الجمهورية اليمنية

رئاسة مجلس الوزراء

الصندوق الاجتماعي للتنمية

تصميم وتنفيذ خزانات حصاد مياه الأمطار من أسقف المباني باستخدام تقنية الفروسمنت

إعداد :

دكتور / هانز هارتنق

مهندس / اسحاق كاريوكي

نوفمبر ٢٠٠٨م

الصندوق الاجتماعي للتنمية SFD

gtz

الجمهورية اليمنية

رئاسة مجلس الوزراء

الصندوق الاجتماعي للتنمية

تصميم وتنفيذ خزانات حصاد مياه الأمطار من أسقف المباني باستخدام تقنية الفروسمنت

إعداد :

دكتور / هانز هارتنق

مهندس / اسحاق كاريوكي

ساعد في الإعداد وراجعه وترجمه الى العربية

دكتور / شرف الدين عبدالله احمد صالح

ساعد في المراجعة :

م. عبدالوهاب المجاهد

م. جاويد الجيلاني

د. محمد عبدالودود العريقي

نوفمبر ٢٠٠٨م

الصندوق الاجتماعي للتنمية SFD

gtz

تقديم

ما تمر به اليمن من أزمة مياه تمثلت في الهبوط السنوي المستمر للمياه الجوفية الذي يتراوح بين ٣-٦م وانقطاع المياه عن بعض المدن الرئيسية لفترات وصلت إلى ٣٠ يوماً وارتفاع أسعار مواد البناء وخصوصاً في الحديد والأسمنت يتطلب التفكير والبحث في مختلف الوسائل التي يمكن أن تساعد في التخفيف من هذه الأزمة، وتعتبر تقنية الفروسمنت أحد هذه الوسائل التي تساعد في تقليل المواد اللازمة في البناء وبالتالي تقليل الكلفة، وتمكن المواطنين من بناء خزانات بسيطة لتجميع مياه الأمطار من أسطح المنازل وتوفير المياه الضرورية لهم.

ونظراً لغياب الخبرة المحلية في تنفيذ خزانات الفروسمنت فقد اتفق الصندوق الاجتماعي للتنمية ومكتب التعاون الفني الألماني اليمني (gtz) على الاشتراك في تمويل مشروع تجريبي لتنفيذ خزانين من الفروسمنت وتدريب الكوادر المحلية على التنفيذ.

وقد تم في مايو ٢٠٠٧م تنفيذ الخزانين وتدريب ٣٥ شخص استشاريين وضباط مشاريع وكذلك ٨ معلمين تلييس من مختلف المحافظات.

يسر الصندوق الاجتماعي للتنمية ومكتب التعاون الفني الألماني اليمني (gtz) تقديم هذا الكتاب بعنوان " تصميم وتنفيذ خزانات حصاد مياه الأمطار من أسقف المباني باستخدام تقنية الفروسمنت " والذي يحتوي على عدد من الفصول أهمها فصل عن اساسيات التصميم وفصلين عن تصميم وتنفيذ خزانين لحصاد مياه الأمطار من أسطح مدرستي الشهيد الطيار زيد الشامي ومدرسة إخوان ثابت – أمانة العاصمة – سعة ٥٠م^3 و١٠٠ م^3 على التوالي بالإضافة إلى ٥ ملاحق عن البيانات المطرية في صنعاء لعشر سنوات والتشغيل والصيانة لخزانات الفروسمنت وقضايا تعليم ومعالجة خزانات الفروسمنت والمصادر والمواقع الإلكترونية المساعدة.

يتميز كتاب " تصميم وتنفيذ خزانات حصاد مياه الأمطار باستخدام تقنية الفروسمنت " بالشرح الوافي لخطوات تنفيذ خزانات الفروسمنت وبالصور التوضيحية وذلك حتى يسهل على المختصين سرعة الاستيعاب وسهولة التنفيذ لمثل هذه الخزانات.

يأمل الصندوق الاجتماعي للتنمية ومكتب التعاون الفني الألماني اليمني بإصدارهما هذا الكتاب استفادة كل المختصين في هذا المجال وبما يحقق تنفيذ مشاريع حصاد مياه الأمطار بأقل كلفة.

الصندوق الاجتماعي للتنمية
وحدة المياه والبيئة

مكتب التعاون الفني الألماني اليمني (gtz)
برنامج قطاع المياه

الفهرس

الموضوع | الصفحة

1) مقدمة عن حصاد مياه الأمطار ٧
1.1 حصاد مياه الامطار عالمياً ٨
2.2 حصاد مياه الامطار في اليمن ١٠

2)الأساسيات ١٣
2.1) مقدمة ١٤
2.2) أنظمة حصاد مياه الأمطار : نظرة عامة ١٥
2.3) طرق حساب السعة التخزينية ١٨
2.4) المصبات (المساحات الساكبة) ٢٥
2.5) نظام النقل ٢٧
2.6) خزان التجميع ٢٩
2.7) جودة المياه ٣٢

3)اعتبارات تصميم خزانات الفروسمنت (المونة الاسمنتية المسلحة) ٣٣
3.1) اعتبارات عامة ، الضغط ٣٤
3.2) الحجم (V) ٣٥
3.3) أساس الخزان ٣٦
3.4) جدران الخزان ٣٦
3.5) سقف الخزان ٣٨

4) الخزان السطحي (فوق سطح الأرض) سعة 50م^3 لحصاد مياه الأمطار من الأسقف ٣٩
4.1) تصميم الخزان السطحي سعة 50م^3 ..... ٤٠
4.2) خطوات تنفيذ الخزان السطحي سعة 50م^3 ..... ٤٣

- اليوم الأول : اسقاط الأساس والحفر ٤٣
- اليوم الثاني : تجهيز حديد التسليح ٤٥
- اليوم الثالث : صبة الأساس ٤٧
- اليوم الرابع – الجزء الأول : تركيب الشبك الحديدي الرفيع والشده لحائط الخزان ٥٠
- اليوم الرابع – الجزء الثاني : الطرطشة من الداخل ٥٢
- اليوم الخامس : طبقة التلبيس الأولى من الداخل ٥٣
- اليوم السادس : طبقة التلبيس الثانية من الداخل وطبقة التلبيس الأولى من الخارج ٥٥
- اليوم السابع : طبقة التلبيس الثالثة مع التنعيم من الداخل ٥٧
- اليوم الثامن : طبقة التلبيس الثانية من الخارج ٥٩
- اليوم التاسع : تشطيب الوجه الخارجي ٦١
- اليوم العاشر – الجزء الأول : تثبيت حديد السقف ٦٣
- اليوم العاشر – الجزء الثاني : تلبيس سقف الخزان من الخارج ٦٥
- اليوم الحادي عشر : التشطيبات – تركيب مأخذ المياه والمضخة ٦٧

5)خزان تحت الأرض من الفروسمنت سعة 100م^3 ..... ٦٩

5.1) تصميم الخزان ٧٠

5.2) خطوات تنفيذ الخزان الأرضي ٧٥

- اليوم الأول + الثاني : إسقاط أساس الخزان والحفر ٧٥
- اليوم الثالث : تنفيذ طبقتين تلبيس على جدران الخزان ٧٧
- اليوم الرابع : تجهيز الحديد الرأسي وحديد أرضية الخزان ٧٩
- اليوم الخامس : تجهيز الحديد الأفقي للجدار + صفين من البلك ٨١
- اليوم السادس : صب خرسانة الأساس وبناء صفوف إضافية من البلك ٨٣
- اليوم السابع : طبقة التلبيس الثالثة ٨٥
- اليوم الثامن : طبقة التلبيس الرابعة ٨٧
- اليوم التاسع : طبقة التلبيس الخامسة ٨٨
- اليوم العاشر : طبقة التلبيس السادسة ٩٠
- اليوم الحادي عشر : طبقة التلبيس الأخيرة ٩٢
- اليوم الثاني عشر : تجهيز حديد السقف ٩٤
- اليوم الثالث عشر : تركيب حديد السقف ٩٥

- اليوم الرابع عشر : تلبيس السقف ٩٧
- اليوم الخامس عشر : التشطيبات – تركيب المأخذ والمضخة ٩٩

6) الملحقات ١٠٣

ملحق١: مصادر المعلومات المفيدة ١٠٤

ملحق ٢: البيانات المطرية الشهرية لـ١٠ سنوات في صنعاء ١٠٦

ملحق ٣: التشغيل والصيانة لانظمة حصاد مياه الامطار ١٠٧

ملحق ٤: تعليم قضايا المياه ١١٠

ملحق٥ : معالجة خزانات الفروسمنت ١١١

التقديم والتنو يه

اليمن غني جدا فى حصاد مياه الامطار منذ القدم وكما هوالحال فى الكثير من الدول فإن منشآت حصاد مياه الامطار التقليديه المناسبه والمفيده جدا فى إدارة المياه بقيت فقط في أماكن قليلة من العالم، ولكن هذه الانظمة التقليدية بدأت فى الوقت الحاضر تظهر فوائدها مجددا .

إدارة مصادر المياه علي المستوى المحلي والإقليمي اصبح مهم جدا بسبب تناقص منسوب المياه الجوفية وتلوث المياه السطحية ، ولهذا نجد إهتماماً متزايداً في حصاد مياه الامطار وتطبيقه في جميع أنحاء العالم ويعتبر أحد روافد الحل الدائم لإدارة مصادر المياه. وقد برزت الكثير من الانظمه الرائعه والناجحه الجديدة فى كل انحاء العالم للاغراض المختلفه.

إن الاهتمام بحصاد مياه الامطار في اليمن يأتي من الأجهزة الحكومية بالإضافة إلى المنظمات غير الحكومية . ولدمج الخبره المحليه بالتجارب العالميه تبنى الصندوق الاجتماعى للتنميه بالتعاون مع مكتب الاستشارات الفنيه الالمانيه (GTZ) دعوة خبيرين احدهما من ألمانيا والآخر من كينيا لمدة ٣ أسابيع لإقامة دورة تدريبية مكثفة في اليمن لتدريب المهندسين الفنيين المحليين فى تصميم وتنفيذ خزانات حصاد مياه الامطار من اسطح المبانى باستخدام تقنيه الفروسمنت ، وكان إحدى نتائجها هذا الدليل الذي يحتوى على تصميم وتنفيذ إثنان من خزانات الفروسمنت في مدرستين في صنعاء، احدهما فوق سطح الأرض سعة ٥٠ م٣ والآخر تحت سطح الأرض بسعة ١٠٠م٣. كما يحتوى هذا الدليل على فصول أخرى عن أساسيات حصاد مياه الامطار واعتبارات التصميم لبناء خزانات الفروسمنت.

إن لحصاد مياه الامطار حقل واسع من التطبيقات في العديد من القطاعات وهذا الدليل سيقتصر فقط على حصاد مياه الامطار من الاسقف وعلى خزانات الفروسمنت و قد تذكر الخيارات الأخرى المختلفة ولكن بصورة مختصرة في هذا الدليل.

نشكر الصندوق الاجتماعى للتنميه ومكتب الاستشارات الفنيه الالمانيه لتعاونهم و لدعمهم القوي الذي حصلنا علية في جميع الأوقات لتسهيل مهمتنا.

كما نشكر المهندس/ عبدالوهاب المجاهد والسيد يوخن رينجر والمهندس/ جاويد الجيلانى، والمهندس/ فيصل المعزبى والاستاذ عبد الملك الفضلى، والمهندس / عبد الباقى غيلان. والاساتذه الدكتور/ شرف الدين صالح والدكتور/ محمد عبد الودود العريقي .

د. هانز هارتنق

مهندس. اسحاق كريوكي

1

مقدمة عن

حصاد مياه الأمطار

1.1 حصاد مياه الامطار عالميا

ان تقنية حصاد مياه الامطار تقنية تقليدية قديمة تتمتع بشعبية واسعه بسبب النوعية المناسبة لهذه المياه، كما ان حصاد مياه الامطار تعمل على تقليل استهلاك المياه المعالجة. وتشهد الآثار القديمه على ان بداية تقنية حصاد المياه تعود الى قبل اربعه الف سنة ، وفي الصين يعود مفهوم تقنية حصاد الامطار الى ما قبل ستة الاف سنة . وآثار بناء صهاريج حصاد مياه الامطار مبكرة منذ عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد حيث بنيت لخزن مياه السيول النازلة من سفوح التلال للاغراض الزراعية والاستخدامات المنزلية.

وافضل وصف لحصاد مياه الامطار هو تخزين مياه الامطار الفائضة بشكل مؤقت للإستعمال عند الحاجة، خصوصاً في فترات الجفاف أو عندما لا تتوفر مصادر دائمةَ للمياه.

مصادر المياه العالمية تواجه تغييرات مثيرة نتيجة لتغير المناخ العالمي، والطلبات العالية للمياه، والنمو السكاني، والتصنيع والتعمير.

تغير المناخ يؤدى إلى إختلافات كثيره ولهذا فإن حصاد مياه الامطار يجب إن يتجاوب مع كلا الحالتين الهطول المطري الشديد والجفاف الشديد. الهطول المطري الشديد يتطلب حماية جيدة من الفيضانات ، ومنشآت تحويلية ، بينما يتطلب الجفاف الشديد قدرة خزن كبيرة واهتمام أكبر فى تغذية المياه الجوفية. وفي بعض الاحيان وفي حالات الجفاف الطويله يجب إيجاد مصادر مياه بديلة تسبقها خطط مطوره لترشيد المياه. ولهذا فإن الإستعمال المستمر لمياه الامطار كمصدر للمياه العذبه يمكن أن يخفض الطلب على المياه الجوفية.

وهناك العديد من فوائد حصاد مياه الامطار منها :

- المياه المجمعة من حصاد الامطار مجانية والكلفة الوحيدة هي كلفة التجميع والاستخدام.
- المياه المجمعة عادة تكون قرب منطقة الاستخدام، وهذا يوفر كلفة انظمة شبكات التوزيع المكلفة جدا
- يمكن أن يكون مصدر مياه للامدادات المنزليه ، خاصه عندما تكون المياه الجوفية غير مقبولة او غير متوفرة ، كما يمكن أن يحد من ضخ المياه الجوفية المحدودة.
- عذوبة مياه الامطار تعزز من استخداماته.
- حصاد مياه الامطارمورد اساسى لرى الزراعة فى المناطق التي لا تتوفر فيها مياه سطحية أو جوفية.

- حصاد مياه الامطار يخفض من انجراف الأراضي الزراعية في مجاري السيول.
- حصاد مياه الامطار يساعد على تقليل الطلب على المياه فى فصل الصيف ، والتوسع فى الامداد اليومي للمياه من شبكات المياه العامه.
- حصاد مياه الامطار يوفر فواتير المياه للمستهلكين.

ويعتبر حصاد مياه الأمطار اسلوب إدارة لجمع وتخزين وتوزيع مياه الامطار لأي استخدام نافع فهو يجعل المياه متوفره في مناطق تكون المصادر الأخرى فيها بعيدة أو غالية جداً، كما يمكن من امداد المياه للقرى الصغيرة والمنازل ولسقى الماشية والزراعة.

حقائق وارقام:

- تقديرات عام ٢٠٢٥ تشير بأن عدد السكان في البلدان التي تعاني من شحة المياه سيزيد الي ستة أضعاف أي إلى ٣ بليون نسمه.
- يعيش اليوم ٤٧٠ مليون شخص في مناطق النقص الحاد في المياه.
- ١,١ بليون شخص في العالم لا يحصلون على المياه الآمنة وهذا العدد يمثل تقريباً سدس سكان العالم.
- المسافة المتوسطة التي تمشيها النساء في أفريقيا وآسيا لجلب المياه هي ٦ كيلومتر، وهن حاملات معدل ٢٠ لتر على رؤوسهن.
- يقدر بأن ٢٥ ٪ من سكان المدن في الدول النامية يستعملون المياه المباعه، حيث يتم شراء المياه باسعار عالية جداً عن اسعار المياه الموزعة في الشبكة العامة.
- السكان في حي كاريبيا في نيروبي، كينيا، يدفعون خمس مرات السعر الذي يدفعه مواطن أمريكي لمتوسط سعر لتر من الماء.
- تقريباً ٧٥ ٪ من الفقراء يعتمدون على الزراعة المطرية لإعالة أنفسهم. وفي أفريقيا (جنوب الصحراء الكبرى) يمثلون اكثر من ٩٠ ٪ من السكان الذين ينتجون ٣٠-٤٠ ٪ من الناتج المحلي الإجمالي.
- في المناطق شبه القاحلة مثل أفريقيا (جنوب الصحراء الكبرى) وأجزاء من آسيا، يتطلب انتاج كيلوغرام من الحبوب ٥٠٠٠ لتر من مياه المطر.

- كمية الأمطار غير المستغلة تكفي تقريبا لمضاعفة المحصول.
- ٦٠ ٪ من المطر لا ينتهي في الأنهار أو الطبقات الجوفية، بل تحتجزه التربة لتوفير الرطوبة اللازمة للنباتات والكائنات العضوية الدقيقة.
- في الارض اليابسة التى لا يوجد فيها غطاء نباتي كافى ، ٩٠ ٪ من الهطول المطري يتحول الى جريان سطحي أو يتبخر، وتحتفظ التربه بـ ١٠٪ فقط من مياه الامطار.
- تكلفة تقنيات حصاد المياه تتفاوت بين US$ ١٥٠ إلى US$ ٦،٥٠٠ لكل هكتار.
- كلفة ال م٣ من المياه المخزونه فى خزانات المياه السطحية الصغيرة والمتوسطة الحجم في أفريقيا تتراوح بين US$ ٠,٨ وUS$ ٠,٣ متضمنه فواقد المياه بالتسرب والتبخر ، وفي الحواجز تحت سطحية في شرق أفريقيا تتراوح الكلفة بين US$ ٢,٥ و US$ ٤,٠ لكل متر مكعب مخزون من الماء.

وتتسم حالة المياه في الشرق الاوسط عامة وفي اليمن خاصة بالخطورة. النمو السكاني والتنمية والممارسات الخاطئة في ادارة المياه ومشكلة شحة المياه وتلوثها تزيد من خطورة المشكلة. ويصل نصيب الفرد فى اليمن من الموارد المائية المتجددة الى ١٣٧ مترا مكعبا في السنة في حين أن خط الفقر المائي المتعارف عليه هو ١٠٠٠ متر مكعب سنويا للفرد.

1.2 حصاد مياه الامطار في اليمن

منشآت حصاد مياه الامطار التقليدية موجودة في اليمن منذ الاف السنين. فمازالت اثار السدود ، وخزانات المياه بالإضافة إلى المدرجات الزراعية الجبلية المدهشة الفريدة تؤكد التاريخ الطويل لحصاد مياه الامطار. حيث اقيمت العديد من الحواجز والخزانات الارضية والسدود لسد حاجة السكان من المياه للإستخدامات المنزلية والزراعة. ومن اشهر هذه السدود سدَ مأرب التاريخى العظيم والذى ذكر فى القرآن الكريم. التنقيبات الآثرية الأخيرة كشفت تاريخ بقايا منشآت الرَي حول مدينة مأرب التي ترجع الي منتصف الألفية الثالثة قبل الميلاد (بعضها قبل ٤٠٠٠ سنة). ولازال المزارعون في هذه المنطقة نفسها يسقون اراضيهم بمياه الفيضان ، (Bamatraf، ١٩٩٤).

مُورستْ تقنية حصاد مياه الامطار منذ القدم في اليمن في المناطق الجبلية، وذلك بتشييد السدود التقليدية الصغيرة، والخزانات الارضية ، والصهاريج، والمواجل ، والكرفان ، الحواجز الترابية التحويليه. وهذه المنشآت التقليدية استخدمت للامدادات المنزليه والزراعية .

في الجبال العالية حصاد مياه الامطار يمكن ان يكون من اسطح المبانى مثل اسطح المساجد والمنازل (صورة ١,١)، ومن الاسطح الصخرية فى المنحدرات الجبلية (صوره ١,٢)

صوره (١,١) حصاد المياه من اسطح المساجد فى القرى

صورة (١,٢) حصاد مياه الامطار من سفوح الجبال

وتشيرالدراسات الأخيرة في اليمن حول حصاد المياه أن القرويين في المناطق الجبلية عرفوا انظمة حصاد المياه منذ مئات السنين. ويستعملون المياه المجمعه من هذه الانظمه للشرب، وسقاية الحيوانات والري التكميلي خصوصاً في الفصول الأكثر جفافاً. وهم يبنون خزانات حصاد المياه بشكل رئيسي لتجميع الجريان السطحي من المصبات المختارة جيداً والنظيفة وعلى بعد مناسب من القرى لمنع التلوث ويستخدموا المواد المحلية المصنعة مثل القضاض لبناء الخزانات والتي ثبت انها ذات جودة عالية لخزن المياه ويمكن أن تقاوم كل التغييرات البيئية والمناخية مثل الطقس والمطر ودرجة الحرارة..... الخ ويمكن أن تدوم فترات طولية.

منذ بداية السبعينات وبظهور الحفارات والمضخات بدأ الناس بهجر منشآت حصاد مياه الأمطار واتجهوا نحو حفر الآبار وضخ المياه الجوفية باعتبارها توفر مياه أفضل جودة من مياه الأمطار. وبسبب الحفر العشوائي للآبار والإستخدام غير المقيد للمياه الجوفية وصلت شحة المياه في اليمن إلى مستوى يفوق ما يوازيه في كثير من دول العالم. فالهبوط السنوي المستمر في منسوب المياه الجوفية يتراوح بين ٣-٦م في بعض الأحواض والبعض منها جف تماماً. لا توجد مدينة في اليمن تحصل على المياه (٢٤) ساعة في اليوم باستثناء مدينة ذمار وهي مؤهلة للحاق ببقية المدن.

فترة انقطاع المياه في المدن تتراوح بين ٦ أيام كما في العاصمة صنعاء وإلى ٤٥ يوم كما في مدينة تعز، وفي ظل هكذا وضع تصبح جودة المياه الواصلة إلى المنازل وصلاحيتها للشرب أمر مشكوك فيه.

في الوقت الحالي، بدأت اليمن بتَأهيل منشآت حصاد مياه الامطار القديمة، وبناء منشآت جديدةَ خصوصاً للاستخدامات المنزليه. كما شيدت سدود جديدة ، ومنشآت تحويلية لكلا الاستخدامات المنزليه والزراعية في المناطق المختلفة.

ومن الجهات العاملة بشكل فعال في مجال حصاد مياه الأمطار الصندوق الإجتماعي للتنمية ومشروع الأشغال العامة.

2

الأساسيات

2.1. مقدمة

- أنظمة حصاد مياه الامطار لَها تاريخ طويل، يمتد آلاف السنين الى الوراء في عدة أجزاء من العالمِ. واليمن مثال جيد لهذا.
- تجميع مياه الامطار للاستخدامات المنزليه زادت كثيراً في المناطق الريفية في كل انحاء العالمِ في العقود الأخيرة، خصوصاً في أفريقيا وآسيا.
- الاهتمام بإستخدام مياه الامطار ينمو في المناطق الحضرية ايضا، حيث تتضمن منافعها المساعدة في السيطرة علي الفيضانات، وتخفيض الضغوط على مصادر المياه الموجودة.
- عدة دروس مهمة تم تعلمها من تجارب العقود الأخيرة في مجال حصاد مياه الأمطار وهذه تتضمن الآتي:
  - أهمية اشراك الجمعيات المحلية او لجان مستخدمى المياه بالكامل في مشاريعِ حصاد مياه الامطار
  - الحاجة للإختبار الحقلي الكامل للتصاميم الجديدة
  - الدور الحاسم للتدريب الجيد ومراقبة الجودة والإدارة
  - الحاجة لعملية التشغيل والصيانة المناسبة للأنظمة

حصاد مياه الامطار يستخدم في جميع أنحاء العالم، وهو :

- طريقة لتحسين حياة الناس في المناطق الريفية الجافة في شمال شرق البرازيل.
- تقنية تقليدية في الهند اثبتت فاعليتها.
- عنصر ضروري للبناءِ الحضري المستقبلي مثل تطوير مجمع دلمر كرايسلر فى برلين- ألمانيا.
- يرفع الإقتصاد الريفي ويساهم بنسبة عالية في تغطية المياه الآمنة في تايلندا؛
- تحسين الدور الإجتماعي والإقتصادي الجديد للنساءِ في وسط كينيا، وجعل المنطقة الجافة المغبره سابقاً خضراء ثانية.
- يزوِّد ٥ مليون شخصٍ في الصين بالمياه اللازمه لبقائهم.

حصاد مياه الامطار يستخدم في:

- المنازل للشرب، والطبخ، والاستحمام، والتنظيف وأيضاً يستخدم لرى قطع الارض الصغيرة وتربية الحيوانات.

- المؤسسات مثل المدارس، والجمعيات والمراكز الدينية لتوفير حاجتها من المياه .
- الزراعة، حيث يمكن تحسين انتاج المحاصيل ، وفي نفس الوقت يساهم في مكافحة انجراف الأرضِ أَو فى تقليل اضرار الفيضانات.
- المناطق الحضرية حيث تستعمل للشرب أولشطف المراحيض أو الغسيل او فى البستنة، وايضا يخفف الجريان السطحي للعواصف المطريه.
- الصناعة لعذوبته ، ولسهولة تنقيته.

حصاد مياه الامطار يعتبر أكثر من مصدر تكميلى للمياه ، فهو :

- ينمي تقنية تقليديه ويعطيها قيمه جديدة – محسنة بالمواد والتقنيات الحديثه.
- يمكن ادماجها بسهولة مع التقنيات الحديثة حيث أن العديد من مكونات "التقنيةِ الحديثه" تعطي قيمة اضافية لانظمة حصاد مياه الامطار
- تقنية حقيقية ملائمة، مرنة بما فيه الكفاية لكي تتكيف مع المحيط فى مكان استخدامها.
- تدعم الإقتصاد المحلي بخلق فرص العمل وإستخدام معظم أَو كل المواد من البيئة المحيطة، وتعطى حرية أفضل للوصول للمياه، كما تعطيه قِيمة كمصدر ثمين.

2.2 أنظمة حصاد مياه الامطار: نظرة عامة

- يشمل نظام حصاد مياه الامطار ثلاثة مكونات أساسية: المصبات (المساحات الساكبة) نظام تصريف (نقل)، وخزان لتخزين المياه.
- خزاناتَ المياه نوعين إما سطحية أو تحت سطحية أو بين النوعين أي جزء من الخزان سطحي والجزء الآخر تحت سطحي وتعتبر البرك والحواجز الكتلية والحواجز الترابية، والكرفان والحواجز تحت السطحية في الوديان أمثلة واضحة لهذه الخزانات.
- أنماط الإستعمالِ تعتمد على كمية ونمط المطر، طبيعة مساحة سقوط المطر، قدرة التخزين، الكلفة، مصادرالمياه البديلة، وإستراتيجية إدارة المياه المناسبة.
- أنظمة حصاد مياه الامطار المنزلية يمكن أَن توفركميات مفيدة من المياه لسقى الحيوانات الأليفة ، والزراعة المنزلية.

أنماط الاستعمال

يستخدم حصاد مياه الأمطار في بعض الدول للتحكم بالفيضانات وفي هذه الحالة تبنى خزانات لحجز المياه لفترة محددة تسمح للقنوات بتصريف المياه بدون حدوث فيضانات. في المقابل وفى المناطق القاحلة من العالم نرى أنظمة لَها مساحة سطحية كافية و سعة تخزينية تُلبي الاحتياجات الكاملة للمستخدمين. بين هاتين الحالتين توجد العديد من المتغيّرات التي تقرّر الأنماط المختلفة لاستخدامات حصاد مياه الامطار.

كمية المطر

تنشئ الكثير من الدول محطات رصد مطرية يتم فيها قياس كمية المياه المجمعة في اليوم والشهر والسنة ويحسب الهطول المطري السنوي كمعدل للهبوط المطري لعدد من السنوات ويقاس بـ مم/سنة.

نمط المطر

تَتفاوت الحالات المناخية على نحو واسع في كافة أنحاء العالم. إن نوع نمط المطر، بالإضافة إلى الهطول المطري الكلي السائد هوالذي سيقرر مدى جدوى نظام حصاد مياه الامطار. في المناطق التي يسقط المطرفيها بإنتظام على مدار السنة تكون حاجة التخزين منخفضه ولذلك فكلفة النظام ستكون منخفضة والعكس صحيح. كلما كانت البيانات متوفرة واكثر تفصيلا كلما زادت دقة تحديد مكونات النظام.

منطقة سطح المصب

عند تصميم نظام لحصاد مياه الأمطار من الأسطح تكون السعه مقيدة بمساحة سطح المبنى. فى بعض الأحيان يمكن زيادة السعه عن طريق اضافة مصبات اخرى من اسطح اخرى.

سعة التخزين

إن الخزان عادة يكون الجزء الأكثر كلفة في أنظمة حصاد مياه الامطار، ولهذا يجب عمل تحليل دقيق لاحتياج التخزين مع الكلفة.

كمية الإستهلاك اليومية للمياه

يتفاوت استهلاك الفرد للمياه من بضع لترات للشخص في اليوم في القرى الفقيرة إلى عدة مئات من اللترات للشخص في اليوم في بعض الدول الصناعية. هذا سيكون له تأثيرات واضحةَ على مواصفات وحجم مكونات النظام.

عدد المستفيدين

هذا ايضا سيؤثر كثيرا على الاحتياجات المائيه وسعة التخزين.

الكلفة

العامل الرئيسي في أي تصميم.

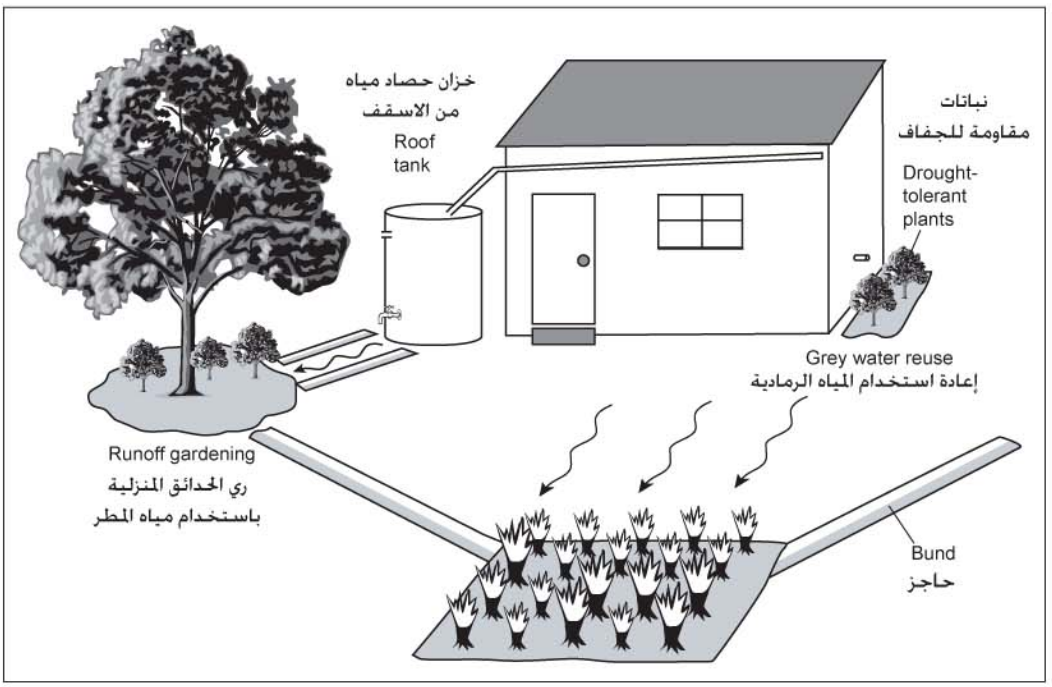
مصادر المياه البديلة

نظام حصاد مياه الامطار قد يزود المنازل بالمياه لمعظم ايام السنة، ولكن لبقية ايام السنه لا زال المستخدمين مضطرين لجلب المياه من المصادر البعيده ، ولكن في الشهور التي تتوفر فيها مياه الامطار في المسكن يكون هناك توفير كبير في الوقت والجهد .

السيناريو المحتمل الآخر ، هو أن مياه الامطار تخزن وتستعمل فقط للشرب والطباخة، ولمتطلبات المياه العالية الجودة كونها مياه عذبه، بينما مصادرالمياه الاخرى قليلة الجودة التى قد توجد قرب المسكن تستخدم للاغراض الأخرى.

إستراتيجية إدارة المياه

مهما كانت الاوضاع المائية، فإستراتيجية إدارة المياه الحذرة دائماً هي الإجراء الحكيم. في الحالات حيث يكون هناك إعتماد قوي على مياه الامطار المخزونه، توجد هناك دائما حاجه للسيطرة أو لإدارة كميةَ المياه المتوفرة لكي لا تنتهي قبل أوانها.



الشكل ١. تقنيات الرى المنزلي والحفاظ على المياه قابلة للتطبيق في المناطق الريفية

المصدر: Gould / Nissen Petersen: أنظمة حصاد مياه الامطار للامدادات المنزليه.

2.3 طرق حساب السعة التخزينية

- البيانات المطرية الموثوق بها و لفترة ١٠ سنوات (تكون أطول في مناطق الجفاف والقحط) متطلب مثالي للحصول على تقدير دقيق لكمية مياه الامطار المحتمل جمعها من مساحة سطحية محددة.
- يجب عند تقديرإحتياجات المستخدمين المائية توخي الحرص لأن هذه الإحتياجات قد تتفاوت خلال فصول السنه المختلفة. إن احتياجات المياه اليومية الضرورية للنظافة الشخصية والطباخه والشرب تتفاوت من١٠-٢٠ لتر للشخص وهذه الكمية عادة ما تكون كافيه.
- إن حساب السعة التخزينية للخزان يكون سهلاً إذا توفرت البيانات. وتحسب السعة باستخدام المعادلة التالية:

ح = م×هـ×ج

حيث : ح = حجم الخزان م^{٣}

هـ = معدل الهطول المطري (م/ سنة)

ج = معامل الجريان والذي يعتمد على نوع وطبيعة المساحة وميولها وهو بدون وحده.

يتراوح معامل الجريان المتوسط من ٠,٨-٠,٨٥ للسقف الحديدي المتموج والمبني بشكل جيد ويصل الى ٠,١-٠,٢ للتربة المتماسكه جيدا.

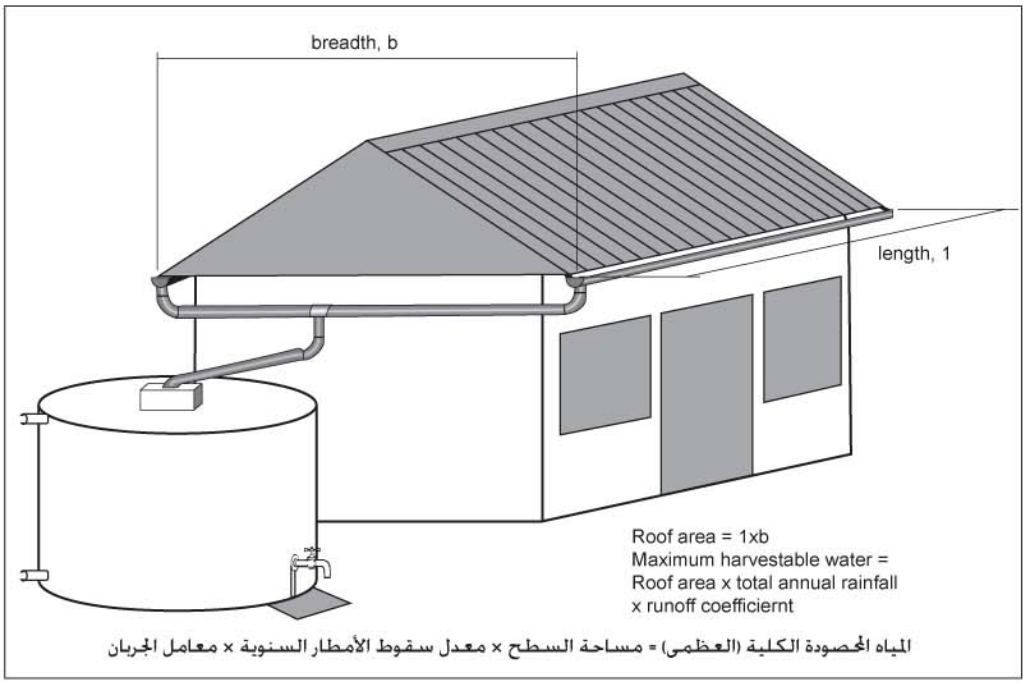
- هناك عدة تقنيات متوفرة لحساب حجوم خزانات حصاد مياه الامطار، وتتضمن:
  - طريقة الإحتياج
  - طريقة الإمداد
  - طريقة الحاسوب
- يعتمد أي قرار بحجم مكونات نظام حصاد مياه الامطار على العديد من العوامل مثل كمية وتوزيع الهطول المطري، تنظيم الاحتياج والرغبة في الترشيد ، انتاجية المصبّ / خيارات حجم التخزين.

حســاب حجم نظام حصاد مياه الامطار للامدادات المنزلية

عند تصميم نظام تجميع مياه أمطار يكون التركيز عادة منصبا على حساب حجم خزان المياه كي يعطي

سعة تخزينية كافية وسعة التخزين تحدد بعدة عوامل متداخلة و تتضمن الآتي:

- البيانات المطرية المحلية وأنماط الطقس
- مساحة سطح المبنى (أو أي مصب آخر)
- معامل الجريان السطحي والذي يتفاوت بين ٠,٥ و ٠,٩ معتمداً على نوع مادة السقف وميوله .
- عددالمستخدمين ومعدلات الإستهلاك



شكل (٢) نظام حصاد مياه الامطار للامداد المنزلى من سقف المنزل

Source: www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rainwaterharvesting/sizingthesystem.htm

أنماط الاستفاده من حصاد مياه الامطار تلعب أيضاً دورا في تحديد مكونات وحجم النظام. فيما يلي سوف نستعرض ثلاث طرق مختلفة متفاوتة التعقيد والحداثه لتحديد مكونات وحجم نظام حصاد مياه الامطار.

الطريقة الاولى - طريقة الإحتياج

طريقة بسيطة جداً لحساب اكبر احتياج تخزيني معتمداً على معدل الإستهلاك وعدد المستهلكين في المنزل وعدد أيام الجفاف كمثال بسيط يمكن أن نستعمل البيانات النموذجية التالية:

الإستهلاك اليومي للفرد من المياه الصالحة للشرب (C) = 5 لترات

عدد افراد العائلة (n) = 6

متوسط اطول فترة جفاف (١٥٠ يوم)

السعة التخزينية المطلوبة (T) = 150 x n x c = 4500لتر

وتعتمد هذه الطريقة البسيطة على فرضية أن معدل الهطول المطري والمساحة السطحية يوفران كميات مياه تفوق كمية المياه المطلوبة لتغطية الاحتياج خلال أيام الجفاف فيكون العامل المحدد لسعة الخزان هو الكمية المطلوبة لتغطية فترة الجفاف.

الطريقة الثانية - طريقة الإمداد

في المناطق قليلة الامطار او المناطق حيث يكون توزيع الهطول المطري غير منتظم، يجب توخي الحرص في حساب حجم التخزين المناسب. حيث يكون هناك زيادة في المياه المتوفرة في بعض أشهر السنة ، بينما في الأوقات الأخرى يكون هناك عجز (انظر الشكل رقم ٣). ولتوفير مياه كافية على مدار السنة لتلبية الاحتياجات المائية، يجب توفير سعة تخزين كافية لمياه الامطار لسد النقص في إحتياجات المياه في فترات الجفاف. ولأن تكلفة التخزين مرتفعة ، يجب أن تحسب سعة التخزين بحذر لتفادي النفقات غير الضرورية.

مثال

الموقع: مدرسة الشهيد محمد الشامي الإبتدائية - حارة القادسية - بيرعبيد - صنعاء - اليمن

مساحة السقف: ٦٨١،٥ م^{٢}

معامل الجريان السطحي: ٠,٧٥ (هذه فرضية منخفضة جداً)

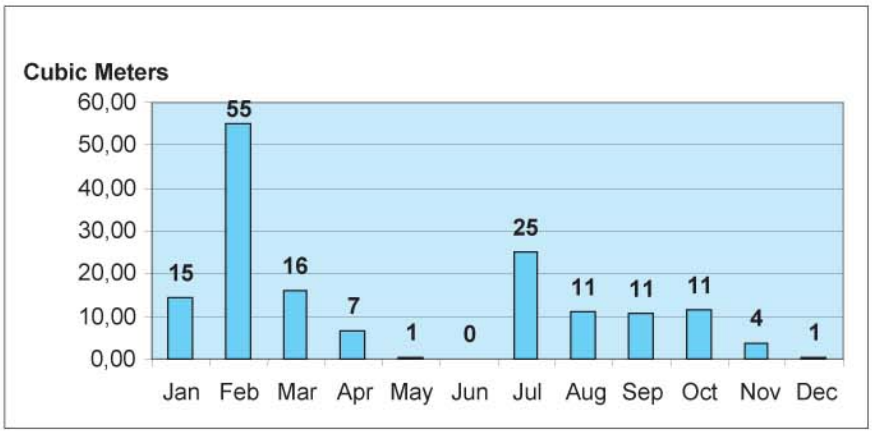
الهطول المطري السنوي في عام٢٠٠١: فوق المعدل قليلاً ولكن النمط مميز: ٣٠٣ مليمتر في السنة

كمية المياه التي يمكن جمعها في السنة:

(بفرض التجميع الكلي للكمية) = (٠,٧٥ ×٠,٣٠٣م× ٦٨١,٥ م^{٢} = ١٥٤,٨٧م^{٢})

كمية المياه في اليوم = ١٥٤,٨٧ ÷ ٣٦٥ = ٠,٤٢٤ م^{٢} / يوم أَو ٤٢٤ لتر بِاليوم أَو متوسط 12.7 متر مكعب لكل شهر

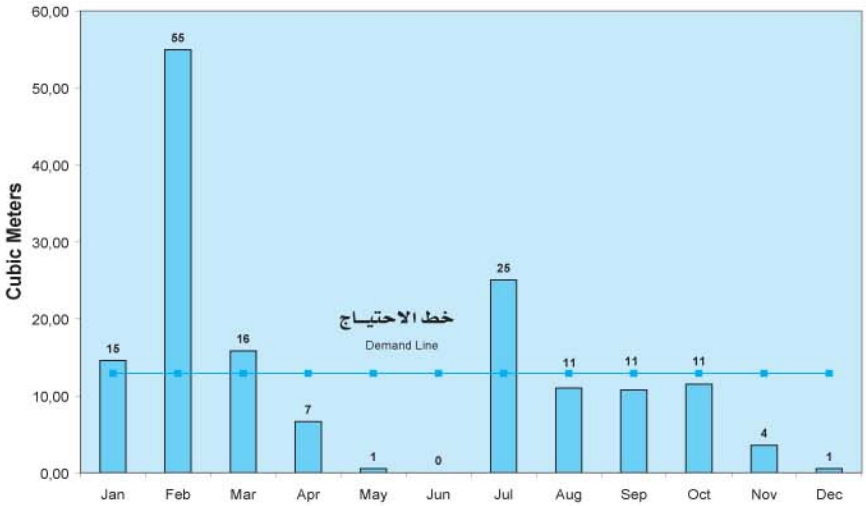
لهذا، إذا اردنا إمداد المياه طوال السنة لتلبية إحتياجات المدرسة، فلا يمكن لهذه الإحتياجات ان تتجاوز ٤٢٤ لتر باليوم. من المحتمل أن الإحتياجات المائية المتوقعة لايمكن مواجهتها من المياه المتوفرة المحصودة، لذلك فالأمر يتطلب إدارة مياه جيدة وحذرة وقد يتطلب رفد الاحتياج من مصادر أخرى.



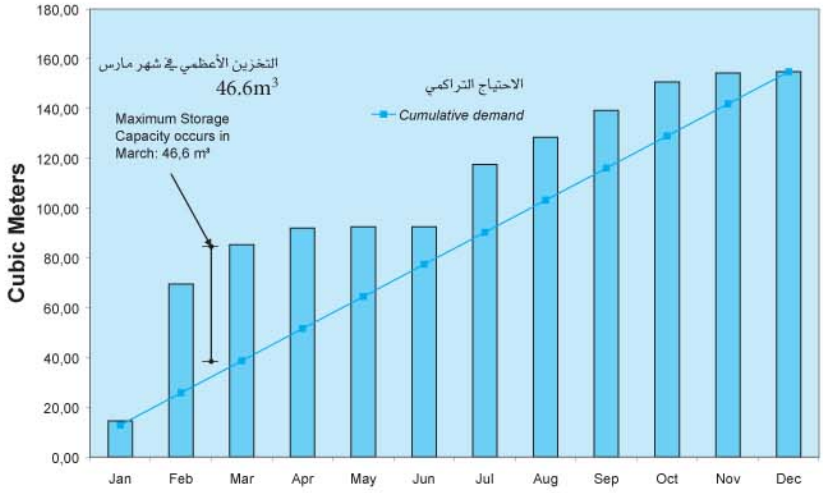
الشكل(٣) الهطول المطري المجمع (المحصود) من سقف المدرسة بناءً على البيانات المطرية لعام ٢٠٠١

كمية المياه التي يمكن تجميعها في الشهر

الشكل (٤) في الاسفل يوضح، المقارنة بين المياه التي يمكن جمعها من سقف المدرسة وكمية المياه التي تحتاجها المدرسة ويمكن ملاحظة أن هناك فصلان ممطران في السنة مع فترات من الجفاف. فنجد انه في شهر يناير كمية المياه المتجمعة قليلة بعد شهري الجفاف نوفمبر وديسمبر. إذا افترضنا بأن الخزان سوف يكون فارغا في نهاية ديسمبر ، فيمكننا عندئذ رسم شكل بياني للمياه المحصودة التراكمية وكذلك للإحتياجات المائية التراكمية ومن هذا الرسم يمكننا حساب الإحتياجات التخزينية القصوى للمدرسة.



الشكل (٤) مقارنة بين المياه المجمعه والاحتياجات المائية لكل شهر.



الشكل (٥) يوضح الكمية التراكمية للمياه الداخلة والخارجة من الخزان. ويوضح ان التخزين الأعظمي يكون في مارس/آذار.

جدول (١) يوضح كمية المياه المجمعة التراكمية وكمية الاحتياج التراكمي

الشهر	الهطول المطري (mm)	كمية المياه المتجمعة (m^3)	الكمية التراكمية للمياه المتجمعة (m^3)	الاحتياج الشهري (m^3)	الاحتياج التراكمي (m^3)	الفرق بين العمود ٤ و٦
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
Jan	٢٩	١٤,٥٦	١٤,٥٦	١٢,٩٠	١٢,٩٠	١,٦٦
Feb	١٠٨	٥٤,٩٣	٦٩,٥٠	١٢,٩٠	٢٥,٨٠	٤٣,٧٠
Mar	٣١	١٥,٨٤	٨٥,٣٤	١٢,٩٠	٣٨,٧٠	٤٦,٦٤
Apr	١٣	٦,٦٤	٩١,٩٨	١٢,٩٠	٥١,٦٠	٤٠,٣٨
May	١	٠,٥١	٩٢,٤٩	١٢,٩٠	٦٤,٥٠	٢٧,٩٩
Jun	٠	٠,٠٠	٩٢,٤٩	١٢,٩٠	٧٧,٤٠	١٥,٠٩
Jul	٤٩	٢٥,٠٤	١١٧,٥٣	١٢,٩٠	٩٠,٣٠	٢٧,٢٣
Aug	٢٢	١٠,٩٩	١٢٨,٥٢	١٢,٩٠	١٠٣,٢٠	٢٥,٣٢
Sep	٢١	١٠,٧٣	١٣٩,٢٥	١٢,٩٠	١١٦,١٠	٢٣,١٥
Oct	٢٣	١١,٥٠	١٥٠,٧٥	١٢,٩٠	١٢٩,٠٠	٢١,٧٥
Nov	٧	٣,٥٨	١٥٤,٣٢	١٢,٩٠	١٤١,٩٠	١٢,٤٢
Dec	١	٠,٥١	١٥٤,٨٣	١٢,٩٠	١٥٤,٨٠	٠,٠٣
الاجمالي		١٥٤,٨٣		١٥٤,٨٠		

الجدول ١ يوضح حسابات تحديد حجم خزان، حيث يؤخذ بالإعتبارالكمية التراكمية للمياه الداخلة والخارجة من الخزان. سعة الخزان تحسب على انها المياه الفائضه القصوى (عمود٧) الناجمه من الفرق بين كمية المياه المحصودة (الداخلة / عمود٤) والإحتياجات المائية للمدرسة (الخارجة / عمود٦)

في أي شهر. ويحدث هذا في شهر مارس حيث بلغ متطلب (حجم) التخزين ٤٦,٦٤ مترمكعب. وهذه المياه يجب أن تخزن لتغطية النقص خلال أشهر الجفاف.

ملاحظات هامة :

- هذه الحسابات تعتمد على فرض اننا نريد حصاد وتجميع كل مياه الامطار المتوفرة. الإستراتيجيات الأخرى قد تكون لحصاد المياه الكافية لفصل الجفاف!
- برجاء ملاحظة أن الجدول والرسم البياني الموضح في (شكل ٤) يجب أن تبدأ بعد الفصل الجاف. في حالة المدرسة تبدأ في يناير/كانون الثّاني، ولكنها قد تكون أي شهر آخر في حالة اخرى وهذا يعتمد على البيانات المطرية.
- القيم الموجبه في العمود ٧ تعني أن المياه المجمعة تفوق الاحتياج بينما إذا كانت هذه القيم سالبة في حالة أخرى فهذا يعني أن الاحتياج أكبر من المياه المخزونة وسيكون من الضروري البحث عن مصدر آخر لتغطية العجز.
- لحساب سعة الخزان، يجب إختيارسنة يكون فيها الهطول المطري مثالي. فمتوسط الهطول المطري الشهري (تقريبا لأكثر من ١٠ سنوات) يميل الى إعطاء حجوم تخزينية صغيرة، حيث يكون هناك هطول مطري في شهور غير إعتيادية (لايحصل فيها عادة هطول مطري) في بعض السنوات الإستثنائية والذي يقود الى متوسط هطول مطري غير مثالي.

الطريقة الثالثة - طريقة الحاسوب

حيث يوجد عدة برامج حاسوب لحساب حجم الخزان الفعلي بدقة البرنامج الأكثر ملائمة لغرضنا هو برنامج:

Rainwater Tank Performance Calculator

وهو موجود على DTU "Domestic Roofwater Harvesting" ، ويمكن ان يستخدم بالربط المباشر لخط الانترنت وفتح الموقع الموضح أدناه:

http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh/model/index.html

هذا البرنامج يطلب بيانات شهرية للهطول المطري لمدة ١٠ سنوات (وبمعنى آخر: لـ ١٢٠ قيمة على الاقل). لسوء الحظ ان الكثير من المستخدمين لا يستطيعون الحصول حتى على البيانات المطرية الشهرية الفعلية. في مثل هذه الحالات عليهم إستخدام المتوسط الشهري للبيانات المطرية الشهرية التي يمكن الحصول عليها من الكتب الوطنية السنوية، مع معالجة كل سنة وكأنها سنة متوسطة. هذه الخطوات للحسابات سوف تعطي سعة خزان أعلى قليلا (زيادة حوالي ٢٪).

البرنامج "Rainwater Tank Performance Calculator" يقوم بالحسابات التقريبية لكفاءة خزانات مختلفة الأحجام متضمنا الحجم الذي تحدده أنت باستخدام البيانات المطرية الشهرية ومساحة السقف . يمكن أن تحدد أيضا كيف ستستخدم مياه الامطار وذلك باعطاء البرنامج قيمة تقريبية للإحتياج المائي اليومي والاختيار بين ثلاث إستراتيجيات لإدارة المياه.

معلومة مساعدة:

في البداية افرض حجم تقريبي للخزان (فقط لبدء الحسابات) – بعد ذلك سوف يعطيك البرنامج قيم اخرى لحجوم الخزان. ويمكنك تغيير العوامل لملائمة الحالة المطلوبة.

بيانات الهطول المطري

يمكن الحصول على بيانات الهطول المطري من مصادر مختلفة. مثل الهيئة العامة للأرصاد والطيران المدني والهيئة العامه للموارد المائيه في صنعاء.

الهطول المطري قد يكون متفاوت ، خصوصاً حين يكون الهطول المطري السنوي أقل من ٥٠٠ مليمتر إذ يتفاوت الهطول المطري من موقع الى آخر، لذلك فإن إستخدام بيانات محطة قياس مطرية في منطقة على بعد ٢٠ كيلومتر من موقع نظام مياه الامطار قد تكون مضللة عند تصميم النظام.

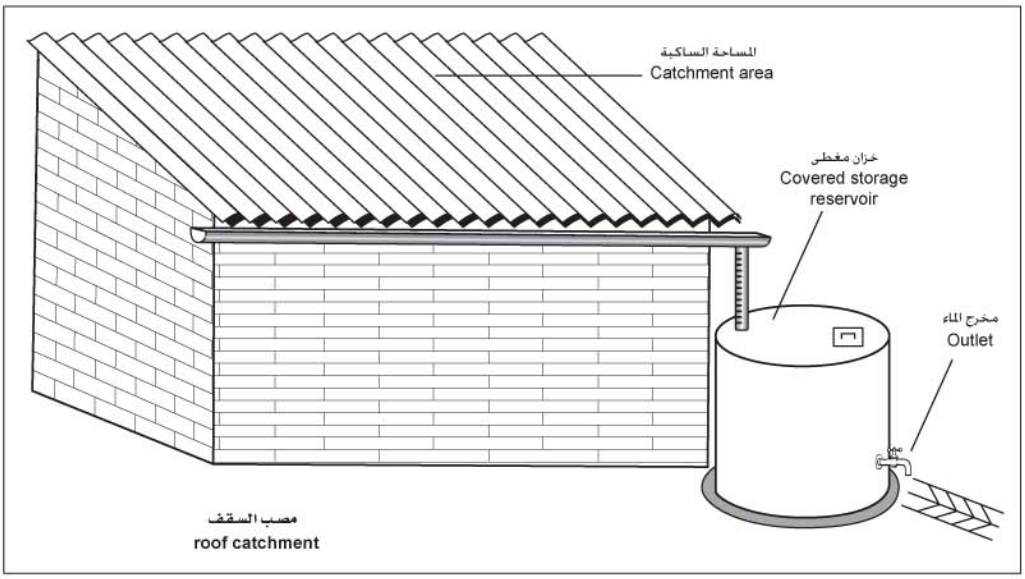
بعض التعليقات على احتساب حجم الخزان

- في أغلب الأحيان تتحكم كلفة مواد الخزان في إختيار حجمه. في حالات اخرى، مثل البرامج الكبيرة لتمويل مشاريع لحصاد مياه الامطار تستخدم حجوم قياسية للخزان بغض النظر عن نمط الإستهلاك أو المساحة الساكبه أو عدد الافراد المستخدمين وهذا يؤدي إلى خزانات إما صغيرة لا تفي بالاحتياج أو كبيرة لا تمتلئ.
- السقف الكبير جدا يعوض قليلا عن الخزان الصغير الحجم.
- إذا كان المستخدمون قادرين وراغبين في خفض معدل إستهلاكهم خلال الفصول الجافة أوعندما يجدون مستويات المياه في خزاناتهم منخفضه عن المعدل، عند ذلك يمكن أن تكون الخزانات أصغر حجما.
- أنظمة حصاد مياه الامطار "الجزئية" يمكن إنشاءها من خزانات صغيرة وبأشكال مثيرة للدهشة. هذه الأنظمة توجد إما في مناطق لا تكفي الأمطار فيها لتغطية الاحتياجات على مدار السنة أو حين تستخدم مياه الامطار فقط لتلبية حاجات مائيه محدده مثل الطبخ / الشرب.
- في الأيام التى يكون فيها الهطول المطري شديد الغزارة سوف يمتلئ الخزان الصغير في وقت قليل جداً ثم يبدأ بعدها بالفيضان. النظام عديم الكفاءة هو احد الانظمة التي تشكل فيها المياه الفائضة كمية

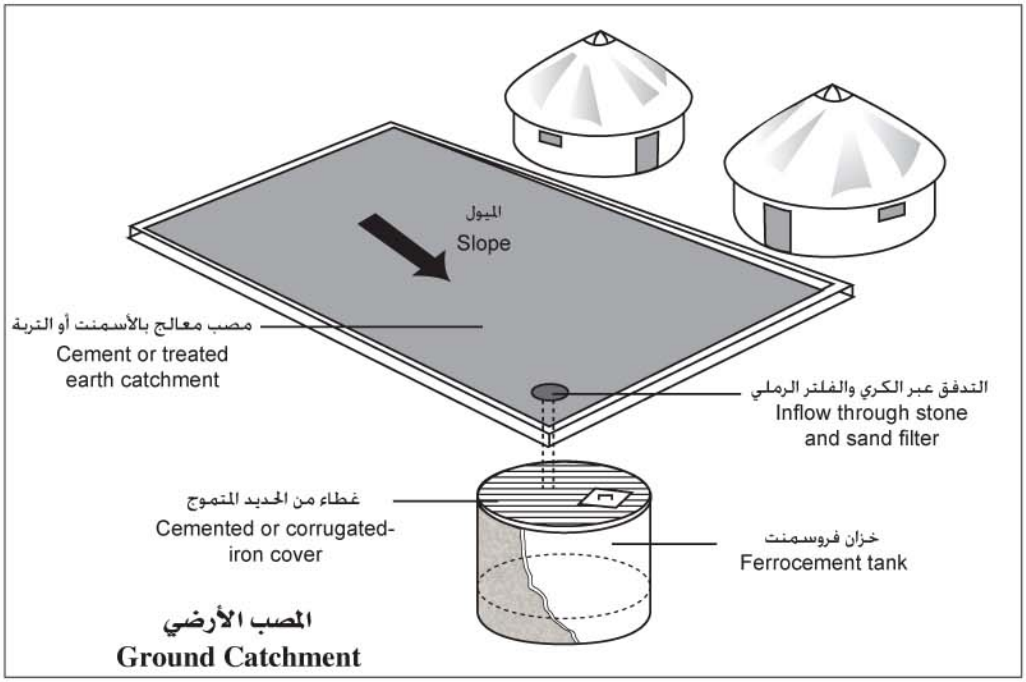
هامه من المياه التي تصب في الخزان. ولذلك، فإن عدم كفاية حجم التخزين ليس السبب الوحيد لعدم الكفاءة ولكن هناك اسباب اخرى منها : أن خطوط النقل السيئة لن تستطيع نقل كل المياه المحصودة أثناء الأمطار الغزيره، فقدان الماء بسبب التسريب من الخزان ، والسقف الكبير جداً سيحصد مطرا أكثر مما هو مطلوب.

2.4 المصبات(المساحات الساكبة)

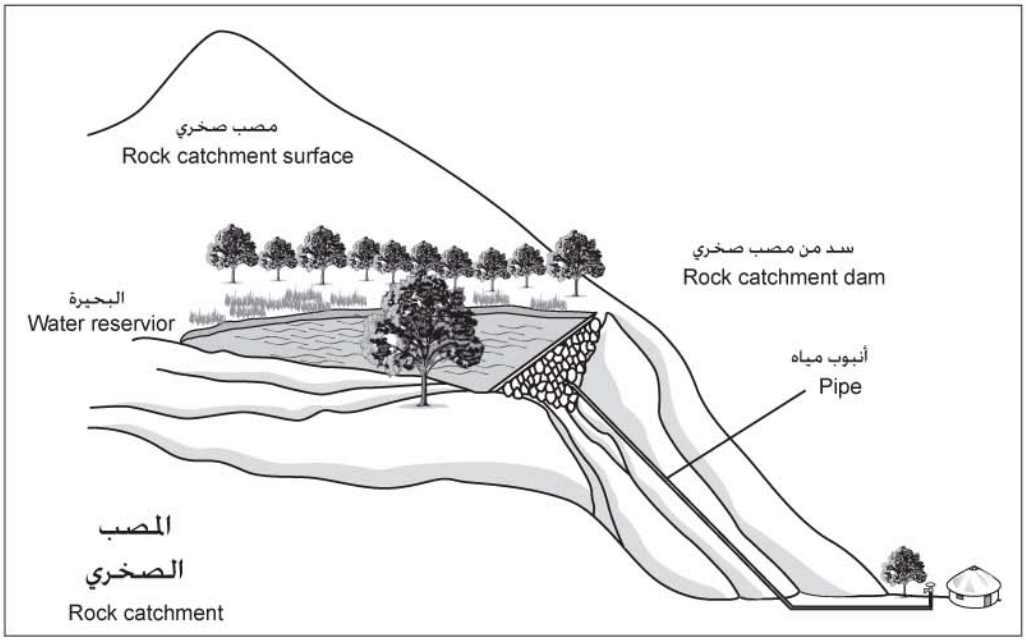
هناك ثلاثة أنواع شائعة لانظمة مصبات حصاد مياه الامطار التي قد تستخدم لتجميع المياه للامدادات المنزلية منها: مصبات الاسقف، المصبات الأرضية، والمصبات الصخرية.



شكل١, ٦



شكل ٦,٢



الشكل ٦,٣

الاشكال ٦,١ و ٦,٢ و ٦,٣ توضح مصب السقف،والمصب الارضي، والمصب الصخري

المصدر:

Gould/Nissen-Petersen: Rainwater-Catchment Systems for Domestic Supply. p.22

الكثير من أنظمة مصبِّات الاسقف تصمم بشكل سيئ.

الأخطاء الشائعة تتضمن:

- المزاريب الأفقية أَو المنحدرة بعيداً عن الخزانات.
- أنابيب المفيضِ التي توضع أسفل بكثير من أعلى مستوى للخزان.
- حنفيات مخارج المياه التي توضع أعلى بكثير من قاعدة الخزان.
- إستخدام جزء من مساحة السقف فقط كمصب.

2.5 نظام النقل

- يوجد عدة أنواع من أنظمة نقل المياه من المصب إلى الخزان، تتضمن المزاريب، الانحدارات الانسيابية، الانابيب الساقطة، مصارف او قنوات الاسطح .
- نظام النقل في أغلب الأحيان يكون الجزء الضعيف في أي نظام لمصبات مياه الامطار: يجب أن يكون مناسبا لحجم الخزان وأن ينفذ بشكل صحيح حول السقف كاملا.
- الكثير من انظمة حصاد مياه الامطار يركب فيها أداة لتصريف أول تدفق للمياه كي لا تدخل الخزان.
- يجب استخدام المرشحات فقط إذا كان من السهل تنظيفها أَو أن تكون ذات تنظيف ذاتي، وإلا فإنها قد تتسبب بسهولة في إنسداد فتحةَ المدخل وتحويل المياه الثمينة الى خارج الخزان.

التدفق الأول

الاوساخ والغبار ومخلفات الطيور ستتجمع على سقف المبنى أَو منطقة اى مصب آخر، وعند هطول الأمطار فإن هذه المواد غير المرغوب فيها ستجرف إلى الخزان. وهذا سيسبب تلوث المياه، وتدني جودتها. ولذلك فإن الكثيرمن أنظمة حصاد مياه الامطار يركب فيها أداة لتحويل مياه ' التدفق الأول ' إلى خارج

الخزان" (شكل (7).

هناك عدد من الأدوات البسيطة التي تستخدم عموما لتحويل التدفق الاول، وأيضا هناك عدد آخرمن الأدوات المعقدة قليلا. والفكرة الأسهل لتحويل التدفق الاول تعتمد على التشغيل اليدوي حيث يُبعد إنبوب المدخل عن مدخل الخزان، ثم يعاد ثانية بعد تصريف التدفق الأول. هذه الطريقة لها عوائق واضحة، فيجب أن يكون هناك شخص موجود ليقوم بتحريك الإنبوب.

الأنظمة الأخرى تستعمل المزاريب القلابة لإنجاز نفس الغرض أو تعتمد على كرة عائمة والتي تشكل مانعا فوريا لتصريف المياه إلى الخزان إلا بعد تصريف الدفعة الأولى من المياه إلى خارج الخزان.

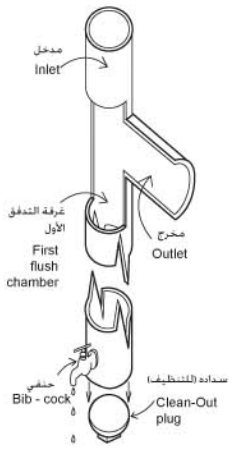
الدفعة الأولى من المياه يمكن أن تستخدم لري نباتات الحديقة أوأى استخدام آخر مناسب. والاوساخ يجب أن تزال من وقت إلى آخر من اسفل الانبوب.

بالرغم من أن الطرق الأكثر تطوراً توفر وسائل رائعة أكثر لتصريف مياه التدفق الأول، فإن المختصين في هذا المجال كثيرا ما يوصون باستخدام الطرق المبسطة التي تصان بسهولة ويمكن إصلاحها إذا حدث فيها أي قصور.

شكل (7) محولات التدفق الاول — Fig. 7 First-Flush Diverters

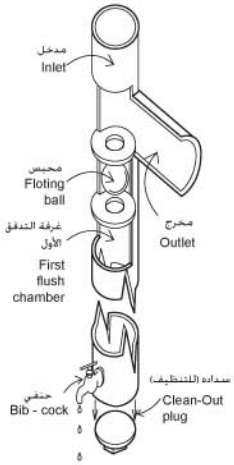
Standpipe with out ball valve

انبوب قائم بدون صمام كرة



Standpipe with ball valve

انبوب قائم مع صمام كرة



أنظمة الترشيح واحواض الترسيب

- يوجد تشكيلة من الأنظمة المتوفرة لمعالجة المياه قبل وأثناء وبعد تخزينها. حيث يتفاوت مستوى تطورها من متطور جدا إلى بدائي جدا ومنها:

- مصفي الشبكة البسيط (trash rack) لنفايات المصب و يستخدم في العديد من الأنظمة، لكن هذا النوع من المرشحات له العديد من المشاكل، فهولايزيل الا النفايات الكبيره فقط، و قد ينسد بسهولة ويتطلب تنظيف منتظم.

- المرشح الرملي يستخدم أحياناً لترشيح مياه الامطار الداخلة الى الخزان، وهذا النوع من المرشحات مناسبا فقط حيث يكون الجريان الداخل الى الخزان بطيئا، وإذا تجاوز الجريان الداخل الى المرشح معدل المياه التي يمكن أن ترشح وتمر خلال الرمل ستفيض المياه الى خارج الخزان.

- احواض الترسيب والحواجز يمكن أن تستخدمان لإزالة الطمي والمواد الصلبة العالقة الأخرى من المياه، وهذه تكون فعالة حيثما تستخدم، ولكنها تضيف كلفة إضافية كبيرة إذا استخدمت التقنيات الحديثة المتقنة لإزالة هذه العوالق.

2.6 خزان التجميع

- المتطلبات الضرورية لخزان فعال لحصاد مياه الامطار تتضمن:
  - تصميم مناسب مانع للتسرب مع غطاء صلب وآمن إذا أمكن
  - عمل مصفاه عند مدخل المياه الى الخزان وأنبوب مفيض وفتحة تنظيف مغطاة .
  - تركيب نظام مأخذ للمياه يحمي نوعية المياه، وعمل حفرة تصريف المياه بالرشح.
- الخزانات الإسطوانية أَو الكروية، مثل الجرة التايلاندية تعتبر أقوى وأقل تكلفة وتستخدم مواد أقل لتشييدها من الخزانات المنشورية الشكل.
- توفر مواد البناء المناسبة والايدي العاملة الماهرة تعتبرعوامل مهمة عند اختيار الخزان.
- يجب اختيار مواقع الخزانات بعناية وحرص لتفادي مصادر التلوث والعوامل التي تضر بالخزان وتؤدي الى تآكله.
- هناك العديد من أنواع الخزانات المناسبة لتخزين مياه الامطارمنها: الخزانات السطحية المصنوعة من المونة الاسمنتية المسلحة (فروسمنت)، من الطوب / البلوك الاسمنتي، من الخرسانة المسلحة، من المعدن، من البلاستيك والألياف الزجاجية والخشبية. والخزانات تحت السطحية تشيد بإستخدام المونة الاسمنتية المسلحة، اوالخرسانة، أوالطوب مع التبطين بالمواد التقليديه ؛ وهذه المواد شائعة في سدود المصبات الصخرية ، والسدود تحت السطحية المبنية من التربة، والسدود الترابية والصهاريج والحفر.

- التصاميم الاعتيادية الشائعة تكون فعاله إذا بنيت بطريقة مناسبة وبالمواد ذات النوعية الجيدة وبالتنفيذ الجيد.
- لا ينصح عند بناء خزانات المياه إستخدام تقوية من المواد العضوية مثل الخيزران أو نسيج الألياف أوأعواد النبات كبديل لحديد التسليح والسلك الفولاذي.
- لضمان بناء خزانات ذات جودة و متانة، يجب إستخدام مواد بناء ذات نوعية جيدة ، نظيفة ومطابقة للمواصفات المطلوبة.
- الخلط الجيد للمونة الإسمنتية والخرسانة عامل أساسي لبناءِ خزانات مياه جيدة. الإختيار السيئ للمواد، والخلط السيئ والعمالة السيئة اسباب شائعة للمشاكل التي تظهر في خزانات المياه المنجزه.
- الاساسات الصلبة ضرورية لخزانات حصاد مياه الامطار السطحية.
- جدران الخزان يمكن أن تبنى بعدة طرق تتضمن إستخدام الطوب أو البلوك أَو الخرسانة المصبوبة في الموقع ، أوالمونة الاسمنتية المسلحة (فروسمنت).
- عدم ديمومة سقف الخزان المصنوع من الحديد المتموج المدعم بخشب معالج أدى إلى تطويربناء السقف بحيث يكون على شكل قبة منفذة من المونة الاسمنتية المسلحة .

خزانات التجميع

يمثل خزان تجميع المياه عادة العنصر الرئيسي ذو الكلفة الأكبر في نظام حصاد مياه الامطار. لذلك فإن تصميمه عادة ما يتطلب حرصا أكبر وذلك للحصول على سعة تخزين مثالية مع المحافظة على بقاء الكلفة اقل ما يمكن.

لتخزين كميات كبيره من المياه، فإن النظام يتطلب عادة خزان سطحي (فوق سطح الأرض) أَوخزان تحت سطحي (تحت سطح الأرض). وهذه الخزانات او الصهاريج يمكن أَن تتفاوت في الحجم من المتر المكعب (١٠٠٠ لتر) إلى مئات الأمتار المكعبة للمشاريع الكبيرة، ولكن الحجم النموذجي هو ٢٠ الى ٣٠ متر مكعب لنظام الامداد المنزلي. والإختيار سيعتمد على عدد من الإعتبارات التقنية والإقتصادية، والبعض من هذه الاعتبارات مذكورة فيمايلي:

- توفر المساحة الكافيه
- توفر الخيارات المحلية
- التقاليد المحلية لخزن المياه
- كلفة شراء الخزان الجديد
- كلفة مواد وأعمال البناء
- توفر المواد والمهارات المحليه

- طبيعة الأرض في الموقع
- أنماط الإستخدام

إحدى الإختيارات الرئيسية سيكون إما إستخدام خزان سطحي أو تحت سطحي. كلا النوعين لهما فوائد وعيوب. جدول(٢) يلخّص فوائد وعيوب كل منهما.

جدول (٢) فوائد وعيوب الخزانات السطحية وتحت السطحية

	خزان سطحي(فوق الارض)	خزان تحت سطحي (تحت الارض)
الفوائد	● المنشآت فوق سطح الارض تسمح بالتفتيش السهل للشقوق أو التسرب ● هناك العديد من التصاميم الجاهزة لاختيار الأنسب منها ● يمكن أن يشترى "جاهز" بسهولة من مراكز التسوق ● يمكن أن يصنع من انوع مختلفة من المواد ● يمكن بناءه من المواد التقليدية ● اخذ المياه يمكن أن يكون بواسطة الجاذبية في كثير من الحالات ● يمكن ان يرفع فوق مستوي سطح الارض لزيادة ضغط الماء	● عادة يكون ارخص ● يتطلب فراغ صغير او لايتطلب مساحة فوق سطح الارض ● غير منظور
العيوب	● يتطلب مساحة على سطح الارض ● عادة اكثر كلفه ● من السهل الحاق الضرر به ● معرض لتأثير المناخ ● قد يكون انهياره خطيرا	● استخراج الماء أكثر صعوبة - ويتطلب في أغلب الأحيان مضخة ● اكتشاف التسربات أو حالات الانهيار يكون أكثر صعوبة ● تلوث الخزان من المياه الجوفيّة يكون أكثر شيوعا ● جذور الاشجار يمكن أن تتلف المنشاءة ● هناك خطر على الأطفال والحيوانات الصغيرة إذا ترك الخزان مكشوفا. ● ازاحة الخزان الى الأعلى بسبب ضغط المياه الجوفية يمكن أن يحدث إذا كان مستوى المياه الجوفيّة مرتفعا وكان الصهريج فارغا ● يمكن للعربات الثقيلة المارة على سطح الخزان أن تلحق به الضرر

2.7 جودة المياه

- إن نوعية مياه الامطار لا تطابق دائما معايير منظمة الصحة العالمية (WHO) أَو المعايير الوطنية للمياه الصالحة للشرب، ولكن عندما تقارن مع الكثير من مصادر المياه التقليدية غير المحمية نجد ان مياه الامطار من مصبات الاسقف المصانة بشكل جيد تكون مياهها محسنة ويمكن إستخدامها للشرب بأمان و بدون معالجة.

- لا يوصى بإستخدام مياه الامطار المجمعة من مصبات أرضية مفتوحة للشرب مالم تغلى أَو تعالج.

- بإستثناء المناطق المدنية والصناعية الكثيفة أَو المناطق المجاورة للبراكين النشطة، فإن مياه الامطار تكون نقية جدا، وأي تلوث لهذه المياه يحدث عادة بعد سقوطها في المصب واحتكاكها بسطحه.

- حدوث درجة من التلوث الكيميائي والميكروبيولوجي لمياه الامطار المحصودة من الاسقف تكون حتمية، ولكن غالبا لا تسبب مشكلة إذا صينت الاسقف والمزاريب وخزان المياه بشكل صحيح ونظفت وفحصت بإنتظام.

- التقارير لحالات تفشي امراض ناتجة عن مصادر مياه الاسقف نادرة. وارتبطت بضعة حالات للأمراض المعوية بوجود كميات كبيرة من براز الطيور أوالحيوانات على هذه الاسقف، لذلك يجب ان تؤخذ الإجراءات الملائمة لتصريف الدفعة الأولى من المياه خارج الخزان للتخلص من هذه المخلفات.

- النوعية الكيميائية والفيزيائية لمياه الأمطار المخزونة تكون عادة عالية. يجب اخذ الحرص لتفادي أي مصادر محتملة لمعدن الرصاص أو أي معادن ثقيلة أخري، ومثال على ذلك:- تلميع الاسطح بالدهان المحتوي على الرصاص.

- يمكن أن تكون خزانات مياه الامطار بؤر لتكاثر البعوض والذي يكون في بعض المناطق ناقلا للأمراض مثل حمى الضنك والحمى الصفراء والملاريا. لذا فإنه من الضروري تغطية أي فتحه في ا لخزان بواسطة الشبك.

- للحصول على مياه بجودة أفضل ، من المهم والأساسي تصميم النظام وتشغيله وصيانته بطريقة جيدة. عموما ستتحسن نوعية المياه أثناء التخزين بشرط عدم إثارة أي رواسب بواسطة التدفقات الحديثة أو دخول الضوء والكائنات الحية.

- يمكن بإستعمال المرشحات ومحولات التدفق الأول أن تحسَّن نوعية مياه الامطار الى درجة كبيرة. في حال كانت هناك مخاوف حول جودة المياه فيمكن اللجوء الى طرق معالجة إضافية مثل الفلتر الفخاري المشبع بالفضه ، الغلي، التعريض لضوء الشمس، الإشعة فوق البنفسجية أَو الكلورة.

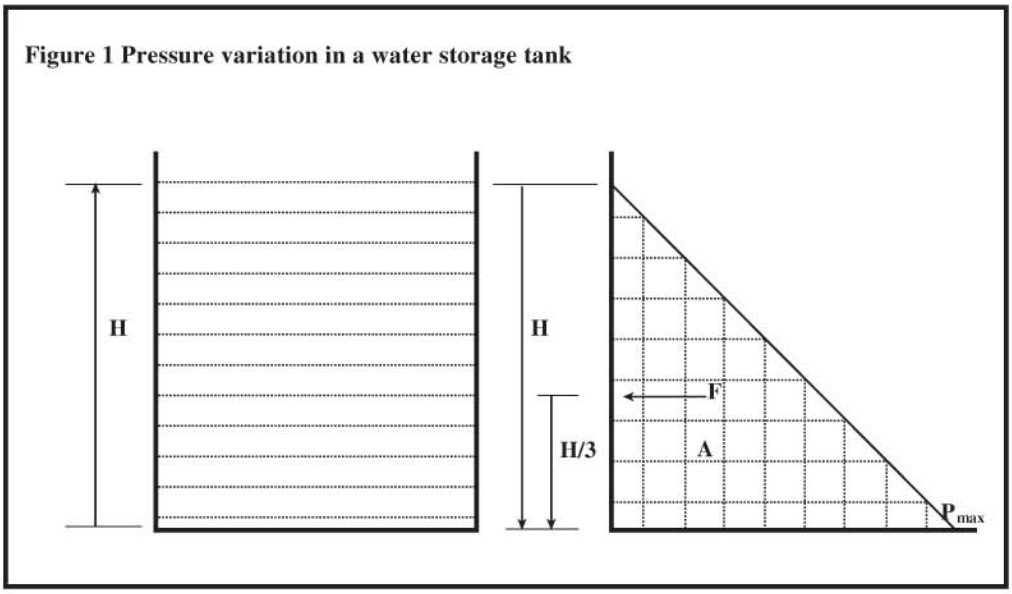
3

اعتبارات تصميم خزانات الفروسمنت

(المونة الاسمنتية المسلحة)

3.1 إعتبارات عامة، الضغط

ضغط المياه في خزانات المياه يزداد بزيادة العمق. والشكل (3.1) يوضح تغير ضغط المياه مع العمقِ في خزانات المياه.



الشكل (3.1) تغير الضغط في خزانات المياه

مساحة مثلث الضغط (A) تساوي محصلة الضغط أَو القوة (F) التي تؤثر في مركز ثقل المثلث والذي يبعد مسافة قدرها $H/3$ من اسفل جدار الخزان حيث H يمثل ارتفاع المياه في الخزان. يمكن حساب القوى الأفقية المؤثرة على جدار الخزان بسهولة وذلك بإستخدام المساحة المسقطة لمخطط ضغط المياه .

قاعدة المثلث تمثل الضغطِ الأقصى (p_{max})،

و p_{max} = الإرتفاع x كثافة الماء x الجاذبية = $H \times \rho \times g$

= الإرتفاع × وحدة الوزن للماء

= $H \times W$ (حيث W = وحدة وزن الماء ، H = الإرتفاع)

مساحة مثلث مخطط الضغط (A) = قوة ضغط الماء (F) = نصف القاعدة مضروبة بالارتفاع

$$F = A = \frac{1}{2} P_{max} \times H$$

$$F = 0.5 (W \times H) \times H$$

$$F = 0.5 \times W \times H^2$$

نلاحظ ان ضغط المياه المخزونه يزداد بزيادة إرتفاع الخزان وليس بزيادة عرضه. مركز تأثيرضغط المياه على جدار الخزان أو مركزثقل مثلث الضغط يختلف باختلاف إرتفاع الخزان .

بزيادة إرتفاع جدار الخزان تزداد كل من القوة الأفقية المؤثرة على جدارالخزان والمسافة الرأسية من قاعدة جدارالخزان وحتى مركزتأثيرها، وهذا يزيد العزوم حول قاعدة جدارالخزان والذي يؤدي إلى عدم إستقرار المنشأة. ومن الخبرة في خزانات الفروسمنت وجد أن إرتفاع جدار الخزان الاسطواني يجب ألاتزيد عن 2م . عندما يتجاوز جدار الخزان الارتفاع المحدد (2م) فإنه يوصى باستخدام جدران الدعائم (Buttress walls) والتي يتناقص عرضها مع الإرتفاع . كما يوصى بتغيير قطر الخزان وليس الإرتفاع للحصول على سعة التخزين المطلوبة.

3.2 الحجم (V)

الخزانات الإسطوانية لها مزايا واضحة مقارنة بالخزانات المنشورية ، فالنسبة بين سطحها الى حجمها افضل ولها توزيع منتظم اكثر للاجهادات على جدار الخزان. هذه الحقيقة تؤدي إلى خفض كلفة المواد المستخدمة لكل وحدة حجم تخزين.

الحجم (V) للخزان يحسب كتالي:

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

حيث ان:

r = نصف القطر الداخلي للخزان

h = ارتفاع المياه في الخزان

للحفاظ على بساطة المُنشأة، من المستحسن في الخزانات السطحية ذات الأحجام الكبيرة إبقاء الإرتفاع مساويا 2م وزيادة نصف القطر.

3.3 أساس الخزان

الاساس الصلب ضروري لخزانات المياه، كونه يتحمل وزن الخزان ووزن المياه معا. في الخزانات الدائرية السطحية (فوق سطح الارض)، يستخدم اساس للخزان بسمك 15 سم من الخرسانة مع حديد تسليح قطر 8 مم يُربط بسلك بحيث يشكل شبكة أبعاد فتحاتها 20سم × 20سم. يقطع الشبك الحديدي بشكل دائري ثم يثبت جيدا مع حديد تسليح الجدران.

يفضل وضع شرائح من البولي اثيلين أَو أي شرائح أخرى من البلاستيك تحت الخرسانة لحمايتها والحفاظ على رطوبتها . يجب ان تصب خرسانة الاساس خلال يوم واحد بصورة متواصلة حتى لاتتكون اي فواصل فيها ، ويُستخدم للأساس خلطة خرسانية بنسبة 1:3:4 ، كما يجب تغطية كل شبكة التسليح بالخرسانة.

ويجب وضع حديد التسليح على بعد حوالي 9 إلى 11 سنتيمتر من الأسفل بعناية جيدة وبمعنى آخر يوضع حديد التسليح في النصف العلوي لسمك الاساس.

يجب أن يبقى السطح النهائي خشنا حتى يرتبط جيدا مع الطبقة النهائية المكونة من المونة الإسمنتية بسمك 2سم والتي سوف تضاف عند اكتمال جدران الخزان.

3.4 جدران الخزان

جدران خزانات الفروسمنت المبنية فوق سطح الارض بارتفاع يصل الى 2م تشيد بسبع طبقات من المونة الإسمنتية علي شبكة تسليح ملحمة او مربّطة بسلك رابط وشبك مربع رفيع أَوشبك الدجاج الذي يستخدم لمنع حدوث اى تشققات دقيقة. المونة الاسمنتية المسلحة (الفروسمنت): هي مادة مؤلفة من اسياخ حديدية قطر 8 او6مم وشبك ومونة اسمنتية.

الحسابات التقريبة للإجهادات في الخزان موضحة فيمايلي:

الفرضيات:

سمك الجدار: 7 سم في أعلى الجدار، و 8 سم عند القاعدة

المادة المستخدمة : عبارة عن مونة اسمنتية مع الشبك المربع الرفيع الملحم فقط

طبقاً للبيانات التجريبية التي قام بها S. Turner (DTU جامعة Warwick) فإن قوة الشد الدنيا لهذه المادة (σ) تساوي 1.88 N/mm^2 .

المادة الفعلية المستخدمة أقوى بكثير لأنها مسلحة بقضبان حديد قطر8 مم وهذا يعطي عامل أمان كبير.

a) تحليل الخزانات السطحية

p_{max} = الإرتفاع x الكثافة x الجاذبية = $H \times \rho \times g$

= الإرتفاع (H) x الوزن النوعي (W)

= H x W

$19.6\ kN/m^2 = 2m \times 9.81 kN/m^3$ =

.ولأننا نتعامل مع خزانات إسطوانية، فإن الإجهادات السائدة على الجدران هي إجهادات شد

يحسب إجهاد الشد الأقصى أسفل جدار الخزان كما يلي:

σ_t = p x r/ t gives 19.6 x 3/ 0.08 = 735 kN/m2 = **0.735 N/mm2**

حيث أن:

r = نصف قطر الخزان = 3m

t = سمك جدار الخزان = 0.08m

النتيجة: σ_t المحسوبة أصغر بكثير من المسموح بها

عامل الأمان الإضافي = ٢,٦

b) تحليل الخزانات المشيدة تحت سطح الأرض

p_{max} = الإرتفاع x الكثافة x الجاذبية = $H \times \rho \times g$

= إرتفاع (H) x الوزن النوعي (W)

= H x W

$kN/m^2\ 27.4 = 2.8m \times kN/m^3\ 9.81$ =

يحسب إجهاد الشد الأقصى أسفل جدار الخزان كما يلي:

σ_t = p x r/ t gives 27.4 x 3.35/ 0.1 = 917.9 kN/m2 = 0.918 N/mm2

حيث ان:

r = نصف قطر الخزان = 3.35 m

t = سمك جدار الخزان = 0.1 m

النتيجة: σ_t المحسوبة أصغر بكثير من المسموح بها

عامل الأمان الإضافي = ٢

3.5 سقف الخزان

أسقف خزانات الفروسمنت المستخدمة لحصاد مياه الامطار والتي يمكن إنشائها بالوسائل البسيطة طورت في الثمانينات في كينيا. وطبقت نفس الفكرة وهي وضع المونة الاسمنتية على حديد التسليح و الشبك المربع الرفيع أوشبك الدجاج.

يُسند السقف بواسطة تكسيح حديد تسليح الجدران لتتداخل مع حديد السقف بشكل جزء من كرة (قشرة كروية من الفروسمنت). شدَّة السقف تشمل قماش مشمع(طربال بلاستيكي) يخاط بإحكام مع حديد التسليح والشبك المربع ويكون مدعما بالمرابيع الخشبية التي تدعم السقف وترفع حديد التسليح حتى يأخذ الشكل المناسب للسقف (شكل قشرة كروية). ويكون نصف قطر القشرة الكروية حوالي r 2.2 حيث r القطر الداخلي للخزان.

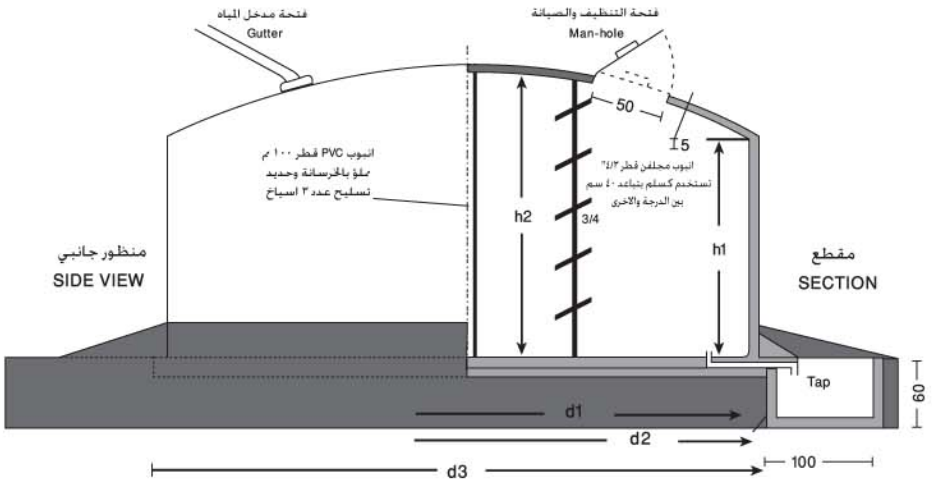
ولكي يبقى السقف خفيفا بقدر الإمكان فإنه يغطى بطبقة منتظمة من المونة الاسمنتية سمكها 5 سنتيمترات. للأقطار حتى 5م فإن السقف يدعم بدعامة مركزية واحدة فقط. للأقطار الكبيرة حتى 7م فإن السقف يدعم بأربعة دعامات. هذه الدعامات أو الأعمدة تنفذ من انابيب PVC قطر 10 سم تملأ بالخرسانة المسلحة. إحدى هذه الدعامات تستعمل كسلم، حيث تثبت عبرهذا العمود انابيب حديدية مجلفنة أفقية البعد الرأسي بين كل منها 40سم.

لا يفضل إستخدام سقف المونة الاسمنتية المسلحة (الفروسمنت) للخزانات التي قطرها أكبر من 7 م إذ يصبح من الأسهل وأكثر جدوى تغطيتها بصفائح الحديد المتموج مع ما يرافقها من الجسور أو الأنابيب الحديدية.

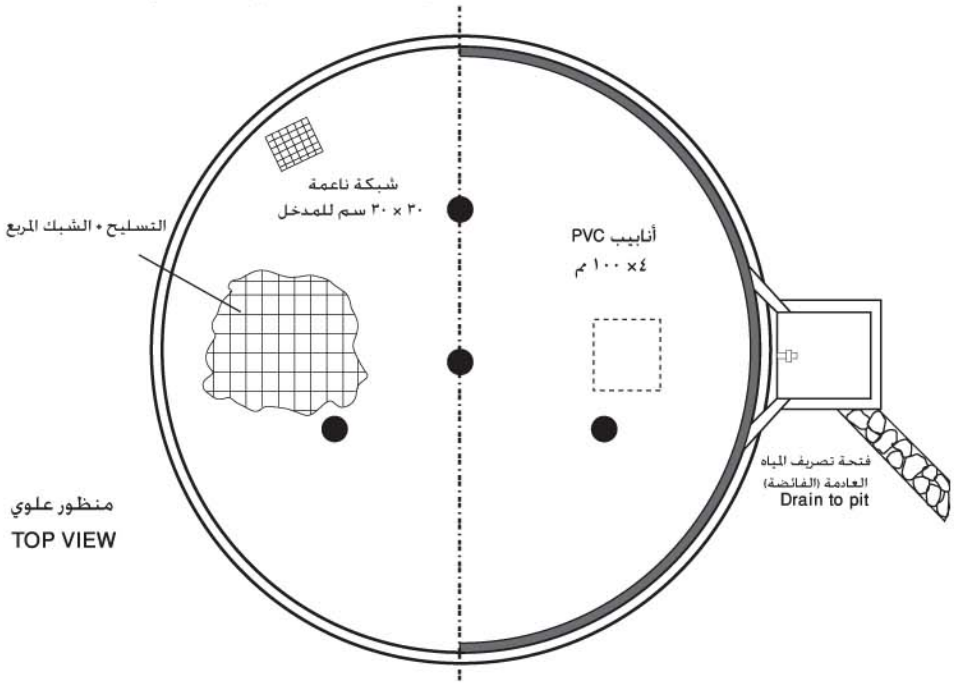
4

الخزان السطحي (فوق الأرض) سعة 50 م٣ لحصاد مياه الأمطار من الأسقف

4.1 تصميم الخزان السطحي سعة50 م^3



الشكل (a ٤,١) مقطع رأسي للخزان السطحي سعة ٥٠ م^3



شكل (b ٤,١) مسقط افقي للخزان السطحي سعة ٥٠ م^3

القطر الداخلي d_1 = ٦,٠٠م

القطر الخارجي d_2 = ٦,١٤ م

قطر الحفر d_3 = ٦,٤ م

h_1 = ارتفاع الجدار (من الداخل) = ٢ م

h_2 = اقصى ارتفاع للخزان (من الداخل) = ٢,٥٥ م

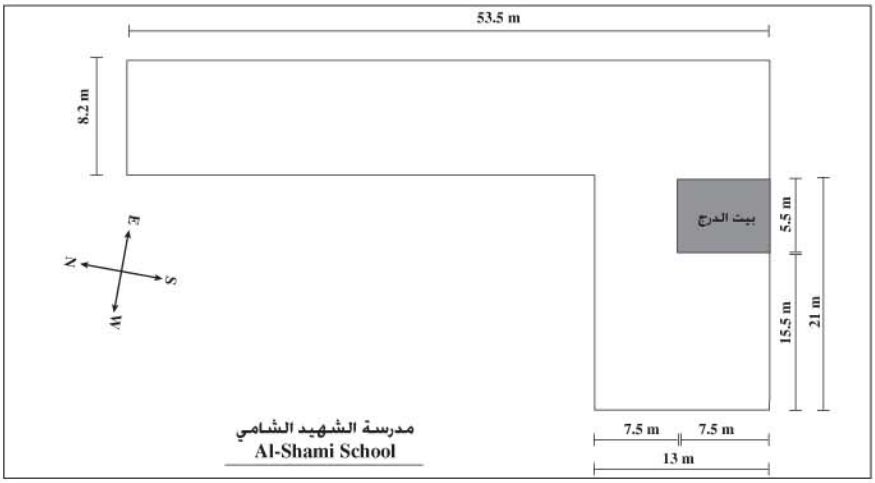
جدول ٤,١ جدول الكميات والتكلفة لخزان سعة ٥٠ م^3 من المونة الاسمنتية المسلحة (الفروسمنت)

(بحسب الاسعار السائده فى منتصف عام ٢٠٠٧م)

م	التفاصيل	الكمية	الوحدة	سعر الوحدة (ريال)	القيمة الاجمالية (ريال)
1	إسمنت	82	كيس (50 كجم)	1600	131200
2	حديد ٨ مل	102	سيخ طول 6م	675	68850
3	سيكا	40	كجم	65	2600
4	سلك تربيط	3	لفة وزن 7 كجم	1200	3600
5	شبك دجاج (قياس الفتحات ٢,٥سم×٢,٥سم)	4.5	لفه (طول 19م × عرض 1م)	1600	7200
6	قصبه حديد ١ هنش مع السباكة	1.5	م ط	-	1720
7	حنفى ٣/٤ هنش	1	عدد	350	350
8	غطاء للخزان ٥٠سم × ٥٠ سم سمك ٢مم محبب مع الإطار شلمان ٢ هنش سمك ٣-٤مم	1	عدد	3500	3500
9	طرابيل ٨م ×١٠م	2	عدد	2400	4800
10	شبك غربال ٢م	1	عدد	350	350
11	بلك صم ١٥سم×٢٠سم×٤٠سم	50	عدد	70	3500
12	نيس قلاب عادى سعة ٨م٣	1	قلاب	16000	16000
13	كري نصف قلاب سعة ٤م٣ مقاس ١/٤" و ٣/٤"	0.5	قلاب	8000	8000
14	ماء (وايت سعة ٦م٣)	5	وايت	1000	5000
15	إيجار خشب ونجارة للسقف (مرابيع بأطوال تتراوح بين ٢,٢م و ٢,٦م عدد ٤٠مربوع	1	مقطوعيه	30000	30000

16	مسامير	4	باكت	--	389
17	حبال رفيعة بسمك لايزيد عن فتحة المخيط	20	لفه (22م)	50	1000
18	إسمنت ابيض	2	كيس (50 كجم)	2250	4500
	بودرة كسر رخام	21	أكياس (5 كجم)	150	3150
19	عماله ماهره وغير ماهره لاعداد حديد التسليح وخلط الاسمنت وبناء البلوك والتنظيف وغيره	1	إجمالى	58000	58000
20	مليسين لتنفيذ اسطح وجدران الخزان	1	إجمالى	132000	132000
21	مواد سباكة متنوعه لغرض نقل المياه من سطح المدرسه الى الخزان وتشمل الدينامو لضخ المياه واغطية ٢ غرف تفتيش	1	إجمالى	84450	84450
22	خيش	1	لفه (بندل)	3000	3000
23	جص	1	كيس (50 كجم)	350	350
24	اجور سباكة لعمل مواسير نقل مياه المطر من سطح المدرسه الى الخزان وتشمل ٢ غرف تفتيش	1	مقطوعيه		50000
25	قصبة حديد ٢/١ هنش	2	م ط	530	530
26	حراسة ورش لمدة شهر	1	مقطوعيه		6000
27	اقفال	2	قفل صغير		350
28	مواد سباكة حديد لضخ المياه الى الخزان فى سطح المدرسه	1	إجمالى	27810	27810
	الاجمالي العام (ريال)				658199

شكل (٤,٢) مسقط أفقي لمساحة سقف مدرسة الشامي (٦٨١,٥ م^{٢})



لحساب حجم خزان المياه المطلوب لهذه المدرسة ، انظر فصل (٢,٣) طرق حساب السعة التخزينية الطريقة ٢

4.2 خطوات تنفيذ الخزان السطحي سعة 50 م³

اليوم الاول: اسقاط الاساس والحفر

الخطوات

- قم بتنفيذ الحفر لأساس الخزان باتباع التسلسل التالي:

١- ارسم دائرة نصف قطرها ٣,٢م صورة (٤,١).

٢- احفر داخل الدائرة حتى الوصول الى التربة القوية والصالحة للتأسيس، بحيث يكون عمق الحفر بين ١٥ إلى ٣٠ سم صورة (٤,٢)

٣- تسوية الحفر بدقة حتى يكون في مستوى واحد صورة (٤,٣).

صورة ٤,١ تأشير حد الأساس بدائرة نصف قطرها ٣,٢م

إعتبارات أخرى:

تحديد موقع الخزان:

- القيام بدراسة المبنى ومعرفة كيفية تفريغ المياه من السطح (تحديد مسار الأنابيب النازلة من السقف ، وكيفية توصيلها إلى الخزان)

- تحديد موقع الخزان بحيث يمكن توصيل مياه الامطار المتجمعة الى الخزان بسهولة
- تحديد كيفية اخذ المياه من الخزان ،هل سيكون اخذ المياه من الخزان بحنفية فقط أَم ستركب مضخة لضخ المياه الى مكان الاستخدام؟
- يجب ابعاد مكان الخزان على الأقل ١ م عن المبنى (يعتمد هذا على حالة التربة).
- يفضل ان يكون موقع الخزان في الجانب الأضيق للمبني حتى تسهل حمايته.
- يجب إبعاد موقع الخزان عن الأشجار مسافة لاتقل عن ١٠ م إذ يمكن لجذور الاشجار أن تؤدي الى إنهيار الخزان. عند الضرورة : يحفرخندق بعمق لايقل عن ١ م بين الاشجار والخزان ويملأ بالخرسانة العادية.

الحفر

- جوانب الحفر لأساس الخزان تعمل كشدة لحفظ الخرسانة المصبوبة.
- يجب تسوية التربة فقط اسفل الاساس إذا كانت التربة قوية، كما يمكن الحصول على شدة سهلة للأساس ببناء جدار من البلوك على جوانب الاساس.
- فرش طبقة رقيقة جداً من الحصى الرفيع (هلسن) تحت خرسانة الاساس يمكن أن تساعد في تغطية التجاويف وتكوِّن قاعدة أفضل لصفائح البولي اثيلين أَو القماش المشمع (انظر صوره ٣, ٤)

تحضير المواد :

- يجب تجهيز أكثر المواد المدونة في جدول الكميات في الموقع خلال اليومين الأولين
- يجب توفيرمكان لتخزين المواد في الموقع، خصوصاً مادة الإسمنت والمواد الصغيرة بالإضافة إلى الأدوات المستخدمة في العمل .

صورة ٢, ٤ تسوية الحفر بدقة

صورة ٣, ٤ حفر الاساس يدويا

اليوم الثاني : تجهيز حديد التسليح

خطوات تجهيز حديد التسليح

تجهيز حديد التسليح لجدارالخزان

- جهزالقضبان الحديدية قطر ٨ مم لتشكيل شبكة بفتحات أبعادها ٢٠ سم X ٢٠ سم، صور (٤,٤ + ٤,٥).
- لتجهيز شبكة الجدار، نحتاج الى:
  - ١٠ قضبان بطول إجمالي قدره ٢٠م للجزء الأفقي، وبمعنى آخر:
  - ١٠ قضبان بطول ١٢م و١٠ قضبان بطول ٨م
  - اذا كان قطر الخزان ٦،٤ م ، يكون طول القضيب الافقي لجدار الخزان يساوي
  - ٦,٤m × ٣,١٤ = ٢٠،٠٩ m مع اضافة إشتراك بين قضبان الحديد، وهنا نحتاج الى إشتراكين بطول ٥٠سم للإشتراك الواحد (١م لإشتراكين) وذلك لأن قضبان حديد التسليح تأتي فقط بطول ١٢م، اي أن اجمالي الطول سيكون حوالي ٢١م
  - نحتاج الى ٩٤ قضيب بطول ٢,٣٠ م للحديد الرأسي
- يتم تجهيز حديد الجدار في أقرب مكان من الأساس حتى يسهل نقله إلى مكانه.
- يجب تربيط كل تقاطعات القضبان مع بعضها بسلك التربيط، صور (٤,٥ + ٤,٦).
- النهايةَ السفلى للقضبان العمودية تنحني عموديا بطول ١٥ سنتيمترا إلى الخارج وإلى الداخل بالتبادل لتثبيت حديد الجدار مع حديد الاساس.
- جهز حديد التسليح لتشكيل إسطوانة واربط منطقة الإشتراك بين القضبان الافقية بسلك التربيط.

صورة ٤,٤ تجهيز حديد التسليح للجدار بشكل شبكة وتربيطه بالسلك

حديد تسليح الاساسات

- ارسم دائرة أخرى قرب اساس الخزان بنفس نصف القطر (٣,٢٠م).
- ضع القضبان الحديدية قطر ٨ مم بشكل متعامد وبتباعد ٢٠ سم في كلا الإتجاهين (صوره ٤,٧).
- إربط كل تقاطعات قضبان التسليح بسلك الربط (صوره ٤,٥ و٤,٧)
- يتم تجهيز حديد الأساس في أقرب مكان من الأساس حتى يسهل نقله إلى مكانه

ملاحظة : لتسريع العمل يمكن استئجار حداد لتقطيع وثني وتجهيز الحديد.

صورة (٤,٥):كل تقاطعات قضبان التسليح تربط مع بعضها بسلك التربيط

صورة (٤,٦):تجهيز قضبان حديد التسليح لتشكل شبكة للجدار

صورة (٤,٧): حديد تسليح الاساس، وضع قضبان حديد للاساس بزاوية قائمة

اليوم الثالث : صبة الاساس

الخطوات

- ضع القماش المشمع على الحفر لكي لا تفقد الخرسانة رطوبتها.
- اخلط الخرسانة بنسبة ١ إسمنت : ٢ رمل : ٣ حصى (كري).
- يجب أن يكون سمك الاساس ١٥ سم، وبمعنى آخر: . نحتاج حوالي ٤,٨ م^{٣} خرسانة على اعتبار القطر ٦,٤م (أى استخدام ٢٠ كيس إسمنت، ٣٢ عربية رمل و٤٨ عربية حصى).
- اخلط الإسمنت والرمل على الناشف جيداً قبل إضافة الحصى ثم أضف الحصى واخلط الجميع على الناشف جيداً ثم يضاف الماء وتخلط المكونات حتى الحصول على خلطة متجانسة.
- صب طبقة سمك ٧,٥ سم من الخرسانة بانتظام على كامل مساحة الأساس.
- ضع حديد تسليح الاساس بصب طبقة الخرسانة حتى بقية ارتفاع الأساس وهو ١٥سم (يتم وضع أحجار صغيرة حوالي ٥ سنتيمتر تحت حديد التسليح لضمان وضع الحديد في منتصف ارتفاع الأساس)، صورة (٤,٩).
- يجب وضع بقية الخلطة الخرسانية في مركز الاساس وتخزينها بشكل مؤقت نظراً لصعوبة ادخال الخلطة الخرسانية الى الداخل بعد تركيب حديد التسليح الرأسي لجدران الخزان.

صورة (٤,٨): وضع حديد تسليح الحائط في مكانة

- ضع حديد تسليح الجدران في مكانه وتأكد بأنه منطبق مع مركز الحفر للاساس (يتم التاكد من المركز في أماكن مختلفة بين نقطة المركز وحديد التسليح الرأسي)، صورة (٤,٨) .
- كون حديد تسليح الجدار غير متماسك لذلك يجب ان يحمله عدد كافي من العمال (على الأقل ٦ عمال).
- اربط حديد التسليح الرأسي والأفقي مع بعضها البعض بسلك الربط في النقاط المتقابلة. تأكد أن الدائرة حقيقية والتداخل متساوي في كافة أنحاء الحديد الأفقي، صورة (٤,١٠).
- يجب إبقاء حديد جدار الخزان في وضع مستقيم وعمودي، وذلك باستخدام حوالي ١٠ أوتاد حول محيط الاساس تثبت على تباعد ٢ أو ٣ متر ثم يربط الحديد الرأسي إليها بسلك الربط أو الحبال.
- ثبت إنبوب مأخذ المياه إلى الحديد الأفقي (حديد الاساس) بشكل قطري من مركز الاساس وفي المكان الذي يكون أكثر سهولة للإستعمال المستقبلي، صورة (٤,١١).
- افرش الخرسانة مع تسويتها بإستعمال حافة مستقيمة و ميزان لتشكيل سطح أفقي جيد.
- تأكد بأن الخرسانة تغطي كل الحديد حول محيط الخزان وعدم وجود اى حديد بارز أوملامس للتربة.
- الخلط الجيد للخرسانة مهم جداً، حيث أنها ليست لجدار اساس عادي ولكن لخزان يحوي كمية كبيرة من المياه ولهذا يجب أن تخلط الخرسانة بشكل جيد.
- لا تستخدم الخرسانة التي مرعلى خلطها بالماء اكثر من ٣٠ دقيقة.
- يفضل ان يكون صب الخرسانة في الصباح أو في آخر النهار لتفادي درجات الحرارة العالية جداً والتي تؤدي الى خفض قوة الخرسانة.
- استخدم كمية الماء المناسبة وبشكل مقتصد حتى لاتؤدي الى خفض قوة الخرسانة، كما يجب التأكد من أن الخرسانة لم تجف قبل صبها في مكانها.

صورة (٤,٩): وضع حديد تسليح الاساس على الطبقة الأولى من خرسانة الأساس.

صورة (٤,١٠): ربط حديد الحائط الرأسي بحديد القاعدة الافقي مع بعضهما بسلك التربيط

صورة (٤,١١): تثبيت انبوب تصريف المياه من الخزان الى حديد تسليح القاعدة قطريا من المركز

اليوم الرابع – الجزء الاول: تركيب الشبك الحديدي الرفيع والشدة لحائط الخزان

الخطوات:

- يعدل مكان قضيب حديد التسليح الأفقي العلوي (شكل الحلقة) بحيث يكون على إرتفاع متساوي فوق الاساس مقداره ٢ م في جميع الإتجاهات.
- يجب ألا تقل الإشتراكات بين قضبان الحديد عن ٤٠ سنتيمتر
- يلف شبك حديد مربع رفيع (بفتحات ٢,٥ سم X ٢,٥ سم) حول حديد تسليح جدار الخزان باحكام من الخارج ويربط بسلك الربط الى حديد التسليح، انظر صورة١٥, ٤)).
- يجب تركيب الشبك المربع على كامل جدار الخزان بدءا من سطح الاساس وحتى قضيب التسليح الأفقي العلوي.
- يستخدم قماش مشمع كشدة لجدار الخزان ، حيث يلف باحكام حول حديد التسليح فوق الشبك المربع ويثبت بحبلٍ رفيع (يجب عدم استخدام حبل مطاطي) يُربَط حول محيط جدارالخزان بتباعد رأسي مقداره ٥ سم. يجب بدء التربيط من القاع لضغط المشمع بقوة إلى الشبك المربع وحديد التسليح) (صور١٢, ٤ + ١٣, ٤).
- يجب وبحذر تعديل حديد تسليح جدارالخزان لأن هذا سيقررالمظهر النهائي للخزان، لذلك يجب وزن الوجه الداخلي لجدارالخزان باستخدام قده من الالمنيوم وميزان ماء، وتعدل الحبال الرابطة أويتم اضافة حبال جديدة في الخارج حتى يأخذ الخزان شكل الإسطوانة الصحيح.

صورة (١٢, ٤): لف الطربال البلاستيكي بإحكام حول حديد التسليح وتثبيتة بالحبال

- يجب ربط الحبال ليس فقط إلى حديد التسليح الأعلى ولكن أيضاً الى الأجزاء السفلية إذا رأيت بأن هذا الجزء يحتاج الى تعديل باستخدام القده وميزان الماء صورة (٤,١٤).
- يمكن وضع بعض الحبال في داخل الخزان أو تربط إلى أنبوب تفريغ المياه في الداخل للحصول على الشكل الإسطواني المثالي، صورة (٤,١٦).

صورة (٤,١٣): تثبيت الطربال من الداخل

صورة (٤,١٤) وزن حديد تسليح جدار الخزان بحرص ودقة

إعتبارات اخرى:

- يستخدم شبك سلك الدجاج في أغلب الأحيان بدلا من الشبك المربع، ولكن الأخير أفضل لتجنب الشقوق الصغيره (الشعرية) لأنه أقوى . الشبك مهم جدا لتقليل الشقوق الناتجة من الإنكماش.
- يجب ألا يكون الحبل المربوط حول المحيط من النوع مطاطي (انظر أيضا اليوم السادس).
- يمكن استعمال الخيش بدلاً من الطربال البلاستيكي.

صورة (٤,١٥): الشبك المربع الرفيع (بمربعات ٢,٥ سم × ٢,٥ سم)

اليوم الرابع الجزء الثاني : الطرطشة من الداخل

الخطوات

- يجب تنظيف مناطق الاتصال بين الاساس وحديد تسليح الجدار بإتقان قبل التلبيس بالمونة الاسمنتية.
- تخلط المونة الاسمنتية بنسبة ١ أسمنت :٣ رمل وتلطش على جدار الخزان من الداخل في طبقة تلبيس بسمك من ٠,٥ إلى ١ سم ويُنفذ هذا العمل باليد بدون أي أدوات لمنع تساقط المونة. صورة (٤,١٦ + ٤,١٧)
- نحتاج الى حوالي ٠,٥ م^{٣} من المونة الاسمنتية والتي تمثل حوالي ٤ أكياس من الإسمنت و١٠ عربيات من الرمل.
- يجب تنظيف الأرضية دائماً من أي بقايا للمونة حتى لا تتصلب وتلتصق بشدة بالأرضية.
- يجب الاحتفاظ بالجدار رطب بعد تصلب المونة بتغطيتها بشراشف البولي اثيلين أو أكياس الخيش.

صورة (٤,١٧): تلييس الجدار من الداخل بالمونة بسمك ٠,٥-١,٥سم

صورة (٤,١٦) بعض الحبال المربوطه قطريا من الداخل للحصول على شكل اسطواني صحيح

اليوم الخامس : طبقة التلبيس الاولى من الداخل

الخطوات

- للغطاء المؤقت العديد من الفوائد (صورة ٤,٢٠) منها:
  - O حماية العمال من حرارة الشمس المباشرة .
  - O حماية المونة ايضا من حرارة الشمس.
  - O حماية المونة الطرية من اى مطر محتمل.
- لطش طبقة من المونة الاسمنتية (انظر صورة ٤,١٨) بسمك حوالي ١ سم على السطح المطرطش الداخلي للجدار. (نحتاج لحوالي ٠,٥ م^{٣} من المونة، بمعنى آخر:٤ أكياس من الإسمنت مع ١٠ عربيات من الرمل).(صور ٤,١٨ و ٤,١٩).
- يجب استخدام واحد كيلوغرام من المادة العازله للمياه (سيكا) لكل كيس إسمنت مضافة الى خلطة المونة الاسمنتية
- يجب تنظيف الارضية بعد الانتهاء من طبقة التلبيس.
- يجب ايضاً المحافظة على رطوبة المونة بتغطيتها بأكياس الخيش أَو الشراشف.
- تاكد من أن سماكة التلبيس في القمة ١ سم ومحققة بشكل منتظم على كل الجدار.

صورة (٤,١٨): عمل طبقة التلبيس الاولى من الداخل

ملاحظة يجب أخذها في الإعتبار

الطريقة المعتادة أن تعمل طبقة تلبيس واحدة في اليوم لمدة سبعة أيام متتالية والتي ستعطي جدار بسماكة ٧ سم.

صورة (٤,١٩): عمل طبقة التلبيس الاولى من الداخل

صورة (٤,٢٠): التغطية المؤقتة للخزان

اليوم السادس : طبقة التلبيس الثانية من الداخل وطبقة التلبيس الاولى من الخارج

الخطوات

- تنفذ طبقة التلبيس الثانية على وجه الجدار الداخلي بنفس خطوات تنفيذ طبقة التلبيس الاولى. يكون أيضاً سمك طبقة التلبيس ١ سم، ويجب أن ينفذ هذا في الصباح الباكر، صورة (٢٢, ٤).
- يجب تنظيف الأرضية بعد الانتهاء من طبقة التلبيس.
- يمكن ازالة الحبال التي تحافظ على الجدار بشكل الإسطوانة بعد ظهر نفس اليوم، بعد حوالي ٦ ساعات من الانتهاء ومن طبقة التلبيس الثانية.
- يمكن ايضاً ازالة الشدة، أي الحبال (أو سلك الربط) الملفوفة حول الشكل الإسطواني لجدار الخزان من الخارج بالإضافة إلى القماش المشمع (الطربال)، صور (٢٣, ٤+٢٤, ٤+٢٥, ٤).

طبقات تلبيس الجدران من الخارج

- يتم تنفيذ التلبيس لجدران الخزان من الخارج بنفس طريقة تلبيس الجدران من الداخل.

صورة (٢٢, ٤) : عمل طبقة التلبيس الثانية من الداخل

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

إذا كانت الحبال الرابطة للقماش المشمع الذي يغطي الشبك وحديد التسليح مطاطية، سيكون لها عيبان :

- تتمدد عند تلبيس المونة الاسمنتية من الداخل.
- تنزلق الى الأسفل بسهولة وهذا يجعل القماش المشمع يتكور بين الحبال، لذلك يجب استخدام حبل جيد أو أي حبل غير مطاطي.

صورة (٤,٢٣): فك الشدة (الطربال)

صورة (٤,٢٤): فك الشدة (الطربال)

صورة (٤,٢٥): فك الشدة (الطربال)

اليوم السابع: طبقة التلبيس الثالثة مع التنعيم من الداخل

الخطوات

- تنفذ طبقة التلبيس الثالثة الناعمة على الوجه الداخلي لجدار الخزان بمونة إسمنتية بنسبة ٣:١ وبسمك ١ سم كما تم في طبقات التلبيس السابقة ويستخدم لهذه الطبقة الرمل المنخول
- إستخدم حافة مستقيمة لتعديل سطح التلبيس. صورة (٤,٢٧)
- استخدم بعد ذلك اليد الخشبية لتنعيم سطح التلبيس. صورة (٤,٢٦)
- ركب إنبوب المفيض (إنبوب بلاستيكي بقطر ٤" وبطول ٤٠ سم) أسفل نقطة بداية السقف مباشرة.
- يجب تنظيف الأرضية بعد الانتهاء من طبقة التلبيس.

صورة (٤,٢٦): تنعيم السطح الداخلي لجدار الخزان باليد الخشبية

- تنفذ طبقة عازلة للمياه (روبة) والتي تتألف من معجون الإسمنت السائل والمخلوط بمادة السيكا (١ كيلوغرام من السيكا لكل كيس إسمنت)
- إستخدم علبة لرش المعجون السائل على الجدار؛ ثم إستخدم المصطرين (مصنوع من الالمنيوم) لضغط عازل المياه (الروبة) الى المونة للحصول على سطح صلب وناعم جداً.
- تغطى أرضية الخزان الان بطبقة سمك ٢ سم من المونة الاسمنتية بنسبة (١:٣) .
- يجب ملئ الزاوية بين الأرضية والجدار بالمونة الاسمنتية ثم تدور بقنينة.
- تغطى الأرضية والزاوية ايضاً بطبقة عازلة للمياه، صورة (٤,٢٨).
- يجب الاحتفاظ بالرطوبة دائماً صورة (٤,٢٩).

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

يجب عمل آخر طبقة تلبيس على الجدار وعلى الأرضية بالإضافة إلى طبقة الروبة في يومٍ واحد (اى في نفس اليوم).

تأكد بأن مفيض الخزان يوجه المياه الفائضة بعيداً عن الخزان.

صورة (٤,٢٧): تسوية وجه التلبيس بحافة مستقيمة

صورة (٤,٢٨): تغطية حائط وارضية الخزان بطبقة عازلة

صورة (٤,٢٩): احتفظ بالتلبيس رطب كل الوقت

اليوم الثامن: طبقة التلبيس الثانية من الخارج

الخطوات

- عمل طبقة تلبيس بالمونة الاسمنتية بنسبة ٣:١ على جدران الخزان من الخارج بسمك ١ سم كما في طبقات التلبيس الأخرى. صورة (٤,٣٠)
- يستخدم رمل منخول لهذه الطبقة.
- إستخدم قده من المنيوم لوزن سطحِ التلبيس.
- إبدأ بتجهيز حديد التسليح للسقف.
- اعمل دائرة على الأض بقطر ٦,٣٠م.
- إقطع قضبان الحديد بالمقاسات المطلوبة وضعها بزاوية قائمة في اتجاهين، بتباعد ٢٠ سم.

صورة (٤,٣٠) طبقة التلبيس الثانية من الخارج

- اربط تقاطعات قضبان الحديد بسلك الربط مع ترك الجزء البارز من الحديد بدون ربط صور (٤,٣١+٤,٣٢).
- إقطع فتحة دخول للتنظيف بمقاس (٥٠ سم ×٥٠ سم) في مكان سهل وليس بعيدا جداً من جدار الخزان.

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

تجهيز اللوحة يمكن أن ينفذ في هذه المرحلة

احتفظ بداخل وخارج الخزان رطب باستخدام شراشف البولي اثيلين أو الخيش.

صورة (٤,٣١):
حديد تسليح السقف

صورة (٤,٣٢) :
حديد تسليح السقف

اليوم التاسع : تشطيب الوجه الخارجي

الخطوات

- تنفذ طبقة التلبيس النهائية للوجه الخارجي لجدار الخزان بسمك ١ سم ايضاً ، بنفس المونة الإسمنتية كما في السابق، باستخدام رمل منخول. صورة (٤,٣٣)
- تستخدم القده لتعديل سطح التلبيس ثم ينعم باليد الخشبية صورة (٤,٣٤).
- يدهن جدار الخزان من الخارج باللون الأبيض، (يستخدم ٨ أجزاء من مسحوق البلاط و١ جزء من الإسمنت الأبيض) وينفذ الطلاء بمكينة الرش صورة (٤,٣٥).
- يركب الشبك المربع على حديد تسليح السقف ثم يربط إليه بالسلك.
- يقلب حديد التسليح ويخاط اليه القماش المشمع(الطربال) بالحبال باستخدام المخيط (إستخدم نفس الحبال المستعمله سابقا لشد القماش المشمع على حديد الجدار). صورة (٤,٣٦)

صورة (٤,٣٥): طلاء جدارالخزان باللون الابيض

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

بدلا من الطلاء الأبيض يمكن أن تستعمل الخلطة المكونة من الكلس والإسمنت بنسبة ٤:١ (اسمنت: كلس)

يفضل أن يكون سطح الوجه الخارجي للجدار خشنا لكي يلتصق جيدا مع أي تلبيس مستقبلي جديد في حالة ما إذا ظهرت شقوق عليه، رغم ندرة حدوث مثل هذه الحالة.

صورة (٤,٣٣): عمل طبقة التلبيس النهائية من الخارج

صورة (٤,٣٤): استعمال حافة مستقيمة لتسوية التلبيس

صورة (٤,٣٦): خياطة الطربال على حديد تسليح السقف

اليوم العاشر- الجزء الاول: تثبيت حديد السقف

الخطوات

- يقلب حديد التسليح ثانية لكي يكون القماش المشمع من الاسفل ثم يركب فوق جدار الخزان.
- يعطف حديد التسليح الرأسي للجدار مع حديد التسليح الأفقي للسقف وتربط مع بعضها البعض. (صور ٤,٣٨+٤,٣٩)
- يدعَّم مركز حديد التسليح من داخل الخزان بمربوع خشب بطول ٢,٦م . تستخدم دعائم خشبية على شكل حرف T لتدعيم السقف .
- عند عمل الشدة الخشبية للسقف إبدأ العمل من المركز متجها نحو الجدار، يجب استخدام مرابيع دعم أكثر في الخزان على تباعد حوالي ٧٠ سم من المركز نحو الجدران (صورة ٤,٤٠)، التباعد بين كل المساند أيضاً يكون حوالي ٧٠ سم. تأكد من أن السقف من الخارج يأخذ شكل القبة المستديرة من جميع الجهات صور (٤,٣٧+٤,٤١)
- نحتاج الى حوالي ٣٩ دعامة (مربوع خشب) بطول بين ٢,٢٠ و٢,٥٠ مترا بحسب التفاصيل التاليه:
  - ٢٠ دعامه بطول ٢,٢م
  - ١١ دعامه بطول ٢,٤م
  - ٨ دعمات بطول ٢,٥م
- يجب تثبيت غطاء فتحة تنظيف الخزان (٥٠ سم X ٥٠ سم) في السقف.
- ضع اربع قطع من أنبوب (٤ " PVC) كأعمده دائمة لدعم السقف، واحد منها في المركز وتوزع ثلاثة على مسافاَت متساوية في دائرة بقطر ١,٥ متر من المركز.
- يوضع أحد هذه الاعمده بالقرب من فتحة تنظيف الخزان لإستخدامه كسلم وكمقياس لمستوى المياه في الخزان.

صورة (٤,٣٧): الحصول على
سقف بشكل قبة متقنة

صورة (٤,٣٨): ثني حديد
تسليح الجدار مع حديد تسليح
السقف وربطها مع بعضها

صورة (٤,٣٩): ثني حديد تسليح الجدار
مع حديد تسليح السقف وربطها مع بعضها

صورة (٤,٤٠): التدعيم بمرابيع
الخشب من الداخل

صورة (٤,٤١) : السقف قبل التلبيس

اليوم العاشر – الجزء الثاني : تلبيس طبقة المونة الاسمنتية لسقف الخزان

الخطوات:

- يوضع في كل عمود من انابيب PVC ٣ قضبان حديد تسليح وتربط إلى حديد السقف.
- تملأ الانابيب بالخرسانة وتدك جيدا من الاعلى باستخدام قضيب حديدي. صورة (٤,٤٣) توضح العمود جوار فتحة الغطاء مثبتا عليه أنابيب أفقية كي يستخدم كسلم.
- يوضع خليط من الإسمنت والماء (روبة اسمنت) على السقف لملئ الفضاء بين القماش المشمع وحديد التسليح.
- تنفذ بعد ذلك طبقة تلبيس للسقف بمونة اسمنتية بنسبة ١ : ٣، مبتدئا من المركز ومتجها إلى الحافة، صوره (٤,٤٢).
- تُترك فتحة ٣٠ سم X ٣٠ سم خالية من المونة لاستخدامها كفتحة لدخول المياه القادمة من السطح (المساحة الساكبة) الى الخزان. يوضع على الفتحة شبك رفيع (مثل شبكة نخل الرمل) وتوضع المونة من حولها.

صورة (٤,٤٢): السقف بعد عمل التلبيس

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

- تاكد من ان الدعامات داخل الخزان كافية لتدعيم السقف وذلك بالمشى على السقف، فإذا كان السقف يهبط و يرتفع فعند ذلك تضاف دعامات أكثر للسقف.
- يجب تلبيس السقف كاملاً في نفس اليوم.

صورة (٤,٤٣): العمود جوار الفتحة مع الانابيب الافقية التي تستخدم كسلم

اليوم الحادي عشر: التشطيبات - تركيب مأخذ المياه والمضخه

الخطوات

- ادهن السقف باللون الأبيض، (استخدم ٨ أجزاء من مسحوق البلاط (بودرة) و١ جزء من الاسمنتِ الأبيض) ويرش بمكينة الرش.
- إعمل رصيف حول الخزان لتصريف المياه بعيداً عن الخزان (يجب تفادى ركود المياه بالقرب من الخزان)

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار

- يغطى السقف بأكياس الخيش مع الحرص على إبقائها مبلوله. كبديل يمكن وضع الشراشف من القماش المشمع (الطربال البلاستيكي) على السقف بحيث يبقى الفضاء بين القماش المشمع والسقف مبللا. (صوره ٤,٤٤)
- يركب خط الأنابيب اللازم لنقل مياه الامطار من السقف إلى الخزان. صورة (٤,٤٥)
- يصمم نظام بسيط إن أمكن في بداية خط انابيب التصريف لتحويل مياه ' التدفق الأول ' كي لا تدخل الخزان.
- يركب أيضاً نظام ضخ المياه من الخزان إلى موقع استخدام المياه المطلوب.

صورة (٤,٤٤): تغطية سقف الخزان بالخيش

- يركب سياج حماية حول الخزان لمنع الناس غير المرخص لهم من المشى على سقف الخزان أَو العبث بالأنابيب أَو المضخة.

صورة (٤,٤٥) جزء من نظام الأنابيب لنقل مياه الامطار من سقف المدرسة الى الخزان

صورة (٤,٤٦) انبوبة تصريف للتدفق الأول

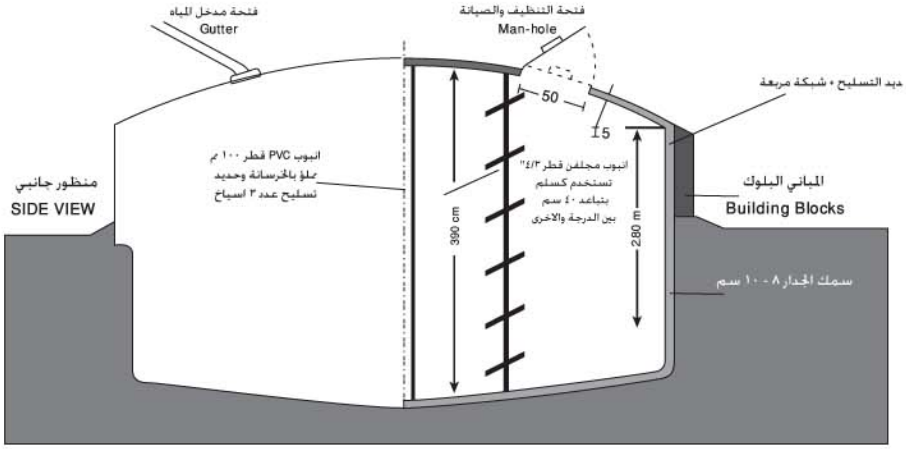
نقاط مهمة

- يرش الخزان لمدة ٢١ يوم على الأقل
- يترك الماء دائماً في الخزان (بعمق ١٠ سنتيمتر أَو أكثر)
- يغطى السقف بأكياس الخيش مع إبقائها مبتلة.
- بعد نهاية فترة الرش تُزال المرابيع الخشبية من داخل الخزان ويزال المشمع من السقف ويلبس السقف من الداخل بطبقة خفيفة من المونة الإسمنتية (خلطة عادية)، مع مراعاة عدم بقاء أي حديد مكشوف في السقف.

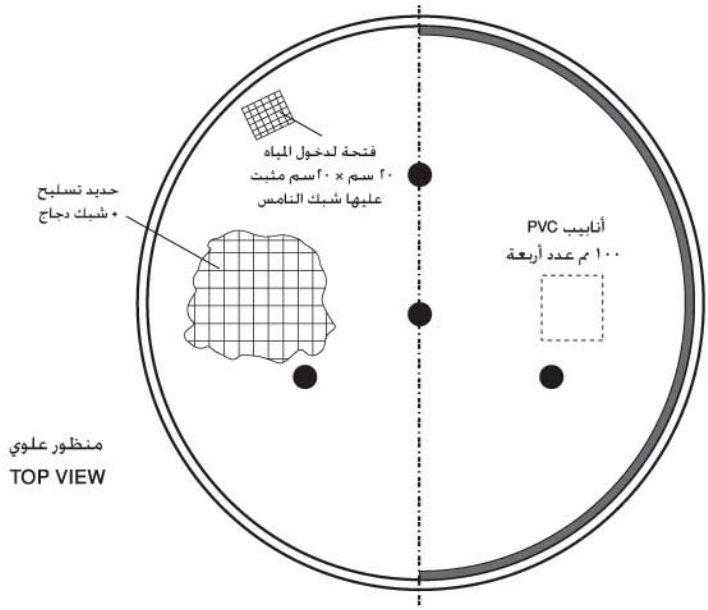
5

خزان تحت الأرض من الفروسمنت سعة ٥٠٠ م٣

5.1 تصميم الخزان



الشكل (٥,١a) مقطع رأسي سعة ١٠٠م٣



مقطع افقي للخزان الارضي سعة ١٠٠ م٣ (٥,١b) الشكل

d_1= القطر الداخلي (٧,٠٠م)

d_2 = القطر الخارجي(تحت سطح الارض) (٧,٢٠ م)

d_3 = القطر الخارجي (فوق سطح الارض) (٧,٥٠ م)

جدول الكميات والتكلفة للخزان الارضي سعة (١٠٠ م٣)

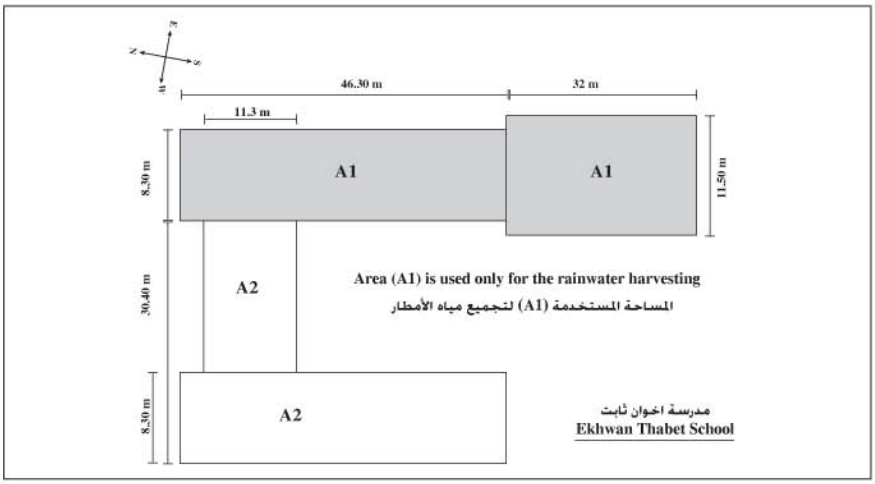
(بحسب الاسعار السائده فى منتصف عام ٢٠٠٧م)

م	التفاصيل	الكمية	الوحدة	سعر الوحدة (ريال)	القيمة الاجمالية (ريال)
1	إسمنت	112	كيس (50 كجم)	1600	179200
2	حديد ٨ مم	168	سيخ طول 6م	675	113400
3	سيكا	60	كجم	65	3900
4	سلك تربيط	4	لفة وزن 7 كجم	1200	4800
5	شبك دجاج (قياس الفتحات ٢,٥سم×٢,٥سم)	6.5	لفه (طول 19م × عرض 1م)	1600	10400
6	قصبه بلاستيك ضغط عادي ٦ بار ٤ هنش مع السباكة	3	م ط	1300	3900
7	قصيب نصف ضغط (١٢ بار) ٤ هنش مع السباكة	2	م ط	2300	4600
8	ماصورة حديد ابو هنش	4	م ط	--	1070
9	ماصورة ٦ هنش	40 سم	عدد	1	450
10	غطاء للخزان ٥٠سم × ٥٠ سم سمك ٢مم محبب مع إلاطار شلمان ٢هنش سمك ٣-٤ مم	1	عدد		3500
11	طرابيل ٨م ×١٠م	2	عدد	2400	4800
12	شبك غربال ٢م	2	عدد	200	400
13	بلك صم ١٥سم×٢٠سم×٤٠سم	350	عدد	70	24500
14	نيس قلاب عادى سعة ٨م٣	1	قلاب	--	16000
15	كري نصف قلاب سعة ٤م٣ مقاس ٢/١" و ٤/٣"	5	قلاب	--	8000
16	ماء (وايت سعة ٦م٣)	5	وايت	1000	5000
17	إيجار خشب ونجارة للسقف (٢٥ دعامه بطول حوالي ٣م ، ١٩ دعامه بطول حوالي ٣,٢م ، ١٠ دعامات بطول حوالي ٣,٤م ، ٦ دعامات بطول حوالي ٣,٦م) اجمالي ٦٠ دعامه	1	مقطوعيه	50000	50000
18	مسامير	4	باكت	310	310
19	حبال رفيعة مقاس لايزيد عن فتحة المخيط	12	لفه طول 22م	50	600

20	هلسن قلاب عادي سعة ٨م٣	1	قلاب	12000	12000
21	إسمنت ابيض	2	كيس (50 كجم)	2250	4500
22	بودرة كسر رخام	21	أكياس (5 كجم)	150	3150
23	عمالة ماهرة وغير ماهرة لاعداد حديد التسليح وخلط الاسمنت وبناء البلوك والتنظيف وغيره	1	إجمالى	116700	116700
24	مليسين لتنفيذ اسطح وجدران الفروسمنت	1	إجمالى	264000	264000
25	حفر بالمعدات	شيول	اجمالي	16000	16000
26	حفر يدوي	عمال	اجمالي	38000	38000
27	مواد سباكة بلاستيك لنقل مياه المطر من سطح المدرسة الى الخزان	1	اجمالي	61160	61160
28	خيش	1	لفه (بندل)	3000	3000
29	حراسة ورش لمدة شهر	1	اجمالي	6000	6000
30	أقفال	1	قفل صغير	200	200
31	أجور سباكه	1	اجمالي	8000	8000
32	مواد سباكة حديد ودينامو لضخ المياه الى الخزان فى سطح المدرسه	1	إجمالى	38550	38550
	الاجمالي العام (ريال)				1078090

مساحة المصب: مساحة سطح مدرسة اخوان ثابت ، المستخدم حاليا (٧٥٢,٣ م٢)

المساحة الكلية لسطح المدرسة : ١٤٨٠,١ م٢



حساب سعة الخزان:

في الوضع الحالي (إستخدم فقط جزء من السطح)

تبلغ المساحة الاجمالية لسقف مدرسة اخوان ثابت (١٤٨٠م^2) ، حيث تم ربط جزء منها حوالي ٧٥٢م^2 فقط كمصب مائي للخزان . الجدول في الاسفل يوضح عملية حساب سعة الخزان. الحسابات تعتمد علي معلومات الهطول المطري لسنة (٢٠٠٣). من اجل عمل حسابات تقريبية مأمونه إفترض عامل جريان سطحي منخفض (٠,٧٥).

إفترض استهلاك منتظم لاستخدام كل المياه المحصودة خلال السنة، الحسابات تأخذ بالاعتبار التدفق الاجمالي الداخل والخارج من الخزان، تم حساب سعة الخزان من اكبر كمية مياه زائدة عن الاستهلاك. هذا حصل في شهر مارس بسعة تخزينية (٥١,٥٩ م^3). كل هذه المياه الزائدة سوف تخزن لتغطية نقص المياه خلال اشهر الجفاف.

الشهر	الهطول المطري (mm)	الهطول المطري المحصود (m^3)	الهطول المطري التراكمي المحصود (m^3)	حجم الطلب (معتمداً على الاستخدام الاجمالي) (m^3)	حجم الطلب التراكمي (m^3)	الفرق بين عمود ٤ و٦
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
يناير	٢٩	١٦,٠٧	١٦,٠٧	١٤,٢٠	١٤,٢٠	١,٨٧
فبراير	١٠٨	٦٠,٦٣	٧٦,٧٠	١٤,٢٠	٢٨,٤٠	٤٨,٣٠
مارس	٣١	١٧,٤٨	٩٤,١٩	١٤,٢٠	٤٢,٦٠	٥١,٥٩
ابريل	١٣	٧,٣٣	١٠١,٥٢	١٤,٢٠	٥٦,٨٠	٤٤,٧٢
مايو	١	٠,٥٦	١٠٢,٠٨	١٤,٢٠	٧١,٠٠	٣١,٠٨
يونيو	٠	٠,٠٠	١٠,٢,٠٨	١٤,٢٠	٨٥,٢٠	١٦,٨٨
يوليو	٤٩	٢٧,٦٤	١٢٩,٧٢	١٤,٢٠	٩٩,٤٠	٣٠,٣٢
اغسطس	٢٢	١٢,١٣	١٤١,٨٥	١٤,٢٠	١١٣,٦٠	٢٨,٢٥
سبتمبر	٢١	١١,٨٤	١٥٣,٦٩	١٤,٢٠	١٢٧,٨٠	٢٥,٨٩
اكتوبر	٢٣	١٢,٦٩	١٦٦,٣٨	١٤,٢٠	١٤٢,٠٠	٢٤,٣٨
نوفمبر	٧	٣,٩٥	١٧٠,٣٣	١٤,٢٠	١٥٦,٢٠	١٤,١٣
ديسمبر	١	٠,٥٦	١٧٠,٨٩	١٤,٢٠	١٧٠,٤٠	.٠٤٩
الاجمالي		١٧٠,٨٩		١٧٠,٤٠		

حساب سعة الخزان:

في حالة استخدام كل مساحة السطح المتاحة (١٤٨٠م^2)

الجدول في الاسفل يوضح عملية الحساب لسعة الخزان باستخدام المساحة الكلية للسطح الممكن توصيلها الي الخزان. الحسابات تعتمد ايضاً على معلومات الهطول المطري لسنة (٢٠٠٣) من اجل عمل حسابات تقديرية مأمونه يجب افتراض عامل جريان سطحي منخفض (٠,٧٥).

اقصى متطلب تخزين حدث ايضا في مارس وبمتطلب تخزين حوالي (١٠١,٣٧ م^{٣}). كل هذه المياه سوف تخزن لتغطية النقص في اشهر الجفاف.

يوضح هذا الجدول ايضا أن ضِعف كمية المياه سوف تكون متوفرة للمدرسة في حالة توصيل بقية مساحة سطح المدرسة الى الخزان.

الشهر	الهطول المطري (mm)	الهطول المطري المحصود (m^3)	الهطول المطري التراكمي المحصود (m^3)	حجم الطلب (معتمداً على الاستخدام الاجمالي) (m^3)	حجم الطلب التراكمي (m^3)	الفرق بين عمود ٤ و٦
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
يناير	٢٩	٣١,٦٤	٣١,٦٤	٢٨,٠٠	٢٨,٠٠	٣,٦٤
فبراير	١٠٨	١١٩,٣٣	١٥٠,٩٦	٢٨,٠٠	٥٦,٠٠	٩٤,٩٦
مارس	٣١	٣٤,٤١	١٨٥,٣٧	٢٨,٠٠	٨٤,٠٠	١٠١,٣٧
ابريل	١٣	١٤,٤٣	١٩٩,٨٠	٢٨,٠٠	١١٢,٠٠	٨٧,٨٠
مايو	١	١,١١	٢٠٠,٩١	٢٨,٠٠	١٤٠,٠٠	٦٠,٩١
يونيو	٠	٠,٠٠	٢٠٠,٩١	٢٨,٠٠	١٦٨,٠٠	٣٢,٩١
يوليو	٤٩	٥٤,٣٩	٢٥٥,٣٠	٢٨,٠٠	١٩٦,٠٠	٥٩,٣٠
اغسطس	٢٢	٢٣,٨٧	٢٧٩,١٧	٢٨,٠٠	٢٢٤,٠٠	٥٥,١٧
سبتمبر	٢١	٢٣,٣١	٣٠٢,٤٨	٢٨,٠٠	٢٥٢,٠٠	٥٠,٤٨
اكتوبر	٢٣	٢٤,٩٨	٣٢٧,٤٥	٢٨,٠٠	٢٨٠,٠٠	٤٧,٤٥
نوفمبر	٧	٧,٧٧	٣٣٥,٢٢	٢٨,٠٠	٣٠٨,٠٠	٢٧,٢٢
ديسمبر	١	١,١١	٣٣٦,٣٣	٢٨,٠٠	٣٣٦,٠٠	٠,٣٣
الاجمالي		٣٣٦,٣٣		٣٣٦,٠٠		

5.2 خطوات تنفيذ الخزان الارضي

اليوم الاول + الثاني: اسقاط اساس الخزان والحفر

الخطوات:

اسقط موقع الخزان طبقا لماهو موضح في الخطوات التالية.

- ارسم دائرة مستخدما القطر الداخلي للخزان مع إضافة سمك الجدار (نصف القطر = ٣,٥٥م) (صورة ٥,١).
- احفر حسب التخطيط المسقط (صوره ٥,٢).
- يجب تسوية الحفر بدقة رأسيا وافقيا (صورة ٥,٣ و ٥,٤ و ٥,٥).

اعتبارات اضافية:

تجهيز المواد

- يجب تجهيز اغلب المواد المطلوبة خلال يومين من بداية العمل.
- يجب توفير مكان لتخزين المواد في الموقع، خصوصاً مادة الإسمنت والمواد الصغيرة بالإضافة إلى أدوات العمل.

تحديد موقع الخزان:

- ادرس وضع المبنى وكيفية تصريف المياه من السطح وتحديد موقع الانابيب النازلة الى الخزان وكيف يمكن توصيلها إلى الخزان.

صورة (٥,١): رسم القطر الداخلي للخزان

صورة (٥,٢) : الحفر بالحفار

- يحدد موقع الخزان بحيث تصل اليه مياه الامطار المحصودة بسهولة.
- أيضا يجب معرفة الى اين سيتم توصيل مياه الامطار المحصودة
- يجب تحديد موقع الخزان على بعد لايقل عن ١م من المبنى (تعتمد هذه المسافة على نوعية ووضعية التربة)
- يفضل ان يكون موقع الخزان في المساحة الضيقة بجانب من المبنى.
- يجب ابعاد موقع الخزان عن الأشجار مسافة لاتقل عن ١٠ م لأن جذور الاشجار يمكن أن تدمر الخزان . عند الضرورة قم بحفرخندق بعمق لايقل عن ١ م بين الاشجار والخزان واملأه بالخرسانة العادية.

الحفر :

- من اجل الاسراع في تنفيذ الحفر يمكن إستخدام الحفار لتنفيذ الحفر.
- الحفرالى المقاسات المحددة يجب أن يتم باليد (حفر بالعمال)
- الحفر الرأسي الجيد والمستقيم للجوانب سوف يوفر في التلبيس لاحقا.
- التقوس في قاع الخزان له مميزات على القاع المستوي :-
  - القاع المقوس يعمل كمنخفض لتجميع الترسبات العالقة في المياه المحصودة
  - يخفض الضغوط على اسفل جدار الخزان، في منطقة اتصال الجدار مع القاع

صورة (٥,٣): تسوية الحفر باستخدام العمال

صورة (٥,٤): الحفر المنسق باليد

صورة (٥,٥): تسوية الحفر رأسياً وافقياً بدقة

اليوم الثالث: تنفيذ طبقتين تلبيس على جدار الخزان

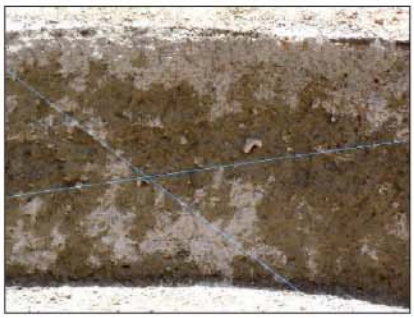
الخطوات :

- ابدأ في الصباح الباكر بوضع طبقة التلبيس الاولى
- يجب خلط مونة إسمنتية بنسبة جزء واحد اسمنت مع ٣ اجزاء رمل وطرطشتها على الجدار لتثبيت التربة (صوره ٥,٦ و ٥,٧).
- نحتاج حوالي ٠,٥ م^{٣} مونة إسمنتية لهذه الطبقة، وهي عبارة عن اربعة اكياس اسمنت وعشر عربيات رمل.
- بعد ظهر نفس اليوم، تنفذ طبقة التلبيس الثانية (صوره ٥,٨).

ملاحظات يجب أخذها في الإعتبار:

- يجب عمل معايرة لعربية اليد ومعرفة كم كيس من الاسمنت تتسع (كم عدد الاكياس وأجزاء الكيس) وذلك من اجل حساب كمية الخلطة للخرسانة والمونة.
- يفضل خلط المونة في قاع الخزان نفسه وليس في الخارج.
- يجب رش تربة الجدران لتبليلها قبل عمل طبقة التلبيس.

صوره ٥,٦ : اول وجه تلبيس على الجدار (طرطشة الجدار)



صورة (٥,٧): وجه التلبيس الاول على الجدار

صورة (٥,٨) : وجه التلبيس الثاني على الجدار

اليوم الرابع : تجهيز الحديد الرأسي للجدار وحديد ارضية الخزان

الخطوات:

(تكون ضرورية عندما يكون شبك الحديد الملحم غير متوفر في السوق)

- يتم ثني قضبان الحديد قطر ٨مم في دائرة قطرها ٧م وتوضع على قاع الخزان (نحتاج الى طول اجمالي من حديد التسليح مقداره ٢٢م والذي يغطي طول محيط الدائرة أي نحتاج الى طول قضيب حديد كامل ١٢م بالإضافة الى قضيب اخر طوله ١٠م متضمنا الإشتراكات بين القضبان (نحتاج الى إشتركين بطول ٥٠سم للإشتراك الواحد (١م لإشتراكين)).
- تجهز قضبان حديد التسليح قطر ٨مم لتكون شبكة بفتحات مربعه بأبعاد ٢٠سم X ٢٠سم. نحتاج الى:
  - ١١٠ قضيب حديد بشكل زاويه قائمة (شكل حرف L) بحيث يكون الطول الرأسي لكل القضبان ٣م واطوال مختلفة للطول الافقي من القضيب وذلك لتشكيل الشكل الدائري لقاع الخزان (صور ٥,٩ و ٥,١٠).
- يتم ثني قضبان الحديد قطر ٨مم في دائرة قطرها ٧م كما هو موضح سابقا لتشكيل حديد التسليح الافقي لجدار الخزان.
- تأكد انه تم وضع حديد التسليح الافقي على مستوى واحد في جميع النقاط.
- يجب ربط كل التقاطعات بين قضبان حديد التسليح مع بعضها بسلك الربط، ثم يثبت حديد

صوره ٥,٩: تجهيز حديد التسليح للخزان

التسليح على جدار الخزان.

كيفية تثبيت حديد التسليح على جدار الخزان

- اربط سلك الربط حول احجار باقطار ٣ الى ٥ سم (صوره ٥,١١).
- احفر ثقوب في التلبيس وضع فيها الاحجار المربوطة بسلك الربط مع المونة بحيث لايلمس سلك الربط التربة (صوره ٥,١٢). عندما تجف المونة يتم ربط حديد التسليح بسلك الربط المثبت بالجدار ، وذلك لشد حديد التسليح في اتجاة الجدران.

ملاحظة : لتسريع العمل، يمكن إستئجارحداد لتقطيع وثني وتجهيز الحديد.

.

صورة (٥,١٠): حديد التسليح للخزان

صورة (٥,١١): سلك ربط الحديد مربوط حول الاحجار لتثبيت حديد التسليح

صورة (٥,١٢): تثبيت حديد التسليح على جدران الخزان

اليوم الخامس : تجهيز الحديد الأفقي للجدار + صفين من البلوك

الخطوات:

- ضع صفا واحداً من البلوك الاسمنتي (٢٠سم X ١٥سم X ٤٠سم) على طبقة من المونة فوق أرضية معدة إعداد جيد حول جدار الخزان صورة(٥,١٣).
- كن متاكدا انك حصلت على المستوى الصحيح لارتفاع الخزان مستخدما ميزان الماء (صوره ٥,١٣)
- ضع قضيب حديد تسليح بشكل دائرى على محيط الخزان بين كل رصة بلوك بحيث يكون محاط جيدا بالمونة الاسمنتية (يستخدم لشد حديد التسليح فى إتجاه البلوك فيما بعد)
- تاكد من تسوية منسوب واستقامة كل رصة بلوك بميزان الماء
- اثني قضبان الحديد قطر ٨مم في دائرة قطرها ٧م للقضبان الافقية في الجزء السفلي للخزان (الجزء الواقع تحت سطح الارض) وضعها افقيا بتباعد كل ٢٠سم (صور ٥,١٤ و ٥,١٥).
- يجب ربط تقاطعات قضبان حديد التسليح جميعها بسلك الربط

صوره (٥,١٣): وزن مستوى الصفة الثانية من المباني البلوك

- يثبت سلك الربط في القضيب المركب بين رصات البلوك الاسمنتي ودعمها حتى تثبت. عندما تجف المونة الاسمنتية يمكن شد حديد التسليح في اتجاه البلوك بسلك الربط المثبت على القضيب.

اليوم السادس: صب خرسانة الاساس وبناء صفوف اضافية من البلك

الخطوات:

- يجب خلط الخرسانة بنسبة ١ اسمنت، ٢ رمل وديان ، ٣ كري.
- يجب ان يكون سمك الاساس ١٥سم (لهذا نحتاج حوالي ٠,٥م^{٣} خرسانة)، حيث نستخدم لهذه الخلطة ٢٤كيس اسمنت و٣٨عربية رمل و ٥٧ عربية كري ، وينصح صب هذه الخلطة في طبقتين كل طبقة سمك ٧,٥ سم اى أن نصف الكمية يخلط أولا وعند الانتهاء من صبها يخلط النصف الثاني.
- يجب خلط الاسمنت مع الرمل قبل اضافة الكري ثم بعد ذلك يخلط الكري على الناشف مع خليط الرمل والاسمنت ثم يضاف الماء الى الخليط (صوره ٥,١٨) .
- يتم الحرص بأن يكون حديد التسليح مرفوعا من القاع بوضع أحجار تحت حديد التسليح لرفعه من التربه بمقدار حوالى ٧,٥سم.
- افرش الخرسانة على مساحة الاساس وتاكد من ان حديد التسليح داخل الخرسانة وليس تحتها (صوره ٥,١٦)
- افرش الخرسانة فوق حديد الأساس بالتساوي حتى الوصول إلى ارتفاع الأساس ١٥سم.
- افرش الخرسانة ثم قم بتسويتها بقطعة خشبية او معدنية مستقيمة الحواف (صوره ٥,١٧).
- تأكد من أن الخرسانة تغطي كامل حديد التسليح وأنه لا توجد أي قطعة ظاهرة منه (صوره ٥,٢٠).
- احمي خرسانة الاساس من ضؤ الشمس المباشر واحفظها رطبة خلال فترة المعالجة.

صوره (٥,١٦): صب اساس الخزان

صوره (٥,٢٠): تسوية اساس الخزان

- ابني ثلاث صفات من البلوك (٢٠سم X ٤٠ سم X ١٥سم) مع قضيب تسليح بشكل دائرة على كل صفة (صورة ٥ , ١٩)
- ثبت سلك الربط الى قضيب حديد التسليح المثبت داخل جدار الخزان المبني من البلوك وذلك لإستخدامه لتثبيت حديد التسليح الرأسي.
- ثبت قضبان حديد (قطر ٦مم اذاكان متوفر) رأسية بطول ٥٠سم بين البلوك بحيث يبرز منها ٣٠ سم لإستخدامها لاحقا لتثبيت حديد تسليح السقف.

ملاحظات هامة :

- الخلط الجيد للخرسانة مهم جداً، حيث أنها ليست أساس لجدار عادي ولكن لخزان يحوي كمية كبيرة من المياه ولهذا يجب اخذ الحذر
- يجب عدم استخدام الخرسانة التي مضى على خلطها اكثر من ٣٠ دقيقة.
- يفضل ان يكون صب الخرسانة في الصباح أو في آخر النهار لتفادي درجات الحرارة العالية جداً و التي تؤدي الى خفض قوة الخرسانة.
- استخدم كمية الماء المناسبة وبشكل مقتصد حتى لاتؤدي الى خفض قوة الخرسانة، ويجب أن تتأكد بأن الخرسانة لم تجف قبل صبها في مكانها
- يجب عدم صب الخرسانة من ارتفاع اكثر من ١م حتى لايحدث فصل لمكوناتها.

صورة(٥ , ١٧):تسوية أساس الخزان

صوره (٥ , ١٨): خلط الخرسانة للاساس

صوره (٥ , ١٩): بناء صفوف البلك

اليوم السابع: طبقة التلبيس الثالثه

الخطوات:

- ثبت قضبان حديد التسليح الى البلوك بسلك الربط الموضوع بين رصات البلوك وشدها ناحية البلوك (صوره ٢٢, ٥).
- اربط سلك المثبت حول احجار ٣ الى ٥ سم التي تم وضعها في اليوم الرابع.
- اخلط مونة اسمنتية بنسبة ١ اسمنت مع ٣ رمل ثم اعمل طبقة تلبيس على كل محيط جدار الخزان من القاع الى اعلى مباني البلوك (صورة ٢١, ٥).لهذه الطبقة نحتاج الى حوالي ١م^{٣} من المونة والتي تمثل ٨ اكياس اسمنت و٢٠ عربية رمل.
- في الأماكن حيث الفراغ بين جدارالخزان وحديد التسليح ما زال كبيرا (اى أكثر من ٣ سم) ضع أحجارفي المونة الإسمنتية لملأ الفراغ (صوره ٢٣, ٥).

صوره (٢١, ٥): عمل طبقة التلبيس الثالثة

ملاحظات هامة:

يجِب أن يغطي الخزان في هذه المرحلة بقماش مشمع (طربال بلاستيكي) حيث لهذا الغطاء المؤقت

العديد من الفوائد مثل:

- O حماية العمال من حرارة الشمس المباشرة .
- O حماية المونة ايضا من حرارة الشمس.
- O حماية المونة الطرية من اى مطر محتمل.

صوره (٢٢ ,٥): تثبيت حديد التسليح الى الجدران

صوره (٢٣ ,٥) عمل وجه التلبيس الثالث

اليوم الثامن: طبقة التلبيس الرابعه

الخطوات:

- يثبت الشبك المربع الرفيع بفتحات ٢,٥ سم × ٢,٥ سم على حديد التسليح العمودي ابتداء من أرضية الخزان إلى النهاية العليا للبلوك ويربط بسلك الربط. يجب ان تكون الإشتراكات بين اطراف الشبك ٤٠ سم (صوره ٥,٢٤).
- هذا الشبك المربع يدعم المونة ويمنع الشقوق الرفيعة من الظهور في المونة الاسمنتية.
- تنفذ طبقة التلبيس الرابعه من المونة الاسمنتية على كل المحيط الداخلي لجدار الخزان (صوره ٥,٢٥).
- يجب تركيب إنبوب المفيض (إنبوب PVC بطول ٥٠ سم قطر٦ ") مباشرة تحت نقطة بداية السقف (صور ٥,٢٦ + ٥,٢٧).

ملاحظات هامة:

- يجب اكمال كل طبقة تلبيس خلال يوم واحد
- يجب تنظيف ارضية الخزان دائما من أي بقايا للمونة الاسمنتية
- تأكد بأن المفيض يوجه المياه الفائضه بعيدا عن الخزان

صوره (٥,٢٤): تثبيت الشبك المربع الرفيع على حديد تسليح الجدران

- منسوب المياه الأقصى في الخزان يمكن أن يعدل بكوع يركب إلى الأعلى على الطرف الداخلي من أنبوب المفيض (لرفع منسوب المياه).

صورة(٥,٢٥):عمل طبقة التلبيس الرابعة

صوره (٥,٢٦): انبوب مفيض الخزان

صوره (٥,٢٧): انبوب مفيض الخزان

اليوم التاسع: طبقة التلبيس الخامسه

الخطوات

- تنفذ طبقه التلبيس الخامسه من المونة الاسمنتية على كل الوجه الداخلي لجدار الخزان، بحيث يتم تغطية حديد التسليح والشبك المربع بالكامل بالمونه (صور ٥,٢٨ + ٥,٢٩).
- تنفذ طبقة من التلييس لتغطية الوجه الخارجي لجدار البلوك (صوره ٥,٣٠)

ملاحظات هامة :

- يجب المحافظة على رطوبة جدارالخزان (بواسطة الرش المنتظم).
- يجب إكمال طبقة التلبيس في يوم واحد!

صوره (٥,٢٨): عمل طبقة التلبيس الخامسه

صوره (٥,٢٩): عمل طبقة التلبيس الخامسه

صوره (٥,٣٠): تلبيس الوجه الخارجي لمباني البلوك

اليوم العاشر: طبقة التلبيس السادسه

الخطوات:

- تنفذ طبقة التلبيس السادسه من المونة الاسمنتية على كل الوجه الداخلي لجدار الخزان. يجب استخدام الرملِ المغربل لهذه الطبقة (صور٥,٣١+ ٥,٣٢ + ٥,٣٣).
- إستخدم قده من الألمنيوم لتعديل سطح التلبيس ووزنه عمودياً
- استخدم اليد الخشبية لتنعيم سطح التلبيس.
- في النهاية استخدم خلطة بنسبة ١:١ لتنفيذ طبقة خفيفة على السطح المنعم لتخشينه مرة أخرى ليرتبط جيدا مع التلبيسة النهائية التي ستنفذ في اليوم التالي.

حديد تسليح السقف

إبدأ بتجهيز حديد تسليح السقف كمايلي:

- اعمل دائرة على الارض بقطر ٧,٦٠ م
- يتم تقطيع قضبان حديد التسليح إلى المقاسات المطلوبه ووضعها بزاوية قائمة مع بعضها، بتباعد ٢٠ سم
- تربط تقاطعات قضبان حديد التسليح بسلك الربط.
- يتم عمل جسرين قطريين متعامدين مقاس ١٥سم×١٥سم (صورة رقم ٥,٣٤)
- إقطع فتحة تنظيف ومعاينة الخزان (٥٠ سم X ٥٠ سم) في مكان مناسب بحيث لا تبعد جداً عن الجدار وذلك عند تجهيز حديد تسليح سقف الخزان (صوره ٥,٣٤).

صورة (٥,٣١): عمل طبقة التلبيس السادسة

صوره (٥,٣٤): تربيط حديد تسليح السقف

صوره (٥,٣٢): عمل طبقة التلبيس السادسه

صوره (٥,٣٣): عمل طبقة التلبيس السادسه

ملاحظات هامة :

- يجب المحافظة على رطوبة جدار الخزان (بواسطة الرش المنتظم)
- يجب إكمال طبقة التلبيس في يوم واحد

اليوم الحادي عشر: طبقةالتلبيس الاخيره

الخطوات:

- تنفذ طبقة التلبيس الاخيرة بسمك ١سم كما نفذت طبقات التلبيس الأخرى. يجب استخدام الرملِ المغربل لهذه الطبقة (صور ٥,٣٥).
- إستخدم حافة مستقيمة لتعديل سطح التلبيس
- إستخدم التخشينة الخشبية لتنعيم سطح التلبيس
- يجب تنظيف أرضية الخزان من اى بقايا للمونة قبل جفافها
- تنفذ طبقة عازلة للمياه (روبة) المكونة من مادة الإسمنت مخلوطة مع مادة عازلة للمياه (السيكا)ومضاف اليهما الماء (واحد كيلوغرام سيكا لكل كيس واحد من الإسمنت)
- إستخدم علبة لرش المعجون السائل (الروبة) على الجدار؛ ثم إستخدم المسطرين الحديد (البروة) لضغط عازل المياه الى المونة للحصول على سطح صلب وناعم جداً.
- يتم أيضا تغطية أرضية الخزان بطبقة سمك ٢ سم من المونة الاسمنتية بنسبة (٣:١) (صوره ٥,٣٦)

صوره (٥,٣٥): عمل طبقة التلبيس الاخيره

- يجب ملئ الزاوية بين الأرضية والجدار بالمونة الاسمنتية ثم تدور بقنينة (قاروره).
- تغطي الأرضية والزاوية (الشطفة) إلى الجدار ايضاً بطبقة عازلة للمياه(الروبة)
- يجب الحفاظ على الخزان رطباً دائماً من الداخل خلال فترة الرش

حديد تسليح السقف

- ضع الشبك المربع على حديد التسليح وإربطه إلى قضبان التسليح (صوره ٥,٣٧)

ملاحظة: يجب عمل طبقة التلبيس الأخيره على جدار و أرضية الخزان بالإضافة إلى عمل الطبقة العازلة للمياه خلال يوم واحد

صوره (٥,٣٦): عمل طبقة التلبيس الاخيرة لارضية الخزان

صوره (٥,٣٧): وضع الشبك المربع على حديد تسليح السقف

اليوم الثاني عشر: تجهيز حديد السقف

الخطوات:

- يثبت القماش المشمع (الطربال البلاستيكي) على حديد تسليح السقف من الناحية السفلية وذلك بتخييطه بالجبال وباستخدام المخيط.
- يجب رفع حديد التسليح بالبلوك لكي تتم خياطة الطربال من الجانب السفلي (صوره ٥,٤٠)، لان حديد التسليح بهذا القطر الكبير لا يمكن أن يُقلب بدون ثنيه، هذه الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تنفذ بها خياطة الطربال.

ملاحظات هامة:

- يجب تغطية الخزان بقماش مشمع (بطربال) مؤقت للمحافظة على رطوبة الخزان.
- يجب بقاء جدار الخزان رطباً بالرش المستمر (صور ٥,٣٩).

صوره (٥,٣٨): الخزان جاهز لتركيب السقف

صوره (٥,٣٩): الرش مهم

صوره (٥,٤٠): خياطة الطربال (القماش المشمع) من اسفل حديد التسليح

اليوم الثالث عشر: تركيب حديد السقف

الخطوات:

- ينقل حديد السقف المجهز بالشبك المربع والقماش المشمعِ إلى جدار الخزان ويحتاج هذا الى ١٢ شخص على الأقل (صوره ٥,٤١).
- يدعم مركز حديد السقف من داخل الخزان بمربوع من الخشب بطول ٣,٩٠م تقريبا، يجب استخدام مرابيع خشبية على شكل T كدعم للسقف(صورة٥,٤٤) .
- تربط قضبان حديد التسليح البارزة من جدار الخزان مع قضبان حديد التسليح البارزة من السقف (صور ٥,٤٢ + ٥,٤٣).
- يدعم السقف بالمرابيع الخشبية مبتدئا من مركز الخزان وحتى الجدار، توضع المرابيع داخل الخزان بتباعد حوالي ٧٠ سم من المركز نحو الجدار. يكون التباعد بين كل مرابيع الدعم داخل الخزان حوالي ٧٠ سم أيضاً (صوره ٥,٤٤).
- يجب التأكد من ان شكل السقف من الخارج يأخذ شكل القبة.
- تَحتاج الشدة الخشبية للسقف حوالى ٦٠ مربوع (دعامه) بطول يتراوح بين ٣م و٣,٦٠ م بحسب التفاصيل التقريبيه التاليه:
  - ٢٥ دعامه بطول ٣م
  - ١٩ دعامه بطول ٣,٢م
  - ١٠ دعائم بطول ٣,٤م

- ٦ دعائم بطوال حوالى ٣,٦م

ملاحظات هامة :

- يجب رفع مرابيع التدعيم الخشبية للأعلى بقوة لرفع حديد تسليح السقف للحصول على شكل القبه، ولذلك يقوم شخصين برفع مربوع الخشب الى الاعلى بينما يقوم شخص آخر بوضعِ لوح خشب تحت المربوع للحصول على الإرتفاع المطلوب.
- تأكد من ان مرابيع الدعم من الداخل كافية، وذلك بالمشي على السقف، فإذا تأرجح السقف يجب اضافة مرابيع دعمٍ أكثر للسقف حتى يتم تثبيته جيدا.

صوره (٥,٤١):تركيب حديد سقف الخزان

صورة(٥,٤٢):ثني وتربيط قضبان حديد التسليح البارزة من جدار وسقف الخزان مع بعضها

صورة(٥,٤٢):ثني وتربيط قضبان حديد التسليح البارزة من جدار وسقف الخزان مع بعضها

صوره (٥,٤٤): مرابيع التدعيم الخشبية

اليوم الرابع عشر: تلبيس السقف

الخطوات:

- يجب تثبيت غطاء فتحة تنظيف ومعاينة الخزان ٥٠ سم X ٥٠ سم على السقف قبل عمل التلبيس
- يجب إسناد السقف بعدد ٤ قطع من إنابيب PVC بقطر ٤ " (كأعمدة ثابتة لإسناد السقف)، بحيث يكون واحد منها في مركز سقف الخزان والثلاثة الاخرى موزعة على مسافات متساوية على محيط دائرة تبعد ١,٧٥ م من المركز.
- يوضع أحد هذه الاعمدة قرب فتحة تنظيف ومعاينة الخزان، حيث سيستخدم كسلم وكمقياس لمستوى المياه في الخزان (صورة ٥,٤٨)
- توضع ٣ قضبان حديد تسليح في جميع الأعمدة (انابيب PVC) وتربط الى حديد تسليح السقف .
- تُملأ هذه الأنابيب بالخرسانة مع الدمك الجيد من الاعلى باستخدام قضيب حديد.
- يوضع خليط من الإسمنت والماء (روبة اسمنت) على السقف لملئ الفضاء بين القماش المشمع وحديد التسليح.
- تنفذ طبقة تلبيس للسقف بمونة اسمنتية بنسبة ١: ٣ ابتداءً من المركز إلى الخارج (صور

صورة (٥,٤٥): تلبيس السقف بالمونة الاسمنتية

(٥,٤٥ + ٥,٤٦ + ٥,٤٧)

- تُترك فتحة (٣٠ سم X ٣٠ سم) خالية من المونة، لاستخدامها كفتحة لدخول المياه القادمة من السطح الى الخزان، ويوضع فيها شبك رفيع (مثل شبكة نخل الرمل) وتوضع المونة من حولها.

ملاحظات هامة :

- يجب تلبيس المونة الاسمنتية للسقف خلال يوم واحد.
- يجب رش السقف مدة كافية (لاتقل عن ٢١ يوم).
- يجب الاحتفاظ دائما بكمية من المياه في الخزان (بعمق ١٠ سم على الاقل) لإتمام عملية الرش

(٥,٤٦): تلبيس المونة الاسمنتية على السقف

صوره (٥,٤٧): تلبيس المونة الاسمنتية على السقف

صوره (٥,٤٨): احد الأعمدة الأربعة بالقرب من فتحة التنظيف تخترقه أنابيب حديد قطر ٣/٤" تستخدم كسلم ولمقياس لارتفاع الماء

اليوم الخامس عشر: التشطيبات - تركيب المأخذ والمضخة

الخطوات:

- يدهن خارج الجدار وسقف الخزان باللون الأبيض (تُستخدم ٨ أجزاءٍ من مسحوق البلاط و١ جزءٍ من الإسمنت الأبيض) ثم يرش بمكينة الرش.
- يجب عمل رصيف حول الخزان لتصريف المياه بعيداً عن الخزان. كما يجب تفادي وجود المياه الراكده بالقرب من الخزان

ملاحظات هامة:

- يركب خط الأنابيب اللازم لنقل مياه الامطار من السقف إلى الخزان (صور ٥,٥١ + ٥,٥٢).
- يصمم نظام غسل (flush system) في بداية خط انابيب النقل لتصريف أول دفعة مطر.
- يركب أيضاً نظام ضخ المياه من الخزان (صورة ٥,٤٩).
- يركب سياج حماية حول الخزان لمنع الناس غير المرخص لهم من المشى على سقف الخزان أَو العبث بالأنابيب أَو المضخة (صورة ٥,٥٠).

صوره (٥,٤٩): المضخة الخاصة بالخزان

صوره (٥,٥٠) سور حماية الخزان

صوره (٥,٥١): انابيب تجميع وتوصيل المياه من السقف الى الخزان

صوره (٥,٥٢): أنابيب تجميع وتوصيل المياه من السقف الى الخزان

متابعات : معالجة الخزان وتشطيبات السقف

صوره (٥,٥٣) المنظر النهائي للخزان تحت سطح الارض

النقاط المهمة

- الرش لمدة ٢١ يوم على الأقل.
- احتفظ دائما بكمية من المياه داخل الخزان (عمق ١٠ سم أَو أكثر)
- يغطى السقف بأكياس الخيش مع الحرص على بقائها مبلوله.

بعد الانتهاء من الرش

- يتم إزالة الطربال من الوجه السفلي للسقف
- يجب تلبيس الوجه السفلي لسقف الخزان بالمونة بحيث يتم تغطية كل حديد التسليح بالمونة

6

الملحقات

ملحق 1: مصادر المعلومات المفيدة

كتب /ا قراص مدمجه

- "أنظمة حصاد مياه الامطار للامدادات المنزليه" للمؤلف جون قولد و ارك نسين ١٩٩٩ ، منشورات ITDG، لندن.
- إريك بيترسون: ٥ كتَيبات
  - مياه من الاسقف
  - مياه من السدود الصغيرة
  - مياه من الاسطح الصخرية
  - مياه من اسطح الطرق
  - مياه من قيعان الأنهار الجافة (الوديان)
- كل هذه الكتيبات متوفره لدي المؤلف في الموقع الالكتروني (asal@wananchi.com)
- قرص مدمج لَحصاد مياه الامطار للمؤلف هانز هارتنج (٢٠٠٢) للناشر مارجراف و ويكارسيم، متوفر في الموقع الالكتروني (www.margraf-publishers.com).

مواقع الإنترنت

- وحدة تطوير التقنيات لجامعة (Warwick) لَها موقع الكتروني جيد لحصاد مياه الامطار مع العديد من أدلة بناء الخزانات العملية وحاسب المياه المحصوده من الامطار في الموقع الالكتروني (http://eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh/index.html)
- هناك مقرربالتعليم الذاتي في أساسيات حصاد مياه الامطار في الموقع اللالكتروني (www.rainwater-toolkit.net)

المنظمات

- IRCSA جمعية أنظمة حصاد مياه الامطار الدولية،تنظم مؤتمر دولي كل سنتين في حصاد مياه الامطار، الموقع الالكتروني (www.ircsa.org)
- IWA، جمعية المياه الدوليةَ مقرها في لندن لديها مجموعة عمل خاصة بحصاد مياه الامطار موجود في الموقع الالكتروني (www.iwahq.org)

ملحق 2: البيانات المطرية الشهرية لـ10 سنوات في صنعاء

المصدر الهيئه العامه للموارد المائيه (NWRA)

السنة	الشهـــــــــر												الاجمالي السنوي مم
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	
١٩٩٠	٠	٢,٥	٤٠,٥	١٩	٣,٥	٠	٣١,٥	٢	٢٥	٠	٠	٠	١٢٤
١٩٩١	٠	٥,٥	٤٥	١١	١١,٥	٠	٢,٥	٣٥	٠,٥	٠	٠	٠,٥	١١١,٥
١٩٩٢	٢٠,٥	٠,٥	٢٠	٢٠	٦٤,٥	٣	١٠	١٣٩,٥	٢٤,٥	٢٦	٠	٣٩,٥	٣٥٠
١٩٩٣	٢,٥	٩	١٣,٥	٨٣	٧٩,٥	٦	٣	٢٥	٣٠,٥	١	٤٤,٥	١٩	٣١٦,٥
١٩٩٧	٥,٥	١,٥	١٤,٥	٢٩,٥	٧,٥	٢	١٢,٥	٣٣,٥	٠	٦٠,٥	٣٣,٥	١	٢٠١,٥
١٩٩٨	٠	٠,٥	٨	١٩	٦٨,٥	٠	٦٣	١٧٥,٥	٠	٠	٦,٥	٠	٣٤١
٢٠٠٠	٠	٠,٥	٨	٣٠	٥٧,٥	٠	٩	٥٨,٥	٢,٥	١٦	٢,٥	١٤٥,٥	٣٣٠
٢٠٠١	٢٨,٥	١٠٧,٥	٣١	١٣	١	٠	٤٩	٢١,٥	٢١	٢٢,٥	٧	١	٣٠٣
٢٠٠٢	٠	٠,٥	٨	١	١	٠	٤٩	٢١,٥	٢١	٢٢,٥	٠	٠	١٢٤,٥
٢٠٠٣	٠	٠	١٠,٥	٥٢,٥	١٢,٥	٠,٥	٠	٠	٠	٣	٢	١٤٦	٢٢٧
المتوسط	٤	١٣	٢٠	٢٨	٣١	١	٢٣	٥١	١٣	١٥	١٠	٣٩	٢٤٢,٩٠

ملاحظة :

١) عند حساب حجوم التخزين، المعدل الشهري للهطول المطري (لنقل لـ ١٠ سنوات) يعطي حجوم صغيرة جداً ، حيث أن هناك مطر في الشهور غير المعتادة في السنوات الإستثنائية، وهذه تؤدي إلى أرقام متوسطة غير مثالية.

٢) الشهور ٥ إلى ١٠ للسنوات ٢٠٠١ و ٢٠٠٢ متساوية وهذا يبدو بعيد الإحتمال او غير صحيح

ملحق 3: التشغيل والصيانة لأنظمة حصاد مياه الامطار

1. المسائل التقنية

- نظام حصاد مياه الامطار يتكون من المكونات الرئيسية التالية:
- نظام التجميع الذي هو السقف في حالتنا
- نظام التوصيل او النقل يشمل الأنابيب النازلة والأنابيب الآخرى التي تنقل مياه الأمطار المحصودة إلى الخزان .
- نظام التخزين (الخزان)

حوض التجميع (السقف)

- يجب إبعاد الناس عن سطح تجميع المياه بقدر الإمكان
- يجب تنظيف السقف بإنتظام، خصوصا قبل بداية موسم الأمطار مباشرة لمنع الرمل والغبار المتراكم دوما على السقف من الدخول الى الخزان.

نظام النقل

- يجب تفريغ او تنظيف أدوات نظام التدفق الاول (إذا كان متصل في النظام) بعد كل هطول مطري شديد الغزارة.
- يجب التأكد على الأقل مرة كل سنة من ان نظام الانابيب التي تنقل مياه الامطار من السقف إلى الخزان خالية من العيوب، والاضرار، والتسرب ، ويتم إصلاح العيوب فيها.
- ينتج عادة عن الهطول المطري الشديد الغزارة والكثيف كميات كبيرة من المياه التي تصل فجأة الى الخزان. لذلك يجب التأكد بانتظام من انه لا يوجد أي عائق أمام أنبوب المفيض يمنع خروج المياه الزائدة من الخزان وأنه قادر على توجيهها بعيداً عن الخزان، حتى لا تتسرب أي مياه أسفل الاساس أو أسفل جدار الخزان في حالة الخزان الارضي.

الخزان

- يجب التاكد من نظافة مدخل المياه الى الخزان بعد كل هطول مطري شديد الغزارة وتنظيف الشبك الحاجز للعوالق (الغربال) عند الضرورة.

- يجب تفتيش سطح الخزان الخارجي سنوياً لملاحظة وجود اى شقوقِ واصلاحها إن كانت هناك حاجة لذلك.
- يجب فحص الرصيف حول الخزان والتأكد ان الماء سيصرف دائماً بعيداً عن الخزان.
- يجب إبقاء فتحة تنظيف ومعاينة الخزان مغلقة دائماً بالقفل لمنع دخول الحيوانات أَو الأشخاص غير المرخص لهم الى الخزان.
- يجب التأكد من عدم وصول جذورالأشجارالمحيطة إلى الخزان
- يجِب دائماً أَن تكون هناك بعض المياه في الخزان (حوالي ١٠ سم عمق) لتَجنب تَشقق جدارالخزان في الحر الشديد.
- يفضل تَنظيف الخزان مرة كل سنة في نهاية فصلِ الجفاف، مباشرة قبل قدوم الأمطار أَوعند خلو الخزان من المياه.

تنظيف الخزان السطحي:

- قُم با زالة سدادة الانبوب القصير المرتكز داخل الخزان بمفك الإنابيب وصَرِّف المياه من داخل الخزان بالكامل ، ثم قُم بتنظيف أي رواسب على أرضية (قاع) الخزان .
- يجب التأكد أيضاً من سلامة حنفية اخذ المياه، وأستبدالها / إصلاحها في حالة وجود تسرب منها.

تنظيف الخزان الارضي:

- قُم بتنظيف كل المياه والرواسب المتبقية في قاع الخزان.
- وفي نفس الوقت يجب تطهير الخزان بغسل الجدران الداخليةَ بمحلول الكلورِ المخفف.

2. قضايا إدارية

- يتم تعيين شخص يكون مسؤولا عن نظامِ حصاد مياه الامطار وادارة النظام مع مصادر المياهِ الأخرى المحتملة.
- يكون دائما لدى هذا الشخص فكرة عامة عن كمية المياه المتبقية في الخزان، ويقرر في الحالات الحرجة إستخدام المياه المتبقية من عدمه كما يحدد كمية المياه الممكن استخدامها وكمية المياهِ المحتمل توفيرها من المصادر الأخرى لتغطية الاحتياج.

- يقوم بمراقبة حصاد وإستهلاك المياه بملئ النماذج الخاصه بالمراقبة.
- يقوم باعمال الصيانة للنظام أو يخصص شخص ما ليقوم بذلك.

3. قضايا الأمان

- عادة ما يكون الوصول الى سقف الخزانات الأرضية سهلا خاصة في المدارس ، لذلك يجب التأكد من أن الأطفال لن يتمكنوا من الصعود إلى سقف الخزان واللعب فيه، أو أن يُستخدم لأي أغراض أخرى تضر به. لذلك يقترح عمل سياج حمايه حوله.

ملحق4: تعليم قضايا المياه

تركيب انظمة حصاد مياه الامطار في المدارس يمثل فرصة ممتازة لشرح قضايا المياه للطلاب. كما يمكن أيضا تدريس قضايا المياه وإضافتها إلى المنهج الدراسي للمستويات المختلفة. وجود نظام حصاد الامطار سيساعد أيضا في جعل دراسة قضايا المياه عمليةِ جداً.

من الممكن تحفيز الطلاب حتى: -

a) يفهموا أن نظام حصاد مياه الامطار عبارة عن تجميع المياه ونقلها وخزنها، وكذلك حساب المياه المحصوده.

b) يقوموا بعمل حسابات رياضية للحجم الحالي للمياه بدلالة ابعاد الخزان الإسطواني وإرتفاع المياه

c) يقوموا بمراقبة الهطول المطري وكميات المياه المحصودة من الامطار ونمط إستهلاك هذه المياه

d) يقوموا بإختبار نوعية مياه الامطار بطريقة الفحص البصري وبإستخدام الإختبارات الفيزيائية والبكتريولوجيةِ الممكنة.

يمكن إيجاد معلومات مفيدة حول تعليم القضايا المائية عموماً في المواقعِ الإلكترونية التالية:

- سلسلة منشورات البنك الدولي عن الاصحاح البيئي للمدارس في الموقع الالكتروني التالي:

www.schoolsanitation.org/Basicprinciples/Going-to-Scale.html

- بهجة التَعلم: خطط تدريس الاصحاح البيئي بالمشاركة (WASHFSSHE) في الموقع الالكتروني التالي:

www.irc.nl/content/downlod/22392/260548/file/tp45joyOfLeaning.pdf

- WASHRSSHE برامج الإصحاح البيئي للمدارس في الموقع الالكتروني التالي:

www.irc.nl/sshe

ملحق5 : معالجة خزانات الفروسمنت

(5.1) التسرب من خلال منطقة الاتصال بين جدار واساس الخزان

المشكلة

الكثير من خزانات الفروسمنت تسرب من خلال منطقة اتصال جدار الخزان مع الاساس.

السبب

قد يكون سبب التسرب إما نقص في حديد التسليح في منطقة الاتصال، اوخلط سيئ للمونة ، اوقصور في تنظيف منطقة الاتصال بين الجدار والاساس.

المعالجة

يمكن معالجة منطقة اتصال الجدران والقاعدة (المفصل) لتكون كتيمة بالتنظيف الجيد لهذه المنطقة ، إضافة حديد تسليح وتنفيذ رصيف على كلا جانبي المفصلِ.

خطوات المعالجة (الإجراء)

١) تصرف كل المياه الى خارج الخزان، وتنظف الأرضيةَ والأساس على الجانب الخارجي من الخزان.

٢) احفر أخدود، حوالي ٣ سمX ٣ سم، في كافة أنحاء المفصل على كلتا الجوانب الداخلية والخارجية للخزان.

٣) تخشين المنطقة بعرض ١٥سم على إمتداد الاساس على كلا جانبي المفصلِ. ينظف المفصل والمنطقة المخشنة بالكثير من الماء.

٤) لف ٥ لفات من السلك الشائك بشده حول الخزان في الأخدود الخارجي.

٥) دك مونة اسمنتية بنسبة ١:٣ في الأخاديد الخارجية والداخلية بقطعة من الخشب.

٦) اعمل رصيف بعرض 15 سم وارتفاع ١٠ سم على الأخدود الخارجي.

(5.2) التسرب من خلال شقوقَ في الاساس

المشكلة

تسربات المياه من خلال شقوق في الاساس.

السبب

وجود تربة ناعمة تحت الاساس، حديد التسليح غير كافٍ، خلطة خرسانية سيئه اورش غير صحيح للخرسانة .

المعالجة

يمكن ان يمنع التسرب ببناء اساس جديد على الاساس المتشقق القديم.

خطوات المعالجة (الإجراء)

١) تصريف كل المياه الى خارج الخزان وتنظيف الأرضية.

٢) تملأ كل الشقوق بمعجون القار (الاسفلت).

٣) تقَطع صفائح من الشبك الملحم بحسب مساحة الاساس. كل الإشتراكات بين صفائح الشبك يجِب أن تكون على الأقل ٢٠ سم وتربِط مع بعضها بسلك الربط بتباعد ١٠ سم (في حالة عدم توفر صفائح شبك الحديد يمكن الاستعاضة عنها باستخدام اسياخ الحديد قطر ٦ او ٨ مم لتكوين حديد شبكي بتباعد ٢٠ سم ، تخلط خرسانة بنسبة ١ اسمنت إلى ٣ رمل نهريِ و٣ أجزاء من الكري . صب طبقة من الخراسانة سمك ٧ سم على الاساس القديم.

٤) توضع قطعة الشبك الملحم على الخرسانة في الخزان.

٥) صب طبقة ثانية من الخرسانة سمك ٧سم على الشبك الملحم في الخزان.

٦) لبس طبقةَ بسمك ١سم من المونة الاسمنتية بنسبة (٣:١) على الخرسانة، ثم نعِّم واضغط طبقة الروبة الاسمنتية في نفس يوم.

٧) اليوم التالي، قم بعمل رصيف مدور عند المفصلِ بين الاساس الجديد والجدران .

٨) يجب ان يبقي الاساس رطبا وتحت الظلِ لمدة ٣ أسابيع للمعالجة باستخدام الرش.

(5.3) التسرب من خلال جدران الخزان بدون وجود شقوق

المشكلة

تسرب المياه من خلال جدران الخزان، بالرغم من أن جدران الخزان ليس فيها شقوق.

السبب

السبب في تسرب الماء من جدار الخزان هو المسامية التي سَبَبَها إما كون خلطة المونة قليلة الإسمنت، او أن الرش لم يكن كافياً أو أن تنفيذ العمل تم بطريقة سيئة.

العلاج

يمكن ان يمنع التسرب من الجدران بإستبدال الأجزاء المسامية (المثقّبة) بالمونة الاسمنتية بنسبة (١:٣) مع طبقة روبة اسمنتية. اذا لم ينتهي التسرب، فيجب تلبيس جدار الخزان من الداخل بمادة عازلة للمياه.

خطوات المعالجة (الإجراء)

١) تصرف كل المياه الى خارج الخزان وينظف داخله.

٢) إزالة الأجزاء المسامية في وجه الجدار الداخلي.

٣) تنظف الأجزاء المحفورةَ بالمياه ويرمي اسمنت جاف على الأجزاءِ المشبعة بالمياه من الجدران.

٤) اخلط مونة بنسبة (١:٣) وضع طبقة خفيفة منها في الأجزاء المشبعة بالمياه من الجدار.

٥) اليوم التالي، قم بعمل طبقة تلبيس بالمونة بنسبة (١:٣) وأضف الروبه الاسمنتية بمالج حديدي مربع. أبق الاجزاء الملبسة رطبة وتحت الظل لمدة ٣ أسابيع، ثم بعد ذلك يملأ الخزان بالمياه.

٦) اذا لم ينتهي التسرب، فيجب أن يدهن الوجه الداخلي للجدران بمادة عازلة للمياه، مثل الطلاء المستخدم في المسابح (قار غير سام).

الصندوق الإجتماعي للتنمية

فج عطان - صنعاء - الجمهورية اليمنية - ص.ب : 15485 - هاتف 449669 - فاكس : 449670

Social Fund for Development - Faj Attan, Sana'a, Yemen, P.O.Box : 15485, Tel.: 449669, Fax: 449670

www.sfd-yemen.org - E-mail: sfd@sfd-yemen.org