



جامعة المنارة
كلية الهندسة المدنية
السنة الاولى

مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

التآكل

THE CORROSION

- ❑ اعتبر البيتون ولمدة طويلة، مادة ذات ديمومة عالية، ونظراً لحفاظه على شكله.
- ❑ ولكن تبدلت هذه الفكرة بظهور حالة فرضها الواقع، دعيت تآكل البيتون.
- ❑ وأصبحت من الدراسات الأساسية حول عملية التخریب هذه المادة، والبحث عن العوامل المؤدية لهذا التآكل.
- ❑ يعتمد السلوك الجيد للبيتون على استعمال حصويات نظيفة، وخلطات بيتونية صلبة وروابط ذات فترة تجمد طويلة.
- ❑ ولكن يوجد عوامل مخربة تحد من عمر البيتون مثل الثقل الزائد عن الحمولة المصممة، والتغير الكبير للرطوبة والحرارة العالية وعوامل الحت الطبيعية، وعوامل التآكل الكيميائية.
- ❑ تتشكل عملية تآكل البيتون، نتيجة لتفاعلات الانحلال التي تتم بشكل تبادل ثنائي بين الوسط المخرب والبيتون،
- ❑ وعندما يتأثر حجر الاسمنت (مجبول أسمني متصلب) بالمواد الكيميائية المخربة، تتم عمليات تخضع لسيطرة الحوادث السطحية وحوادث الانتشار.

❖ يُعَبَّر عن آلية عملية تآكل البيتون على النحو التالي:

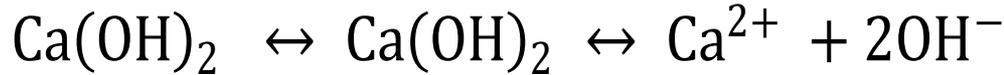
□ ينحل الحجر الاسمنتي تحت تأثير المواد الكيميائية المخربة، لتحوّله إلى طبقة هلامية ومن بعدها إلى حالة سائلة، مسببة انزياحه من وسط البناء، وذلك عندما تتم عملية تبادل الشوارد.

□ تقسم عملية تآكل البيتون إلى ثلاثة أنواع هي:

النوع الأول

□ ناتج عن عمليات الانحلال لحجر الاسمنت التي يرافقها إزالة لشوارد الكالسيوم من الاسمنت المتصلب وتحويله إلى مزيج هلامي وترسيبه على شكل مركبات صعبة الانحلال.

□ يعبر عن عملية انحلال شوارد الكالسيوم الصلبة بواسطة التفاعل التالي:



حالة صلبة محلول هلامي محلول شاردي

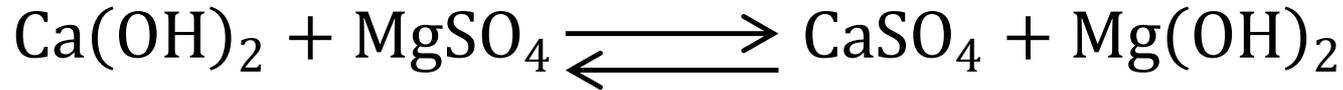
□ تزداد سرعة عملية التآكل هذه بوجود مواد مساعدة تزيد من عملية انحلال شوارد الكالسيوم في الماء، غاز ثاني أكسيد الكربون المنحل في الماء، والماء اليسر وغيرها.

□ تعتبر محاليل أملاح النشادر ومحاليل الأحماض العضوية والمعدنية من العوامل المخربة المؤدية لعملية تآكل البيتون من هذا النوع.

النوع الثاني

□ ناتج عن وجود أملاح المغنيزيوم في الماء، التي تتفاعل مع شوارد الكالسيوم الموجودة في حجر الاسمنت، وتحوله إلى حالة مشابهة للحالة الهلامية ومن بعدها إلى حالة سائلة، مؤدية إلى تآكل البيتون.

□ يعبر عن عملية انحلال شوارد الكالسيوم في هذا النوع، بواسطة التفاعل التالي:



□ تعتبر محاليل الشحوم و السكر من العوامل المخربة المؤدية الى عملية تآكل البيتون من هذا النوع .

النوع الثالث

- ناتج عن تأثير محاليل الكبريتات على حجر البيتون ،مشكلة مركبات مثل كبريتات الكالسيوم ، التي تتبلور مع الماء لتعطي معقداً يحتوي على ٣٢ جزيئة ماء هو $(3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O)$ و يدعى الومينات الكالسيوم الثلاثية الكبريتاتية أو ملح كانديلو ،
- و يزداد حجمها مسببة ضغطاً بلورياً ، مؤدياً إلى حدوث توترات داخلية في شكل البيتون يتشقق بنتيجتها البيتون و يخرب تماسكه .
- تعتبر محاليل ماء البحر و المحاليل المركزة لملح كلوريد الكالسيوم من العوامل المخربة المؤدية لعملية تآكل البيتون من هذا النوع .

❖ تعتمد عملية التخریب في البيتون ، على عوامل عديدة مختلفة ،

متعلقة بطبيعة العامل المخرب

وبتركيزه

وبالتفاعيل الذي يمكن أن يجري بينه و بين مادة البناء ،

وبالتأثيرات الخارجية مثل درجة الحرارة ، و الحمولة الكبيرة .

و بطبيعة الروابط الموجودة في مادة البناء .

تؤثر العوامل المخربة في تآكل البيتون بواسطة

- ١- **التركيب الكيميائي** : تتجلى ظاهرة التآكل في حجر الاسمنت بوصفها تخریباً كيميائياً بوجود الأوساط التالية :
- المحاليل القلوية المركزة و بدرجات حرارة مختلفة .
 - أملاح الكبريتات و النترات و الكرومات و الكلورات (القلوية منها) و غيرها . ولكنه تبين ، أن بعض الأملاح مثل الكربونات و الفلورات و السيليكات ، ليس لها أي تأثير مخرب على البيتون .
 - الشحوم و الزيوت الحيوانية و النباتية وذلك نتيجة لتفككها في شروط وجود الهواء و الضوء لتعطي حموضاً دسمة ، تتفاعل بدورها مع شوارد الكالسيوم في البيتون ، مشكلة مركبات منحلة .

العوامل المؤثرة على تآكل البيتون

The Effecting Agents of The Beton Corrosion

تؤثر العوامل المخربة في تآكل البيتون بواسطة

□ الشحوم و الزيوت المعدنية ، وذلك من خلال درجة حموضتها واحتوائها مركبات كبريتية أو مركبات الفينول و غيرها .

□ المياه، وذلك حسب درجة حموضتها ووجود الأملاح والغازات المنحلة فيها ، إضافة إلى عمليات الحت الناتجة عن سرعة تدفقها و احتكاكها بطبقة البيتون .

العوامل المؤثرة على تآكل البيتون

The Effecting Agents of The Beton Corrosion

تؤثر العوامل المخربة في تآكل البيتون بواسطة

٢- **العوامل الخارجية** : إن العوامل الخارجية المسببة في تآكل البيتون هي :

- درجة الحرارة العالية و الرطوبة ، إذ تبين أن سرعة التآكل تزداد مع ازدياد درجة حرارة العوامل المخربة .
- عوامل الحت الجوية .
- الحمولة الزائدة عن الحمولة التصميمية .

٣- **نوعية الكائنات الدقيقة** : البكتيريا و الجراثيم و الطفيليات .

العوامل المؤثرة على تآكل البيتون

The Effecting Agents of The Beton Corrosion

تؤثر العوامل المخربة في تآكل البيتون بواسطة

٤- نوعية البيتون : أظهر التجارب ، أن عملية تخریب البيتون تكون صغيرة عندما :

- يستعمل نوع إسمنت ذو خواص فيزيائية و كيميائية معينة .
- تستعمل حصيات وركام ذات خواص فيزيائية جيدة.
- يتم تصنيع البيتون بصورة جيدة .
- يتم تهيئة سطح البيتون لمقاومة عوامل التخریب .

- يؤدي التآكل تدريجياً وحتى التخریب الكامل للمواد المعدنية و البيتونية إلى خسائر اقتصادية (كلفة استبدال) واجتماعية (كوارث وانهيارات)،
- لذلك يجب وضع احتياطات وأخذ تدابير لمكافحة وإعاقة ومنع حدوث التآكل بأشكاله وتبعاً للشروط المحلية المستعملة،
- تتم عملية مكافحة التآكل بواسطة تقنيات مختلفة، سنذكرها في الفقرات التالية:

الوقاية المؤدية لعزل المادة المعرضة للتآكل

- تتميز هذه الطريقة بتأثيرها الفعال على ظواهر التآكل، معيقة له أو لاغية لتفاعلاته.
- وتعتمد على مجموعة من طرائق الوقاية هي :
 ١. الحماية بمعالجة العامل المخرب
 ٢. والحماية بإضافة موانع للتآكل.

الوقاية المؤدية لعزل المادة المعرضة للتآكل

١. الوقاية بمعالجة الوسط المخرب:

تتم طرق الوقاية بالاعتماد على عمليات معالجة الوسط المخرب، بإحدى الوسائل التالية:

- تعديل درجة حموضة الوسط المخرب، بواسطة إزالة الغازات والأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون،
- أو عن طريق إضافة مواد قلوية مثل ماءات الصوديوم وغيرها.
- إزالة العامل المؤكسد، إذ يعتبر الأوكسجين أهم عامل مؤكسد.

الوقاية المؤدية لعزل المادة المعرضة للتآكل

٢. الوقاية بإضافة موانع تآكل (الغلفنة):

- تعتبر هذه الطريقة، وسيلة فعالة للوقاية من عمليات التآكل،
- وهي تعتمد على إضافة مواد كيميائية، لها إمكانية توقيف عملية التآكل،
- بواسطة استقطاب التفاعلات المصعدية والمهبطية.
- كإضافة مواد مثل أملاح الكرومات والنترات والفوسفات،
- التي تشكل مع الشوارد المعدنية الموجودة في المحلول، أملاحاً غير منحلة تتوضع على سطح المعدن مكونة أغشية خارجية واقية (طبقة واقية).



جامعة المنارة
كلية الهندسة المدنية
السنة الاولى

مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

تحلية مياه البحر

تحلية المياه المالحة

تعرف : بانها عملية اعداد للمياه التي تحتوي على املاح بتركيز عالية غير قابلة للاستخدام البشري .



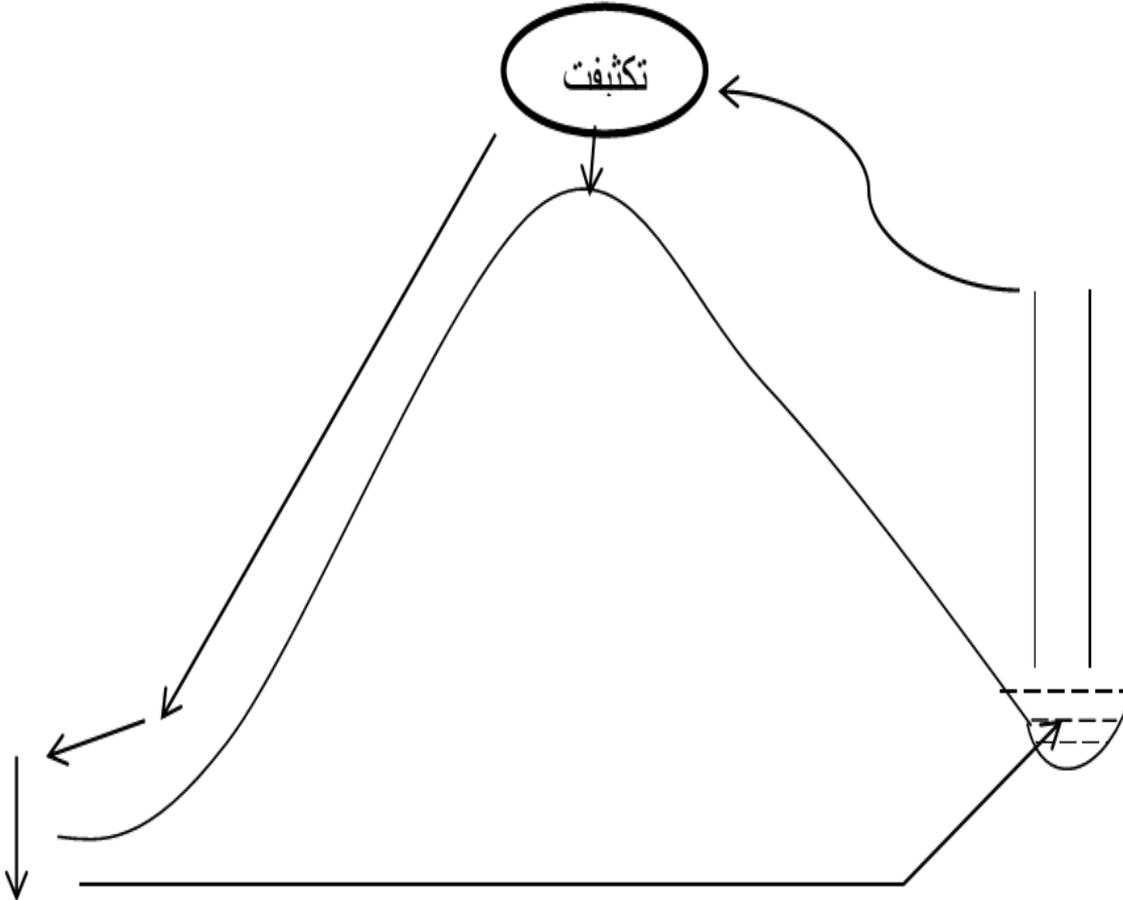
- بعملية التحلية يتم تخفيض الاملاح بنسبة محددة حتى الحصول على مياه قابلة للاستخدام .
- و حسب نوع الاستخدام ممكن الحصول على مياه (خالية من الاملاح) و تسمى بالمياه المقطرة و تستخدم في الصناعة
- (أو منخفضة الاملاح) و تستخدم للشرب او في المنازل
- و مياه من أجل استخدامات أخرى مثل الغسل – الشطف .

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة:

- ✓ الطريقة الطبيعية للتحلية .
- ✓ تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير) .
- ✓ التحلية باستخدام طرق الأغشية .
- ✓ تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد .

طرق تحلية المياه المالحة

الطريقة الطبيعية للتحلية :



- تتم الطريقة الطبيعية للتحلية من خلال الدورة الهيدرولوجية
- حيث يتبخر الماء من سطح البحار و يتكاثف على شكل غيوم و يسقط الماء العذب بشكل مطر . كما في الشكل .

تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

- في هذه الطريقة يتم تبخير المياه (رفع درجة حرارة المياه حتى درجة التبخر) .
- ومن ثم تعريض البخار الى سطح بارد ليحصل تكاثف .
- ونحصل على مياه خالية من الاملاح .
- و من ثم تعويض هذه المياه بالموارد الضرورية .
- و في حال نريد استخدام المياه للصناعة لا داعي للتعويض .

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة بالتقطير:

- ✓ التبخير و التكثيف التقليدي .
- ✓ التبخير و التكثيف الوميضي .
- ✓ التبخير و التكثيف متعدد التأثير .
- ✓ التبخير و التكثيف بضغط البخار .
- ✓ التبخير و التكثيف بالطاقة الشمسية .

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة بالتقطير:

✓ التبخير و التكثيف التقليدي :

□ تعتمد على مبدأ عملية تسخين المياه حتى درجة الغليان .

□ ينتقل الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية يتشكل لدينا بخار.

□ هذا البخار ينتقل الى حوض تكثيف (يمرر على سطح بارد) فيتحول

البخار الى سائل عذب .

□ هذه الطريقة تستخدم عادة مخبريا و هي طريقة مكلفة و غير اقتصادية

لذلك تم تطوير هذه الطريقة الى طرق لاحقة هي الطريقة الوميضية و

الطريقة متعددة التأثير

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة بالتقطير:

✓ التبخير و التكثيف الوميضي :

□ تعتمد على مبدأ تسخين المياه الى درجة حرارة محددته .

□ و من ثم ادخال المياه بشكل مفاجئ الى حجرة يقل فيها الضغط فيتبخر جزء من المياه

□ اما الجزء المتبقي من المياه فينتقل الى الحجرة التالية حيث ينخفض الضغط عن الحجرة الاولى ثم ينتقل الى حجرة ذات ضغط اقل و هكذا حتى نصل الى المرحلة الاخيرة .

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة بالتقطير:

- ✓ **التبخير و التكثيف متعدد التأثير :**
- تشابه تقنية تبخير متعدد التأثير تقنية التبخير الوميضي من حيث مبدأ خفض الضغط في كل مرحلة للحصول على البخار
- حيث يتم الاستفادة من البخار المشكل في الحجرة الاولى للتسخين و التبخير في المرحلة اللاحقة و هكذا.
- البخار المشكل في المرحلة الثانية يستخدم في المرحلة الثالثة و بالتالي فإن عملية انتاج الماء العذب تتزايد مع عدد المراحل

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

□ أهم طرق تحلية المياه المالحة بالتقطير:

- ✓ التبخير و التكثيف بضغط البخار :
- إن التقطير بانضغاط البخار يستخدم بخاره الخاص كمصدر حراري بعدما يضغط هذا البخار .
- وفي هذه الطريقة ، يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة .

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

✓ التبخير و التكثيف بالطاقة الشمسية :

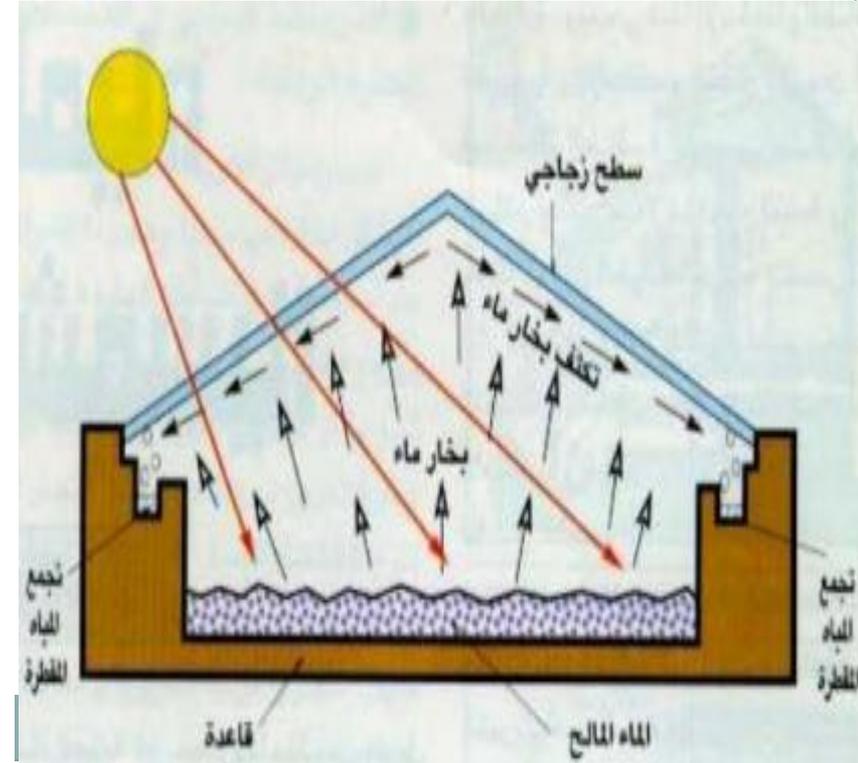
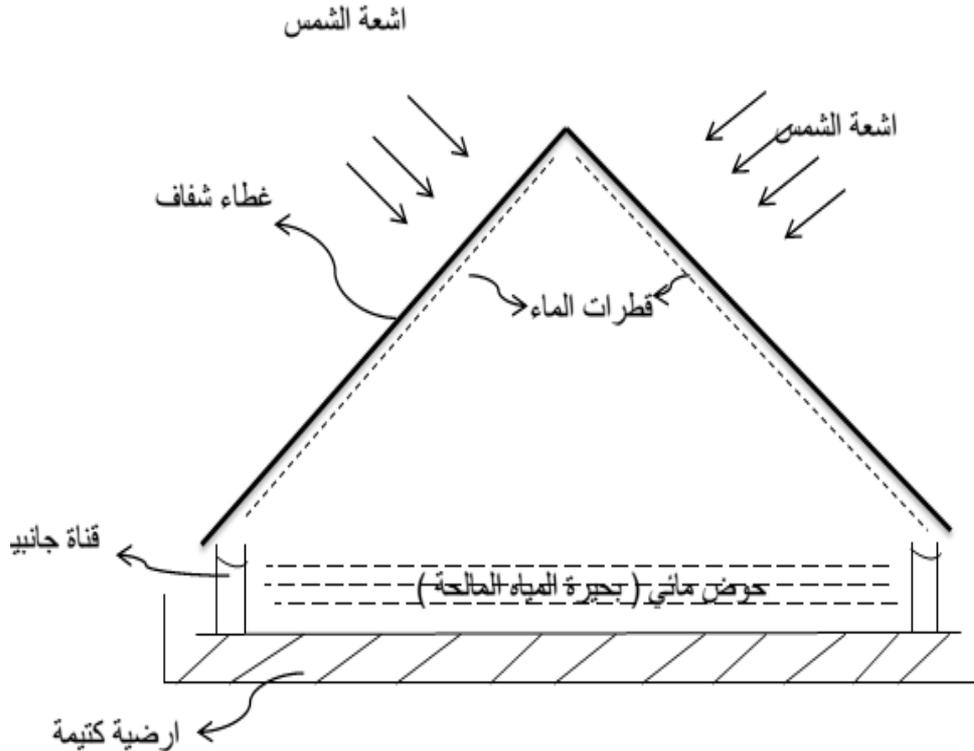
□ هذه الطريقة تعتمد على استخدام الطاقة الشمسية لتأمين طاقة تبخير المياه .

□ و تستخدم في المناطق الصحراوية و التي لا تتوفر فيها مصادر طاقة تقليدية .

□ و هي تستخدم عادة لتأمين كميات قليلة من المياه العذبة .

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

✓ التبخير و التكثيف بالطاقة الشمسية : الشكل التقليدي



طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

✓ التبخير و التكثيف بالطاقة الشمسية :

- تضرب اشعة الشمس على السطح العلوي للماء فيتسخن
- و يبدأ بالتبخر يصعد البخار ويصدم بالسطح الداخلي للزجاج
- فيتشكل لدينا عبارة عن قطرات مطر متكاثفة نتيجة ميل السطح
- هذه القطرات تتجمع في قناه جانبية ومن هذه القناه الجانبية يتم
- تجميع هذه المياه في خزان للاستخدام .
- انتاجية هذه التقنية تعتمد بشكل اساسي على مساحة سطح
- التبخر – شدة الاشعة الشمسية – و نوعية الزجاج و نظافته.

طرق تحلية المياه بطرق التبخير و التكثيف (التقطير)

اما انتاجيه هذه التقنية فتعطى عادة بالمعادلة :

$$Q = \frac{E \cdot G \cdot A}{2.4}$$

Q : كمية الماء المنتج باللتر

E : الكفاءة وسطيا تكون بحدود ٠,٣ .

G : كمية الطاقة الشمسية النوعية بالميجا جول / متر مربع و

تختلف من منطقة الى اخرى و تتراوح عادة من ١٠ الى ٣٠ في

سوريا .

A : مساحة البحيرة بالمتر مربع

طرق تحلية المياه المالحة

مثال (١)

إذا كانت مساحة البحيرة ١٠٠٠ م^٢ و كمية الطاقة ٢٠ Mj/m² ما هي انتاجية من الماء العذب؟؟

الحل

$$Q = \frac{0.3 * 1000 * 20}{2.4} = 2500 L$$

و بالتالي المتر المربع يعطي ٢,٥ لتر

شُكْرًا لِأَصْفَائِكُمْ