 153
العبارات الرياضية الخاصة بهيدروديناميه المياه الجوفية في حالة نظام الصرف المتغير أو الانتقالي 154
156
التفسيرات لعمليات الضخ التجريبي
156 ـ العلاقة بين الانخفاض والوقت. الخط البياني
ـ حساب الثوابت الهيدروديناميه 157
ـ العلاقة بين الانخفاض المتبقي وبين وقت صعود مستوى المياه 158
ـ الأنواع الهيدروديناميه للطبقات المائية وتطبيق العبارة التقريبية اللوغارتيمية 158
ـ الطبقة المائية الحبيسة الشاسعة . الضخ التجريبي في ايفري على نهر السين 158
ـ تعميم الطريقة على الطبقة المائية ذات السطح الحر. الضخ التجريبي في أستر 162
ـ الطبقة المائية المحدودة عرضيا. دراسة الشروط الحدّية. 164
ـ الطبقة المائية الحبيسة المحدودة عرضيا بواسطة حد استراتغرافي عازل. 165
ـ الطبقة المائية المحدودة عرضيا بواسطة صدع. الضخ التجريبي في مانجا في مدغشقر 167
ـ الطبقة المائية ذات السطح الطليق المحدود عرضيا بواسطة حدود الجهد المفروض. الضخ التجريبي في وادي السين. 169

خلاصة ـ تفسير معطيات الضخ التجريبي. 172

برمجة عمليات الضخ التجريبي. محطة الضخ 173
ـ اختيار موقع المحطة 174
ـ المميزات التقنية لبئر الضخ 174
ـ وضعية المسابر في الميدان 174
ـ معدل صرف الضخ الثابت ومدة الضخ 175
ـ الفاصل الزمني بين القياسات 176
ـ اختيار الفصل المناخي لاجراء التجارب 176

الفصل السابع ـ رسم خرائط الطبقة المائية 177

الخرائط البنيوية للطبقة المائية 178

خرائط المظهر الخارجي أو محيط الطبقة المائية . أبعاد الطبقة المائية 178
ـ خريطة سطح القاعدة 178
ـ خريطة الحدود العليا للطبقة المائية 178
ـ خريطة ثخانة الطبقة المائية 179
ـ خريطة الشروط الحدية العرضية الجيولوجية والهيدروديناميكية 181

خرائط بنية الخزان . المميزات الفيزيائية والثوابت الهيدروديناميكية 181
ـ خريطة المعطيات الفيزيائية للخزان 181
ـ خريطة معطيات الثوابت الهيدروديناميكية 181

الخرائط البيزومترية 183

وضع الخرائط البيزومترية 183
ـ قياس المستويات البيزومترية 183
ـ رسم المستويات البيزومترية . مقياس الخريطة 183
ـ رسم خطوط تساوي الضغط المائي 184
ـ اختيار مسافة التباعد بين الخطوط 184

تفسير الخرائط البيزومترية 186
ـ الدراسة التحليلية للسطح البيزومترية 187
ـ التعليق على الخريطة البيزومترية 187
ـ اتجاه وتباعد المنحنيات البيزومترية 187
ـ الصرف المائي المنتظم والغير المنتظم 189
ـ الأنواع الرئيسية للطبقات المائية 190
ـ دراسة بنية الطبقة المائية 191
ـ معيار التباعد والثوابت الهيدروديناميكية 192
ـ تحديد الشواذ البنياوي للخزان المائي 194
ـ دراسة التوزع الحيزي للثوابت الهيدروديناميكية 195
ـ دراسة السلوك الهيدروديناميكي للطبقة المائية 197
ـ دراسة تغذية وصرف الطبقة المائية 198

التفسير العام للخرائط الخاصة بالطبقة المائية 198

مبادىء عامة 198
التحليل العام للخرائط البيزومترية 199

- دراسة تبدل الانتقالية 202
- دراسة تغير معدل صرف الطبقة المائية 202

تحليل تبدلات السطح البيزومتري 202
تحليل التسجيلات الاوتوماتيكية لتبدلات السطح البيزومترية 203
انجاز خرائط تبدلات السطح البيزومتري في حالة الطبقة المائية ذات السطح الطليق 204

الفصل الثامن - احتياطات ومصادر المياه الجوفية 206

مفاهيم أساسية 207

مفهوم الاحتياطي والمصدر المائي 207
مفهوم مواجهة العرض والطلب. البحث عن خيار توفيقي 207
مفهوم مقتضيات التخطيط 209
مفهوم وحدانية الزمان والمكان 210
- المجال الحيزي أو نظام المصدر المائي 210
- وحدة الزمن. ومعطيات وسطية وتاريخية 210
- مقابلة كبر أنظمة المصادر مع كبر مجالات الطلب على المياه 211

مفهوم التغير في الزمان والمكان 211
المقتضيات الرئيسية للعرض المقدم من طرف الهيدروجيولوجي 211

تقدير احتياطي المياه الجوفية 212

- أصناف أو فئات احتياطي المياه الجوفية 212
- الاحتياطي الاجمالي للطبقة المائية 212
- الاحتياطي المنظم في الطبقة المائية ذات السطح الحر 213
- الاحتياطي الدائم في الطبقة المائية 213
- الاحتياطي القابل للاستغلال 213

طرق حساب احتياطي المياه الجوفية 214
- مبادىء التقدير 214
- أمثلة على حساب احتياطي المياه الجوفية في الطبقة المائية ذات السطح الحر 214
- الطبقة المائية ذات السطح الحر في حوض نهر موزل 214
- الطبقة المائية في بئر رشيد (المغرب) 215
- طبقة الترسبات النهرية في منطقة كرو 216

- الطبقة المائية في المعمورة (المغرب) 216
- طبقة الترسبات النهرية في سهل تافيلالت 216
تجدد احتياطي المياه الجوفية 217

تقدير المصادر أو الموارد المائية 219

الأنظمة الهيدرولوجية وفئات المصادر 219
طرق التقديرات الكمية للمصادر المائية 220
- الحوض الهيدرولوجي والمصادر الجوفية الطبيعية 221
- المصادر الجوفية الطبيعية المتجددة 222
- المصدر الغير متجدد 223
- الطبقة المائية ومصدر المياه الجوفية القابل للاستثمار 224
العرض المقدم من طرف الهيدروجيولوجي في مواجهة الطلب 224
- خطط الاستغلال 224
- المصدر المائي على حساب الاحتياطي 225
- تقدير المصادر الجوفية القابلة للاستغلال 225
- خلاصة 225
تطبيق على الحوض الهيدروجيولوجي في الصحراء الشمالية الافريقية 226
- تحديد الغرض . بنية الطلب على المياه 226
- تحديد طبيعة الطبقة المائية . النماذج الرياضية 226
- تحديد المقتضيات أو المتطلبات 227
- وضع برامج الاستغلال. الوضعية الميدانية للآبار وتحديد وتيرة الضخ 228
- استقراء وتقدير آثار برامج الاستغلال 228
- الاختيار بين فرضيتين للتخطيط وتقديم نوعين من السيناريوهات 228
خلاصة 232

الفصل التاسع - تلوث المياه الجوفية 233

المعايير المتبعة لتقدير التلوث 234

جرعة المادة الملوّثة وتعاقبها أو ترددها 234
الانواع الرئيسية للمواد الملوثة . التسمم 235

الملوثات الفيزيائية 236
الملوثات الكيميائية 236
- الاملاح المعدنية المذابة 236
- الملوثات الدقيقة: المعادن الثقيلة، الميدات والمساحيق 237
- الهيدروكاربير 237
الملوثات العضوية. الجراثيم أو الميكروبات 238
المصادر الرئيسية للتلوث. بؤر التلوث 238
تلوث ذات منشأ منزلي وحضري 238
التلوث ذات المصدر الزراعي 238
التلوث ذات المنشأ الصناعي 238
ميكانسمات تلوث المياه الجوفية والعوامل المؤثرة في التلوث 238
ادخال المادة الملوثة الى داخل التربة. نشوء بؤرة التلوث 239
تطور المادة الملوثة في النطاق الغير مشبع. 240
ميكانسمات التنقية التلقائية الطبيعية 240
- ميكانيسم التنقية التلقائية الطبيعية للتربة 240
- العمليات الفيزيائية للتنقية التلقائية 241
- عمليات هيدروديناميةوهيدروكيميائية للتنقية 241
- عمليات هيدروبيولوجية للتنقية التلقائية 242
- عمليات المج والامتزاز 243
- خلاصة 243
انتشار وتطور المادة الملوثة في الطبقة المائية 243
بقاء المادة الملوثة وتقنيات المكافحة 243
قابلية اصابة الطبقات المائية بالتلوث. خرائط القابلية 244
العوامل المؤثرة على قابلية الاصابة 244
خرائط قابلية الاصابة 244
مكافحة خطر تلوث المياه الجوفية 245
قائمة بالمصطلحات العلمية حسب الترتيب الأبجدي الفرنسي مع دليل الكتاب 246
المراجع العلمية 254

****