IFAD
Investing in rural people

حصاد المياه من الطرق في اليمن
مذكرة إرشادية

أعدها باللغة الانجليزية:

د. فرانك فان ستين برج (ميتا ميتا)،
د. شرف الدين عبدالله احمد صالح (مركز المياه والبيئة، جامعة صنعاء)،
م. محمد الأبيض (صندوق صيانة الطرق - وزارة الأشغال العامة والطرق - حكومة اليمن)،
وبمساهمة كيفلي ولديقلي (ميتا ميتا).

ترجمها الى العربية :

د. شرف الدين عبدالله احمد صالح (مركز المياه والبيئة، جامعة صنعاء)،
م. محمد الأبيض (صندوق صيانة الطرق - وزارة الأشغال العامة والطرق).

META
META

Water and Environment Centre

Spate Irrigation Network

يناير ٢٠١٥

الفهرس

الاختصارات ١
المقدمة ٤
مبررات وحجج دراسة "طرق لأجل المياه " ٤
نطاق حصاد المياه من الطرق ٥
التعاون المؤسسي ٦
عملية تخطيط شاملة ٦
إشراك المجتمع ٦
إرشادات للتصميم ٧
التقنيات الرئيسية ٨
النتائج والتوصيات ٢١
المصادر الاضافية / الادوات ٢٢
المراجع ٢٢

الاختصارات (Abbreviations)

MOPH	Ministry of Public Works and Highways	وزارة الاشغال العامة والطرق
RMF	Road Maintenance Fund	صندوق صيانة الطرق
RAP	Rural Access Project	مشروع التنمية الريفية
CRU	Community Road Unit	وحدة الطرق المجتمعية
SFD	Social Fund for Developmemt	الصندوق الاجتماعي للتنمية
PWP	Public Works Project	مشروع الاشغال العامة

مقدمـــة

تصنف اليمن من بين الدول الخمس الأكثر شحة في المياه، لذا فإن جميع الجهود مطلوب بذلها للحفاظ على الموارد المائية فيها. تاريخ اليمن حافل بالإبداعات العظيمة في مجال إدارة المياه والحفاظ عليها، لذا تعتزم هذه المذكرة التوجيهية المساهمة في الحفاظ على المياه وتوفير مصادر مياه إضافية خصوصا في المناطق الريفية.

وتناقش هذه المذكرة الأساليب المختلفة لحصاد المياه من الطرق وتخزينها أوإعادة تغذية المياه الجوفية منها – وكذلك الاستفادة من الإستثمارات الحالية في تطوير الطرق وإعادة تأهيلها لتأمين موارد للمياه المحلية. كذا، تناولت هذه المذكرة مناقشة الأخذ برؤية متعددة الأغراض بالنسبة للطرقاستخدام الطرق ل: فبينما الطرق توفر خدمات النقل مواصلاتوالتواصل، فإنها في نفس الوقت يمكن أن تساهم في تأمين مصادر مياه وكذا تسهيل السيطرة على الفيضانات وتخفيف آثار الإنجراف والتعرية والتعرية. وبهذه الطريقة يمكن للإستثمار العالي في ربط الطرق في اليمن أن يجعل لها تأثيراً إيجابياً واسعاً على الحياة المعيشية والتنمية الاقتصادية.

وقد تم إعداد هذه المذكرة التوجيهية كمساهمة في مشروع التنمية الريفية –المقرر أن يبدأ تنفيذه في عام ٢٠١٥ – والذي يعتبر عنصر هام في تطوير الطرق ريفية فرعية (طرق للوصول الى القرى) حيث توجد فرص حصاد المياه منها مما يبرز ويوجب أهمية إتمام المشروع بطرق حصاد منظمة. ومع ذلك، تعنى هذه المذكرة التوجيهية بالمساهمة أيضا في نطاق البرامج الأخرى العاملة بتطوير الطرق، بما في ذلك وزارة الأشغال العامة والطرق ، الصندوق الإجتماعي للتنمية ، وحدة الطرق المجتمعية، صندوق صيانة الطرق ومشروع الأشغال العامة – والتي تتفاوت أعمالها من طرق ريفية أو فرعية إلى طرق سريعة و جديدة.

مبررات وحجج دراسة "طرق لأجل المياه" :

حجة الجمع بين الإستثمارفي الطرق وحصاد المياه تعتبر حجة قوية. والفوائد الرئيسية لإنشاء طرق مُرشِدة وموجهه للمياه هي:

• **تقليل الأضرار التي تلحق بالطرق.** - الماء هو العامل الرئيسي االمسبب للأضرار التي تلحق بالطرق. ومن الممكن أن تأخذ هذه الأضرار عدة أشكال، منها: الجريان السطحي (السيول) والذي يسبب أضراراً مباشرة بالطرق، أو انجراف المنحدرات والميول السفليةي التي تآكلها مما سيؤثر على مسار الطريق، أو قيام السكان المحليين بإجراء تعديلات على الطرق لغرض جمع المياه مما يؤدي إلى تضرر هذه الطرق. ولهذا ففهم خصائص الجريان السطحي بالتوافق مع مسار الطريق ،ومنشآت تصريف الطريق، ومياه العيون، والجريان التحت سطحي، والأراضي، و خصائص التربة من الممكن أن تقلل من تكاليف صيانة الطرق، وكذا إلى التقليل من انقطاعات حركة المرور أو السير في هذه الطرق. ولذلك فإن التخطيط الآمن للطريق المُرافق لمنشآءات حصاد المياه بالقرب من الطريق، سوف يمنع أيضا الأضرار الإنشائية والهيكلية للطرق.

• **منع تضرار الأراضي الزراعية، وعلى وجه الخصوص التقليل من إنجراف التربة وتكون الأخاديد.** الطرق وبشكل كبير تعيق أنماط التصريف الطبيعي للمياه، وتعمل على تركيز جريانه من خلال توجيهه عبر عدد محدود من العبارات ومنشآت التصريف الأخرى. إن لم تنفذ وتعبد الطرق بشكل جيد، فإن هذا قد يؤدي إلى إلى تآكل وانجراف تربتها، خاصة في المناطق التي تكون فيها التربة سميكة نسبيا. وكذا فإن تطورالأخاديد قد يؤدي إلى تحفرالارض الطبيعية وإستنزاف رطوبة التربة.

• **منع حدوث فيضانات.** إذا لم تتم إدارة المياه المتدفقة من الطرق والفيضانات المحلية وما ينتجه ترسيب الرمال غير المتحكم فيها ، فقد تؤثر على من يعيشون بالقرب من الطرق. ولكن ومن جهةٍ أخرى، إذا نفذت ردميات الطريق بشكل جيد، فمن الممكن لمستجمعات المياه أن تقسم إلى أجزاء مستقلة لتقلل من ضرر الفيضانات. هذه الردميات يمكن استخدامها لتغيير أنماط الجريان في المصب المائي، وتخفيف سرعتها، والتخفيف من تدفق الفيضانات. وما يجدر ذكره هو أنه إذا لم تنفذ هذه الردميات بشكل جيد، فإن الطرق ومنشآت التصريف العرضي لها يمكن أن تتطور إلى ممرات لجريان الفيضانات، مما سيفاقم من تأثير تدفقات الأمطار الغزيرة .

• **الأكثر أهمية هو إمكانية حصاد المياه من الطرق.** وهنا تتحول العملية من تهديد إلى عون وفائدة، فالمياه الناتجة عن تصريف الطريق أو من الينابيع التي يتم فتحها عند إنشاء الطرق، أو المياه و رطوبة التربة التي تحتفظ بها المعابر أو الجسور السطحية وأسطح الطرق، جميعها تعتبر مورداً مائياً قيّماً، حيث أن تجميع مياه الطرق لتغذية المياه الجوفية يمكن ان يساعد في إمدادات مياه الشرب. والتخزين السطحي للمياه في البرك والسدود الصغيرة يساعد في الزراعة واستخدامات الثروة الحيوانية، وكذلك في الحفاظ على مستويات رطوبة التربة والتحكم في مناسيب المياه الجوفية.

هذه المذكرة التوجيهية بنيت على أساس مسح استطلاعي لـ ٢٥٠ كيلومتر من الطرق في اليمن، مع ملاحظة الفرص والتهديدات للـ "المياه من الطرق"، وإجراء المقابلات مع المجتمعات التي تعيش على جانبي الطريق (للحصول على منظر عام للطرق التي تمت زيارتها، انظر المرفق ١). وقد وجد أن طرق حصاد مياه الطرق قد أدخلت واتسمت بنجاحها في عدد من الأماكن. التغذية للمياه الجوفية أو التخزين باستخدام حُفر لمواقع الردم المستعار وأنظمة الترشيح مثل الخنادق العميقة وبرك الترشيح التي تهدف إلى زيادة تغذية المياه الجوفية، وكذلك أنظمة التصريف الجانبي التي تستخدم في الري وتجميع الرمال، والبرك الترابية على جانبي الطريق، هي بعض من التقنيات الموجودة بالفعل في البلاد. في نفس الوقت الذي تستخدم فيه جميع هذه الفرص متفرقة، هنالك تقبع إمكانية الجمع بين تطوير الطرق وحصاد المياه بشكل منظم ونظامي في اليمن.

زيادة الاستثمارات المتوقعة في البنية التحتية للطرق في اليمن تقدم فرصا هامة لإحداث تأثير واسع للحصول على طرق تساعد على تحسين توفير المياه. وتصف هذه الوثيقة كلاً من التوجهات والعمليات في الجمع بين تطوير الطرق وإدارة المياه، وكذلك كيف يمكن تعزيز حصاد المياه من الطرق من خلال تحسين تصاميم الطرق والوضع الممنهج للبنية التحتية لحصاد المياه على طول هذه الطرق. حالياً، هنالك عدد من هذه الفرص قد تم رصدها واستخدامها من قبل مهندسي الطرق المطلعين وأصحاب الأراضي على طول الطرق، ولكنه من الممكن القيام بهذا بصورة منظمة أكثر - كجزء من برامج بناء الطرق الجديدة وكجزء من صيانة الطرق الموجودة.

نطاق حصاد المياه من الطرق

نطاق حصاد المياه من الطرق في اليمن واسع. حيث أن إنشاء الطرق هو هدف رئيسي من نفقات البنية التحتية العامة وتقوم بها العديد من المنظمات. مجموع الطرق الإسفلتية في اليمن برعاية وزارة الأشغال العامة والطرق المنفذة والمخطط لها في عام ٢٠١١– ملخصة فيما يلي. وبالإضافة إلى ذلك تم القيام بعمل كبير على الطرق الحصوية من قبل عدة جهات (انظر الجدول ١ و ٢)

جدول ١ : برنامج الطرق

نوع الطريق	طرق في طور البناء (كم)	طرق منجزة (كم)
طرق دولية	١٢٧	٣٦٩٣
طرق رئيسية	١٠١٥	٥١٥٢
طرق ثانوية	٤٤٥١	٣٥١٢
طرق ريفية	٤١٤٥	٢٩٧١
اجمالي	٩٧٣٨	١٥٣٢٨
المصدر: MPWH ٢٠١١		

جدول ٢ : برامج الطرق الحالية والجاري تنفيذها عن طريق الجهات المختلفة

إجمالي ألإستثمار في الطرق الريفية من مختلف وكالات الطرق				
الجهة	RAP[١]	PWP[٢]	CRU[٣]	SFD[٤]
الفترة	٢٠٠٢- ٢٠١٤	١٩٩٦- ٢٠١٣	٢٠٠٨- ٢٠١٣	١٩٩٩- ٢٠١٣
إجمالي الإستثمار بالدولار الامريكي	٣٥١،٩٠٥،٠٠٠	٢٥،٩٧٢،٦٢٨	١٠،٧٢٦،٤٢٨	١٠٣،٥٠٤،٨٦٩
إجمالي الطول (كم)	٢٢٢٠	-	٢٧٦	٣٥٣٤,٤٣
الفترة	التنفيذ جاري	-	٢٠١٤- ٢٠١٦	-
الإستثمار المتوقع في الطرق الجاري تنفيذها بالدولار الامريكي	٢٤٢،٧٢٥،٠٠٠	-	١٤،٦٣١،٠٤٨	-
إجمالي الطول الطرق الجاري تنفيذها (كم)	١٠٢١,٧	-	٢٤٧,٣	-

المصادر: ١- وحدة المشتروات- RAP، ٢- وحدة تكنولوجيا المعلومات- PWP، ٣- وحدة المراقبة- CRU، ٤- وحدة تغذية الطرق الريفية- SFD

بشكل عام، هنالك فرص كبيرة لحصاد المياه من العبارات والمصارف الجانبية في المرتفعات حيث المياه شحيحة جدا، وذلك لاستخدامها في أغراض متنوعة. ففي العديد من المناطق التي توجد فيها خزانات مياه جوفية حجر رملية وكذا الرسوبية الغرينية، توجد العديد من الينابيع (المؤقتة)، والأخيرة هذه تحتاج لحماية وصيانة عند بناء الطرق.

في الهضبة الوسطى بين المرتفعات والأراضي المنخفضة، هناك الكثير من الآبار السطحية بالقرب من جانب الطريق. من الممكن استخدام منشآءات حصاد المياه في الري المباشر أو لتغذية الآبار المفتوحة.

أما في الأراضي المنخفضة، هناك مجال أقل لمنشآت حصاد المياه ذاتها، ولكن جسور الطرق السطحية المثقبة والجسور السطحية الإيرلندية يمكن أن تساعد في الاحتفاظ بالمياه وتخزينها في قيعان الأنهار(الوديان) الجافة وتغذية الآبار على طول مجرى الوادي. وكما أن هذه العبارات ومنشآت التصريف العرضية تعتبر مهمة لتوجيه تدفقات المياه تحت سطح الأرض أيضا.

الشكل ١. سقاية (خزان مياه أرضي) تملأ من السيول المتدفقة من سطح الطريق

التعاون المؤسسي

لتصبح البنية التحتية للطرق متعددة الأغراض فعلا، يجب أن يكون هناك تعاون وثيق بين المسؤولين عن تطوير الطرق مع أولئك المسئولين عن إدارة المستجمعات المائيه والزراعة. وفي بعض الحالات (مثل الصندوق الاجتماعي للتنمية) يتم الجمع بين هذه البرامج بالفعل. وفي حالات أخرى يحتاج التعاون أن يكون بين مختلف الجهات المؤسسية الفاعلة (برامج الطرق، والحكومات المحلية أو المجالس المحلية ومكاتب الزراعة) إلى ان يتم رعايته وتعزيزه.

عمليات تخطيط شاملة

عمليات تخطيط وتصميم الطرق في اليمن حاليا لا تسمح بمنهجية إدماج أهداف إدارة المياه الواسعة ولا تهتم بالضرورة لوجهات النظر والأفكار المحلية. وكنتيجة لذلك، معظم منشآت حصاد المياه من الطرق الموجودة حاليا قد تم في الأصل تعديلها من قبل مستخدمي الأراضي والمجتمعات المحلية للإستفادة من الفرص الناتجة عن تطوير الطرق. ومع ذلك ومن الناحية المثالية، سيتم تضمين فرص حصاد المياه من الطرق من بداية مرحلة التخطيط والتصميم لهذه الطرق. وهذا يتطلب إطار عمل أكثر تكاملا وشمولا لمخططي ومصممي الطرق، مما لن يسمح لهم فقط بالتعامل مع تصريف الطريق المستخدمة كحماية ، بل وكذلك دمج الإمكانات الواضحة لتجميع المياه إلى مرحلة تصميم الطرق: في اختيار محاذاة مسارات الطرق، وفي تصميم المعابر النهرية المنخفضة (الجسور السطحية)، وفي تطوير توابع البنية التحتية مثل حماية الينابيع واستخدام ردميات حواجز الحماية على الطريق للتخزين والتحويل المنظم والمخطط لمواقع (حفريات) المواد المستعارة والمحاجر.

كل هذا قد يتطلب تكييف أدلة تصميم الطرق لتتطابق مع برامج حصاد المياه وعمل نظام مختلف لمراقبة وتحري الموقع والاستطلاع على سبيل المثال، مع الأخذ بعين الاعتبار مواقع مناطق التغذية الجوفية ومواقع التخزين السطحية. وفي نفس الوقت حصاد المياه من الطرق ينبغي أن يكون عنصراً قياسياً في برامج إدارة مستجمعات المياه، بما في ذلك حماية قطاعات الطرق الحساسة من قبل المسؤولين عن حماية مستجمعات المياه.

إشراك المجتمع

يجب أن تشارك المجتمعات المحلية في مرحلة التصميم، وذلك لتوضّح الإحتياجات المحلية للمياه وتعطي مصممي الطرق مؤشرات عن فرص ومعوقات حصاد المياه على طول الطرق. هذا سوف يتطلب نمطاً مختلف من العمل بالنسبة لمهندسي الطرق، ولكنه قد يقطع شوطاً كبيراً في الحد من الأضرار الناجمة عن المياه في الطرق –الأمر الذي يعتبر أكثر الأمور تكلفة في إصلاح الطرق حالياً. إشراك المجتمع سوف يساعد أيضا على تحديد الفرص المتاحة لإدخال تحسينات وكذا التوصل إلى تسوية لحقوق الوصول المستقبلية للمياه المحصوده في هذا الوقت.

الشكل ٢. بركة مياه على جانب الطريق

إرشادات للتصميم

تعتبر الطرق تداخلات رئيسية على الأرض الطبيعية، حيث أنها تتداخل مع مجاري التدفقات السطحية و التدفقات تحت السطحية وتعمل على تركيز الجريان السطحي من خلال سطح الطريق والمصارف الجانبية والعرضية (العبارات). وبالاعتماد على طبوغرافية الأرض الطبيعية واستخدام الأراضي، تختلف تقنيات حصاد مياه الطرق وذلك لعدة عوامل مهمة مثل التضاريس، ودرجة ميول المنحدرات، والهيدروجيولوجيا، وسمك التربة.

وبالمثل، فإن النظام الزراعي المحلي السائد مهم جدا. حيث أن نظم المعيشة المختلفة لديها متطلبات مختلفة لحصاد المياه. مثلاً، الري في نطاق الحيازات الصغيرة على المستوى الأسري يكون عادةً نظام ري تكميلي للزراعة المطرية. ففي حال كانت الأمطار شحيحة أو غير كافية وقت احتياجها، فمن الممكن أن يدعم حصاد المياه من الطرق مصادرالمياه أثناء شحتها ونقصانها إما عن طريق استخراج المياه الجوفية التحت سطحية أوعن طريق استخدام منشآت التخزين الصغيرة. تسعى المجتمعات الرعوية في مناطق الرعي لتوفير التغذية لماشيتهم، وفي هذه الحالة فإن تقنيات حصاد المياه التي توزع وتنشر التدفقات كتدفقات صفائحية على المساحات الواسعة هي الخيار المفضل، فعادة ما يستخدم حصاد مياه الطرق للزراعة أو تربية الماشية، غير أنه من الممكن أن تستخدام المياه المحصودة للأغراض المنزلية كذلك– ويتم اتخاذ تدابير للسلامة مثل ترك التدفق الأول للمياه بدون حصاد، واستخدام المياه المحصودة من مستجمعات المياه بشكل رئيسي وليس من سطح الطريق.

مربع ١: مخاوف جودة المياه

من الاهتمامات الواجب مراعاتها عند حصاد المياه من الطرق هو جودة هذه المياه، ولا سيما موضوع احتمالية ظهور الشحوم والزيوت عليها بسبب حركة المرور. كجزء من منحة تحفيز الأبحاث UPGro، تم تقييم جودة المياه في شمال إثيوبيا على طول الطريق السريع (Frewign / Sinkata-Hawzien-Abreha Weatsbeha) باستخدام عينات من المياه عن طريق قياس الثقل النوعي، حيث تم تحليل المياه من الآبار المحفورة والبرك المفتوحة الواقعة بين ١٠-٣٠ متر من الطريق في أربعة مواقع، ولم يتم إكتشاف الزيت / الشحوم في أي من العينات. وبناء على هذا، لا يوجد سبب للقلق حالياً، ولكن هناك حاجة لليقظة والحذر، خصوصا في حالة المسطحات المائية. وفي حالة البدء بحصاد المياه من الطريق لتغذية المياه الجوفية، فإن وسط التربة قد يكون بمثابة فلتر للكثير من المواد البيولوجية والعضوية.

تتفاوت تقنيات تصريف وحصاد المياه اعتماداً على اختلاف الأرض الطبيعية (انظر الجدول ٣).

منطقة الطريق	إمكانية حصاد المياه	قابلية الإنجراف	خصائص التصريف	الإنشاء- الصيانة
الأراضي المنخفضة والهضاب	مواقع (حفر) الردم المستعار، الإنخفاضات الممهدة (المطبات في الطرق الترابية والحجرية)، الخزانات،التصريف العرضي إلى مناطق التغذية، الآبار اليدوية، حفر الآبار السطحية يدوياً ونشر مياه الفيضان. ويمكن استخدام مواقع الردم المستعار كبرك محفورة مع تسرب طبيعي.	تجمع وركود المياه وانهيار طبقات رصف الطريق يمكن ان يسبب مشكلة. والمصارف الجانبية واستقرار الرديمات تعتمد على معايير التصميم	من حيث المبدأ - أكثر الصعوبات في التصريف. تعتمد على خصائص التربة. ردميات/أساس الطريق يمكن أن تتداخل مع التدفقات التحت سطحية والسطحية ، وخصوصا عندما لا يوجد نمط تصريف موضوع بشكل واضح	تكلفة إنشاء منخفضة حيث المواد متوفرة والتربة مستقرة.
الجبال والوديان	يمكن تطبيق عدة تقنيات لحصاد المياه. كتجميع مياه الينابيع والعيون، والتغذية من حفر الردم المستعار وبرك تخزين المياه، وسقايات المياه والخزانات، وتوجيه المياه المتدفقة من المصارف الجانبية / العبارات إلى الحقول والمدرجات القريبة، وإنشاء القنوات من العبارات إلى الحقول، وتوصيل المسارب من سطح الطريق إلى المزارع.	اعتمادا على خشونة السطح، وخصائص التربة والميول. التربة العميقة القابلة للنقل، والمنحدرات الحادة توليد مشاكل الانجراف والانهيارات المتساقطة، خصوصا النحر والتخديد في التصريف الجانبي و تراكم الترسبات في القنوات والعبارات والمنشآت الصغيرة لعبور المياه.	أسهل للتصريف في الميول الإنسيابية (ميل القدم) والميول المتوسطة في المنحنيات الرأسية , اعلى المنحدر، بينما في أسفل الوادي يكون التصريف شديد. التدفقات المتراكمة من / إلى الطرق الجديدة قد تولد مشاكل تصريف.	تعتمد على نوع التربة والصخور والخصائص الجيولوجية، وتعتمد على خشونة السطح، والمنحدر للطرق الفرعية الريفية اهتمام خاص يجب أن يؤخذ للطرق الجديدة التي شيدت فوق / تحت الطرق القائمة والصيانة يجب ان تعالج سبب الأضرار وليس الآثار فقط.

الجدول ٣: وضع الطرق و خصائص الأرض الطبيعية

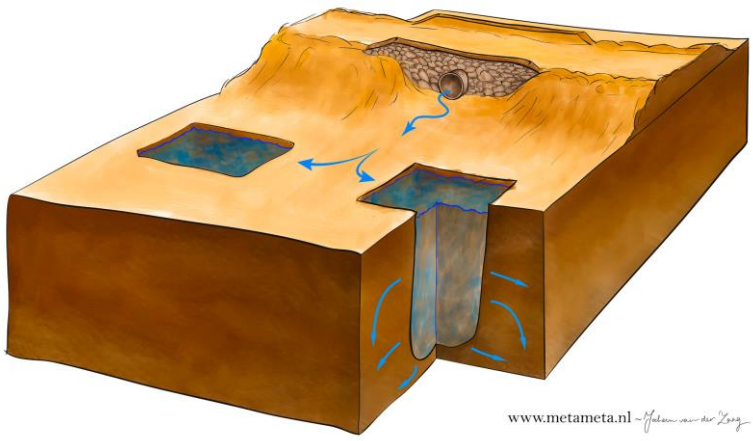
التقنيات الرئيسية

هناك عدد من التقنيات المتاحة لتحقيق الاستخدام الأمثل للطرق في حصاد المياه، وذلك كما هو موضح أدناه:

١	حصاد المياه من المصارف العرضية (العبّارات) والمصارف الجانبية للطريق
٢	حصاد المياه من أسطح الطرق
٣	استخدام مواقع حفرالردم المستعار والمحاجر للتخزين أو التغذية الجوفية
٤	أساس الطريق الذكية
٥	تجميع الينابيع والعيون
٦	المعابر (الجسور السطحية المثقبة) /الجسور السطحية الإيرلندية تستخدم للإحتفاظ بالمياه الجوفية وتوزيع المياه أو استقرار وثبات النهر(الوادي)
٧	حصاد الرمال والتربة من الطرق
٨	الحماية من التآكل والإنجراف في الطرق
٩	الطرق كآليات للسيطرة على الفيضانات
١٠	جسم الطرق كسدود تغذية / برك تغذية صغيرة

١- حصاد المياه من المصارف العرضية (العبّارات) والمصارف الجانبية للطريق

الغرض من العبّارات والمصارف الجانبية هو تصريف المياه بعيدا عن منشاءات الطريق، وغالبا ما يتم ذلك دون الأخذ بعين الاعتبار الفرص التي تمكن منشآت تصريف الطريق من توفيرالمياه للري المباشر، وللتخزين، ولتغذية المياه الجوفية. وباستطاعة المرء أن يناقش ببساطة أن ازاحة الطريق أعلى أو أسفل المنحدر ممكن ان يحسن تجميع المياه من الطريق، وكذلك تحسين المنطقة التي يتم إعادة توزيع المياه اليها. كما ان مسار الطريق المختار سيحدد أيضاً المصارف الطبيعية التي يتم قطعها وكذا موقع القطع، وبالتالي يوفر فرص الاحتفاظ بالمياه في مجرى النهر(الوادي) من خلال المعابر المائية و/ أو الجسور السطحية الإيرلندية كمعابر للطريق في مجاري المياه.



الشكل ٣. توجيه المياه من عبارة الى برك إعادة تغذية للمياه الجوفية

تصميم منشآت التصريف للطريق له تأثير كبير على أنواع الجريان في الارض الطبيعية، حيث أنها تحدد أين يتم تجميع الجريان وكيف يتم تركيزه. والعبّارات (منشآت تصريف عرضية تحت سطح الطريق) تلعب الدور الرئيسي في هذا الصدد. ولهذا فإن موقع وحجم وعدد عبارات الطريق يحدد أنواع تصريف المياه في مستجمعات الطرق. وإذا كان عدد العبارات محدود ومرتبط بالمصارف الجانبية للمنحدرات العلوية فسوف يتركز الجريان في عدد محدود من النقاط، وهذا قد يؤدي إلى خطر الفيضانات المحلية والانجراف أو ترسب الطمي خلال مواسم الأمطار الغزيرة، الأمر الذي يحدث عن غير قصد في طرق اليمن. من ناحية أخرى، عندما يتم إنشاء عدد كبير من العبّارات المتباعدة بشكل جيد، سيتم توزيع الجريان بانتظام أكثر على الأرض الطبيعية، مما سيخدم المزيد من النقاط ولكن مع تدفقات أقل. وبالإضافة إلى العبّارات، فإن المياه تتوزع أيضا من المصارف الجانبية أسفل المنحدر عن طريق المسارب (أو ما يعرف أيضا باسم مخارج المصارف (ميتري) أو التصريف الجانبي).

الشكل ٤ و ٥. برك تجميع المياه من المصارف الجانبية للطريق

الشكل ٦ و ٧. تجميع المياه من مجرى الطريق والذي يتم على التوالي: من التصريف الجانبي (أعلى المنحدر) ومن مسرب التصريف الجانبي في أسفل المنحدر

وكذلك يمكن توجيه المياه المجمعة في المصارف الجانبية مباشرةً إلى الأراضي الزراعية، أو نشرها على أراضي الرعي، مباشرة من المصارف أو من خلال المسارب. ومن الممكن أيضا استخدام هذه المياه لتغذية أحواض التخزين أو برك التغذية الجوفية، وفي الحالة الأخيرة فإن المياه التي تم جمعها تتسرب وتعيد تغذية خزانات المياه الجوفية. وبصرف النظر عن توجيه المياه إلى برك التغذية، فهناك سلسلة من الحفرالامتصاصية أو خنادق الترشيح التي يمكن أيضا أن تستخدم لتغذية الخزانات الجوفية. وميزة استخدام نظم التغذية والتخزين هذه على طول مصارف الطريق هي أنها تساعد على استيعاب وتخزين ذروة تدفق الفيضانات. وعند توجية المياه الى المزارع مباشرة، فإن تقنيات حفظ الرطوبة الشائعة في الري بمياه السيول هي الأنسب للإستخدام مثل التغطية والحرث العميق في المناطق شبه الجافة التي تضمن توفر المياه في وقت لاحق في موسم النمو. (فان ستين برج وآخرون، ٢٠١٠).

في حالة العبّارات، فإن التصريف غالبا ما يكون كبيراً نسبياً. وإذا تم توجيه المياه مباشرة إلى الأراضي الزراعية، غالبا ما يتم ذلك عن طريق نشر المياه الخارجة من العبّارات على مساحة واسعة أو توجيهها إلى خزان تخزين أو بركة تغذية (انظر الشكل ٣)، أوإلى سلسلة من الحفرالامتصاصية. هناك العديد من الأمثلة حيث يقوم المزارعين في بعض الأحيان وبمساعدة من برامج مختلفة من تبطين برك التخزين لتجنب تسرب المياه بعيدا بحيث تبقى متاحة لتزويد البساتين بالمياه بشكل مباشرعلى سبيل المثال. وفي بعض الحالات قد يتم عمل سقف لخزان التخزين، لتحويلها إلى سقايات وتقليل فواقد التبخر الى الحد الأدنى. والمهمة الأخرى وبشكل خاص هي الاستخدامات الراقية للمياه (الاستخدامات المنزلية والشرب)، حيث يتم توجيه التدفق الأول للمياه المحصودة من الطرق بعيداً عن خزان التخزين، لأن المياه عادة تحتوي على تراكمات للمخلفات بين مواسم الامطار.

الشكل ٨ و ٩. سقاية (صهريج) تُملأ من المياه المحصودة من الطرق، والغطاء الحجري يستخدم لتحويل اول تدفق، منطقة الواسطة

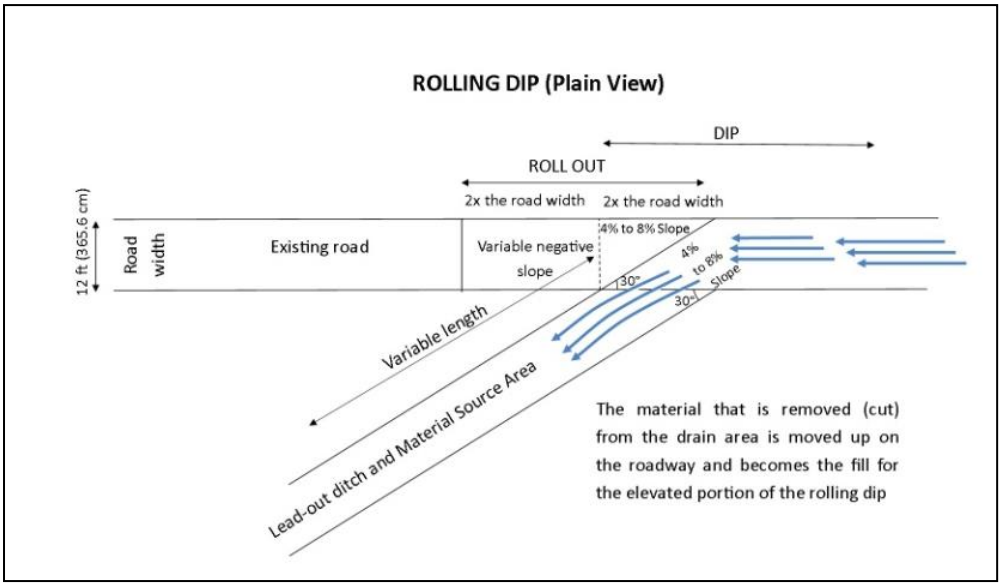
رصف الطريق المدعم
+عبارة ذات بوابة
reinforced road
embankment
+gated culvert
إغلاق
للتدفق
الأول
closing for
first flush
خنادق ترشيح
infiltration trench
نشر المياه
water spreader
برك بغذية
recharge pond
منحدرات إلى الأعلى
حفر امتصاصية
soakpits
upslope
downslope
تغذية
ري مباشر
direct irrigation
منحدرات إلى الأسفل
recharge
تخزين سطحي
surface storage
من العبارة والتصريف الجانبي
FROM CULVERTS AND SIDE DRAIN
حصاد المياه من الطريق
WATER HARVESTING FROM
ROADS
من سطح الطريق والمنخفض المتدحرج
FROM ROAD SURFACE AND
ROLLING DIP
ري مباشر
تخزين سطحي وتغذية
direct irrigation
surface storage and recharge
flood guider
stepped intake
as above but smaller
توجية الفيضان بمأخذ ثابت
مثل الأعلى ولكن أصغر

٢- حصاد المياه من أسطح الطرق

المياه يمكن أن يتم تجميعها من المصارف الجانبية أو العبّارات، ولكن يمكن تجميع الجريان مباشرة من سطح الطريق، حيث أن السطح الغيرمُنفذ نسبيا للطريق يولّد جريانا كبيرا أثناء عواصف الأمطار، وهذا الجريان يمكن أيضا توجيهه مباشرةً إلى الأراضي أوتجميعه في برك تخزين أو منشآت تغذية.

الشكل ١٠ و ١١. الري مباشرة من سطح الطريق والمياه التي تحصد من البردورات الجانبية

ويوصى باستخدام الانخفاضات الممهدة ومخارج المصارف الموجّهه خصوصا في الطرق الفرعية المنحدره. هذه المنشآت هي عبارة عن مطبات مائلة على سطح الطريق يتم بواسطتها جمع مياه الأمطار وتوجيهها إلى الأراضي المحاذية للطرق. الغرض من ذلك هو حماية الطرق، ولكن ومن الواضح أن المياه التي يتم صرفها من الانخفاضات الممهدة تكون أيضا ذات قيمة للأرض المحاذية للطريق. ومن هنا فإن موقع الانخفاضات الممهدة ينبغي أن يأخذ في الاعتبار استخدام المستفيدين من المياه، ففي المناطق الجبلية يتم أيضا جمع المياه من سطح الطريق في انحناءات الطريق.



الشكل ١٢. الانخفاضات الممهدة لتحويل جريان المياه في الطرق الترابية والحصوية

و يمكن تحسين فعالية توزيع مياه سطح الطريق عبر بناء موجّهات صغيرة لمياه الفيضان على طول جوانب الطرق والتي بدورها توجه المياه نحو الأراضي الزراعية— وفي بعض الأحيان مباشرة إلى الأخاديد أو قنوات الحقول. وكذا يمكن تحسين المآخذ إلى الأراضي، وخاصة عندما يكون هنالك فارق في المستوى من خلال مآخذ متدرجة .

الشكل ١٣ و ١٤. موجّه مياه الفيضان (يسار) ومآخذ متدرج (يمين)

٣. استخدام مواقع حفر الردم المستعار والمحاجر للتخزين أو التغذية

قد يتم تجميع المياه في برك أو في خزانات أُنشئت خصيصا لهذا الغرض، ولكن من الممكن أيضا الاستفادة من المنخفضات الموجودة.

في حالة تنمية وتطوير طرق حصاد مياه الطرق، يمكن استخدام (حفر) الردم المستعار والمحاجر بشكل منظم للتخزين أو كبرك تغذية للمياه الجوفية. مواقع الردم المستعارهي الحفريات التي تعمل على تجميع المواد - الرمل والحصى والتربة - المستخدمة في أعمال بناء الطرق – لطبقات التأسيس ولخلط المواد، وعادةً ما تكون قريبة جدا من جسم الطريق، فبعد الانتهاء من أعمال الطريق- إذا لم يتم ردمها - فإن هذه المواقع غالبا ما تترك بدون استخدام. ومع ذلك يمكن تحويل مواقع حفر الردم المستعار والمحاجر إلى خزانات مليئة بالمياه بعد هطول الأمطار أو أنه من الممكن توجيه الجريان السطحي للمياه من الطرق إليها. شكل وحجم البرك لها علاقة بكل من: الأشكال الدائرية والتي تزيد فعالية التخزين ؛ البرك العميقة وتكون فواقد التبخرفيها أقل، حيث أن المداخل المائلة ستسهل تجميع المياه. في مواقع الحفر أو إعادة تشكيل مواقع الردم المستعار، هذه المعايير قد تكون مدرجة مسبقا.

الشكل ١٥ و١٦: المزارعون في وادي تباب - الخبت -منطقة المحويت (اليمن) يستخدموا مواقع (حفر) الردم المستعارفي وادي تباب بالقرب من طريق القناوص – المحويت كبرك للاحتفاظ وإعادة التغذية (يسار)، و مواقع الردم المستعارأصبحت برك للتغذية بالقرب من الرُجُم (يمين).

مربع ٢: استخدام تربة الشق و الصخور الصغيرة

عند شق الطرق في مقاطع القطع، قد تحتوي مواد القطع على تربة علوية خصبة. حيث يمكن الاستفادة من هذه التربة الخصبة لغرض مفيد مرة أخرى. حيث ممكن إعطاءها كتعويض لأصحاب الأراضي المجاورة للطرق. وكما أن المزارعين الذين فقدوا أراضيهم بسبب بناء الطرق قد يستفيدوا من التربة العلوية المزالة بالشق وهذا يمكن أن يتم باستخدامها لبناء أراضي خصبة جديدة.

ومن الاستخدامات الأخرى أيضا خصوصا الأحجار الصغيرة التي يتم استخراجها من المحاجر والتي نتجت كجزء من بناء الطرق يتعلق استخدامها في "التغطية بالأحجار". وخصوصا في مناطق زراعة البن في اليمن حيث توضع الأحجار الصغيرة حول شتلات الأشجار لتغطي الأرض المحيطة بالكامل. والغرض من هذه الممارسة المذهلة هو الحد بشكل كبير من تبخر التربة وأيضا يساعد في تشكيل وتكثيف الندى، حيث أن الأحجار تبرد بشكل كبير في الليل.

الشكل ١٧ و ١٨. التغطية بالأحجار – من أحجار المحاجر المحلية

٤. أُسس الطريق الذكية

قد تتداخل طبقات تأسيس الطريق مع التدفقات تحت السطحية الأساسية التي تغذي الآبار السطحية، حيث أن طبقات تأسيس الطريق تعتمد على نوع الطريق وحجم المرور الذي صمم لتحمله. وقد يكون للطرق المعبدة طبقات تأسيس غير منفذة تقريبا بسمك يعادل ٢-٥ متر، ولكن طبقات تأسيس الطريق المدكوكة ليست شائعة في الطرق الترابية. كما أن طبقات التأسيس والأساس الغير منفذة (الكتيمة) يمكنها إغلاق الينابيع والعيون المحلية والتدفقات تحت السطحية التي تعدل توفر المياه الجوفية السطحية، وكذا تجفيف الآبار السطحية على الطرف الأدنى من الطريق وزيادة منسوب المياه الجوفية على الطرف الأعلى من الطريق، مما يسبب تراكم للمياه وأضرارمحتملة قد تلحق بجسم الطريق. ويعتبر هذا السيناريو قضية خاصة في بعض أراضي المرتفعات المتوسطة .

ويمكن لأنظمة التصريف الجوفية واستخدام المصارف العرضية أن تساعد في حل هذه المشكلة. كما أن طبقات الأساس ذات قابلية النفاذية (المنفذة) أو سلسلة المصارف الجانبية الصغيرة (أو ما تعرف أيضا بخنادق التصريف ومصارف كاليفورنيا)، و المصارف العرضية في الرصف الصلب، والمصارف الترابية (مثال على ذلك: مصرف المهماز (النتوء) والمخرج)، و المصارف تحت الرصف يمكن أن تستخدم جميعها للتحكم بالتدفقات الداخلة إلى طبقات التأسيس للطريق وأساسه (سانتينو فايسكا وآخرون، ٢٠٠٨). كل هذه المنشآت لها هدف أساسي وهو حماية الطريق من تسرب المياه الى منشآتها. ومع ذلك، فإن التنفيذ الدقيق لهذه المنشآت يسمح بالسيطرة على مناسيب المياه الجوفية ومرور المياه الناتجة عن قطع الطريق من المنخفضات العلوية عن المنخفضات السفلى.

الشكل ١٩ و٢٠ و٢١. ردميات الطريق (الصورة على اليسار) يتداخل مع تدفق العين الاساسي التحت سطحي. المياه التي تم اعتراضها تظهر على الجانب الآخر (الصورة في المنتصف) لنقطة تدفق العين (الصورة على اليمين): باستخدام الأساسات القابلة للنفاذية الذكية للطريق يمكن تجنب هذه المشكلة.

٥. تجميع مياه العيون والينابيع

عند مرور الطرق بالمناطق الجبلية وحيث تكون الطرق مبنية في أرض ذات انخفاض كبير، قد يفتح الحفر الينابيع أو العيون من طبقات المياه الجوفية الجبلية، ففي مناطق الحجر الرملي ومناطق الأحواض الرسوبية في اليمن تكون هذه المناطق وبشكل خاص غنية بالينابيع والعيون. وفي حالات أخرى، قد يمر مسار الطريق في أو يعترض الينابيع القائمة أو الموجودة.

هذه الينابيع بحاجة إلى الحماية، حيث انها مصادر ثمينة لإمدادات المياه المحلية. وهناك العديد من الينابيع مستخدمة منذ عدة عقود و قد وضعت لها حقوق للمستخدمين، ولهذا يجب الحرص على أن لايتم تدميرها عند بناء اوشق الطرق— على سبيل المثال تدفن خلف أعمال الحماية في المنحدرات الجبلية. وإذا لم يتم استخدامها، فهذه الينابيع الموجودة على جانب الطريق يمكن أن تلحق الضرر بطبقات أساس الطريق والرصف أو جدران حماية المنحدرات. وكبديل عن ذلك، فإنه من غير المألوف أن يقوم مستخدمي المياه المحليين بإعادة حفرهذه الينابيع المحلية وإلحاق الأضرار بالطرق أو بجدران حماية المنحدرات خلال العملية.

الشكل ٢٢ و٢٣ و٢٤. إهمال متطلبات مصدر العين يؤدي إلى قيام المستخدمين بحفر الجدار الاستنادي (الصورة في الوسط وعلى اليسار) لتتبع منبع العين الذي اختفى بعد بناء الطرق وأعمال حماية المنحدر. وفي حالات أخرى يتم إعادة حفر العيون (الصورة على اليمين) بعد الانجراف

ولذلك إذا كانت هناك مسافة كافية على طول جانبي الطريق، يجب أن يتم بناء أحواض حماية في أعلى المنحدر لجمع مياه الينابيع، كما يجب تبطين المصارف لحماية الميول في اماكن القطع حول الينابيع. وإذا كانت المسافة محدودة والتصريف كبير، فيمكن أخذ المياه من الينابيع من تحت سطح الطرق بواسطة أنابيب أو عبّارات صندوقية إلى منشآت التخزين السطحية أسفل المنحدر، إما برك مفتوحة أو سقايات، مع عمل مفيض لهذه البرك وتوجيهه إلى منطقة إعادة التغذية للمياه الجوفية. ولذلك فإنه يكون من المهم تقدير تصريف تدفقات هذه الينابيع لتحديد الأبعاد الصحيحة لخزانات التجميع وإنشاء منشآت المفيض. كما أن الينابيع الموجودة والتي فتحت حديثا هي مصادر لإمدادات مياه ذات جودة عالية وثمينة ومناسبة للاستهلاك البشري عادةً.

الشكل ٢٥. و٢٦. بركة تخزين مياه الينابيع في أسفل المنحدر وتنقل إليها المياه عن طريق أنبوب (الصورة على اليسار)، وحوض حماية لمياه العين أعلى المنحدر (الصورة على اليمين)

٦. المعابرالمائية / الجسور السطحية الإيرلندية لتغذية المياه الجوفية ونشر المياه أو استقرار قاع النهر (الوادي)

عند عبور الطرق قيعان الأنهار الجافة أو مجاري المياه فإنه من الشائع بناء المعابر المائية (المعروفة أيضا باسم الجسور المنخفضة أو الجسور السطحية الإيرلندية). والاختلاف بين المعابر والجسور الإيرلندية هي أن الجسور الإيرلندية تحوي أنبوب تصريف واحد على الأقل، في حين أن المعابر لا يوجد فيها أي أنبوب تصريف.

أهمية المعابر والجسور السطحية الإيرلندية ليست فقط باعتبارها معابر للطريق ولكن لأنها من الممكن أن تساعد أيضا في الاحتفاظ بالمياه الجوفية في الجهة العلوية لمعبر الطريق ويمكن أن تزيد من نسبة ترشح المياه في الضفاف، ففي الواقع أن المعابر والجسور السطحية الإيرلندية يمكن أن تقوم بدور إضافي لتكون بمثابة سد للرمال، حيث أنه من الممكن إنشائها على ارتفاع أعلى من قاع النهر الجاف لخلق مساحة تخزين أكبر للرمال في الجهة العلوية منها. ومع مرور الوقت سيتم تجميع كمية من الرواسب الخشنة وراءها وسيتم تكُوّن خزانات جوفية محلية صغيرة في المنطقة العلوية لهذه المعابر والجسور السطحية مع إمكانية تخزين المياه والاحتفاظ بها.

واعتماداً على عمق قاع النهر، فإن المعابر تقطع أيضا التدفقات التحت سطحية وتحتفظ بالمياه الجوفية أعلى المجرى المائي – مما يسمح بتطوير الآبار أو بناء منشآت الترشيح للوصول إلى المياه المحتجزة بواسطة المعابر أعلى المجرى المائي. هذه القدرة على التخزين والاحتفاظ بالمياه الجوفية السطحية هي مهمة للغاية في المناطق الجافة، حيث تُحسّن الوصول إلى المياه و توفيرها.
هناك قواعد ذهبية للسدود الرملية يتم تطبيقها في هذه المعابر المتعددة الأغراض أيضاً، وهي كالتالي (نيل، ٢٠١٢):

- يجب أن يتم بناء معبر الطريق على أساس حجري أو أساس في طبقة كتيمة.
- يجب أن يتجاوز عرض المعبر مناسيب الفيضان السنوي مع هامش آمان.
- يجب أن يكون ارتفاع المفيض في معابر السدود الرملية المقترحة من النوع الذي يسمح للنهر بالمروراثناء التدفقات العالية، وبنفس الوقت تترسيب المواد الخشنة خلف السد، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الإغلاق التدريجي للشق بشكل حرف V في المنشأة.
- يجب أن يبنى معبر الطريق بحيث لا يغير مجرى النهر، ويفضل وضعه بزاوية قائمة مع قاع النهر.
- ينبغي إعطاء الاهتمام لمواد مخرجات المعبر خاصة في المناطق المرتفعة(الهضاب)، وذلك لتجنب النحر والانقلاب وانهيار معبر الطريق.

تشترك المعابر مع الطرق في وظيفة أخرى أيضاً ، والتي هي تحقيق الاستقرار في قاع النهر في الأنهار الموسمية الجافة. وخاصة في أنظمة الري بمياه السيول وهذه وظيفة أساسية . لذلك إذا كانت مجاري الأنهارمستقرة ومثبتة بالمعابر أو الجسور الأيرلندية فإن النهر بشكل عام سيبقى مستقر ولن يكون عرضة للنحر العميق. وهذا سوف يساعد على إنشاء منشآءات تحويل مياه السيول (الفيضانات) المؤقتة من الأحجار والرمل أو أغصان الأشجار.

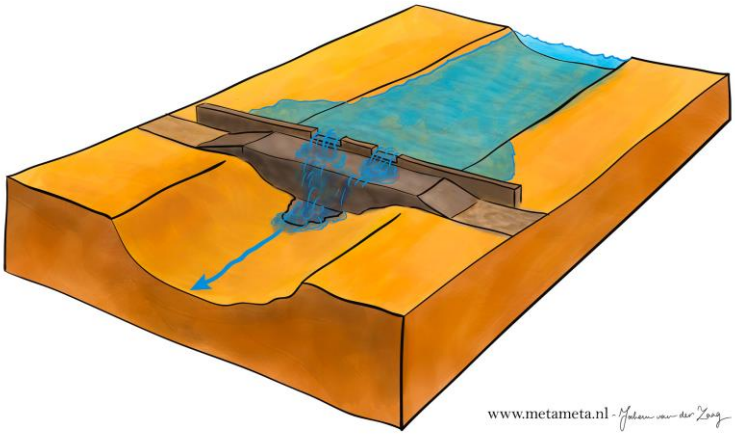
وفي بعض المناطق يمكن أن تستخدم معابر الطريق أيضا لتوزيع ونشر مياه الفيضانات، حيث يتم تمديد المعابر المرتفعة إلى ردميات الطرق في الجانبين، لتوزيع ونشر المياه على مساحة واسعة – مما يساعد في إعادة التغذية وزيادة رطوبة التربة.

الشكل ٢٧ و ٢٨. معبر في الأراضي المنخفضة في وادي سهام بالقرب من قرية واقر (في الصورة على اليسار)، ومعبر في المرتفعات في وادي الحامضة (في الصورة على اليمين).

٧ . حصاد الرمال والتربة من الطرق

الجريان السطحي المنقول خلال منشآت الطريق يحمل رواسب ذات جزيئات متفاوتة الأحجام. هذه الرواسب تصبح مترسبة في المنشآت المختلفة - وخصوصاً خلف عوائق (مُهدئات) النحرداخل المصارف، أو أمام مداخل العبارات على سبيل المثال، أو خلف المعابر التي تتضاعف أكثر لتصبح كسدود الرملية.
يجب إزالة هذه الترسبات، خصوصاً في مداخل العبّارات وعوائق (مُهدئات) النحر لضمان أن هذه المنشآت تؤدي وظائفها بكفاءة. أما تكاليف إزالة هذه الترسبات، فمن الممكن أن تضاف إلى تكاليف الصيانة، إلا أنه وفي كثير من الحالات يتجمع الرمل والتربة كترسبات أيضا، مما يجعل هذه الترسبات تمثل قيمة مفيدة كونه من الممكن استخدامها في أغراض البناء أو لتطوير الأراضي.

منشآت المعابر والجسور السطحية الإيرلندية تعمل على تجميع الترسبات في السدود الرملية (في المنطقة العلوية) وفي مصائد الرمال في المنطقة السفلية (نيسن بيترسن ٢٠٠٦). ومن المهم إزالة تلك الكميات المحصودة (المجمعة) من الرمل في السد الرملي على طبقات أفقية، حتى نضمنأان طبقة جديدة من الرمل الخشن سوف تترسب. وإذا تم أخذ الرمل من السد الرملي على شكل حفر، فعندئذ ستمتلئ هذه الحفر بالطين الناعم، وبالتالي سوف تفقد السعة التخزينية للسد الرملي.



الشكل ٢٩. معبر طريق لمجرى مائي ليصبح سد رملي

٨. الحماية من التآكل والانجراف في الطرق

الحماية ضد التآكل والانجراف اللذان يحدثان بسبب المياه في الطرق تعتبر قضية رئيسية، فالتآكل بالقرب من الطرق يتسبب في أضرار للأرض الطبيعية، وخصوصا الجداول والأخاديد التي تتكون وتتسبب في فقدان التربة للرطوبة.

يلعب تصميم أنظمة تصريف للطرق دوراً رئيسياً في تجنب التآكل والانجراف للطرق، وبشكل خاص التربة الرملية العميقة و التربة الغرينية والتي تكون عرضة للتآكل والانجراف وتتطلب اهتماماً خاصاً إذا تم مرور الطرق عبرها. وهناك عوامل أخرى مثل ضغط المياه المتولد داخل كتلة التربة/ الصخور، وعدم استقرار المنحدرات أو الميول والتدفقات المتركزة عبر أنظمة تصريف الطريق مما يجب معالجته من أجل تجنب عمليات التآكل والانجراف مثل التخدد و هبوط طبقات أساس الطريق .

الشكل ١٠ و٣١. تآكل وإنجراف من جريان من الطريق غير المتحكم به (الصورة على اليسار)، و جريان من طريق متحكم به (الصورة على اليمين)

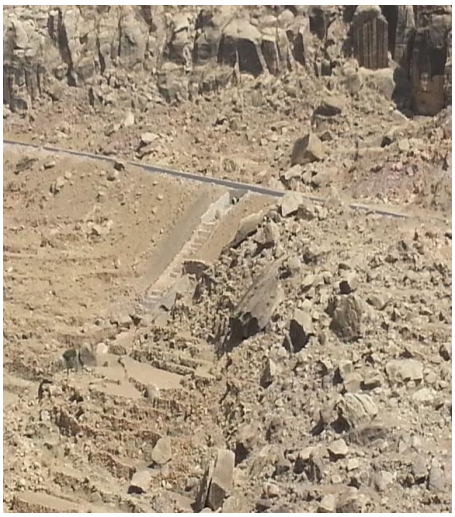
المصدر الرئيسي للتآكل والانجراف هو الأخاديد التي تتكون عند مخارج العبّارات. هذه الأخاديد قد تسبب تآكل خلفي في الأرض الطبيعية – مما سيهدد جسم الطريق نفسه في نهاية المطاف. وهناك عدة طرق للسيطرة على تآكل وانجراف المنطقة السفلية للطريق أحدها هو نشر (توزيع) المياه المباشر في المجرى لكي يبدد طاقة الجريان في المناطق التي تسمح فيها الميول والأرض باستخدام المياه لري الأراضي المجاورة. أما الحماية الأخرى فهي حماية المجرى المائي أعلى المنحدر وأسفل المنحدر للعبّارة وتفادي تآكل ونحر المجاري المائية.

هناك قلق خاص من نحر المنحدر العلوي للطريق، وهذا النحر قد يتسارع إذا تعرقل التصريف عبر الطريق - على سبيل المثال، بسبب أن العبّارة مغلقة بالصخور والاحجار، لذلك فإن تنظيف العبّارات سيضمن أن التصريف العرضي (عبر الطريق) يعمل بشكل جيد ولايعرقل التدفقات التي يحتمل أن تسبب أضراراً في الجزء العلوي للمجرى.

الشكل ٣٢ و ٣٣. مداخل عبّارات مغلقة

من الممكن وضع شريط (رصّة) من الأحجار على طول الطريق في جانب المنحدر السفلي ليعمل كعائق نحر حيثما لايوجد تصريف جانبي، كما في الطرقِ الغير مُعبّدة. مثل هذه الرصة ستضمن نشر المياه بلطف عبر المنطقة أسفل المنحدر لتجنب التدفق أو التآكل. وفي بعض الحالات، يمكن للنباتات المنخفضة أن تؤدي نفس الغرض.

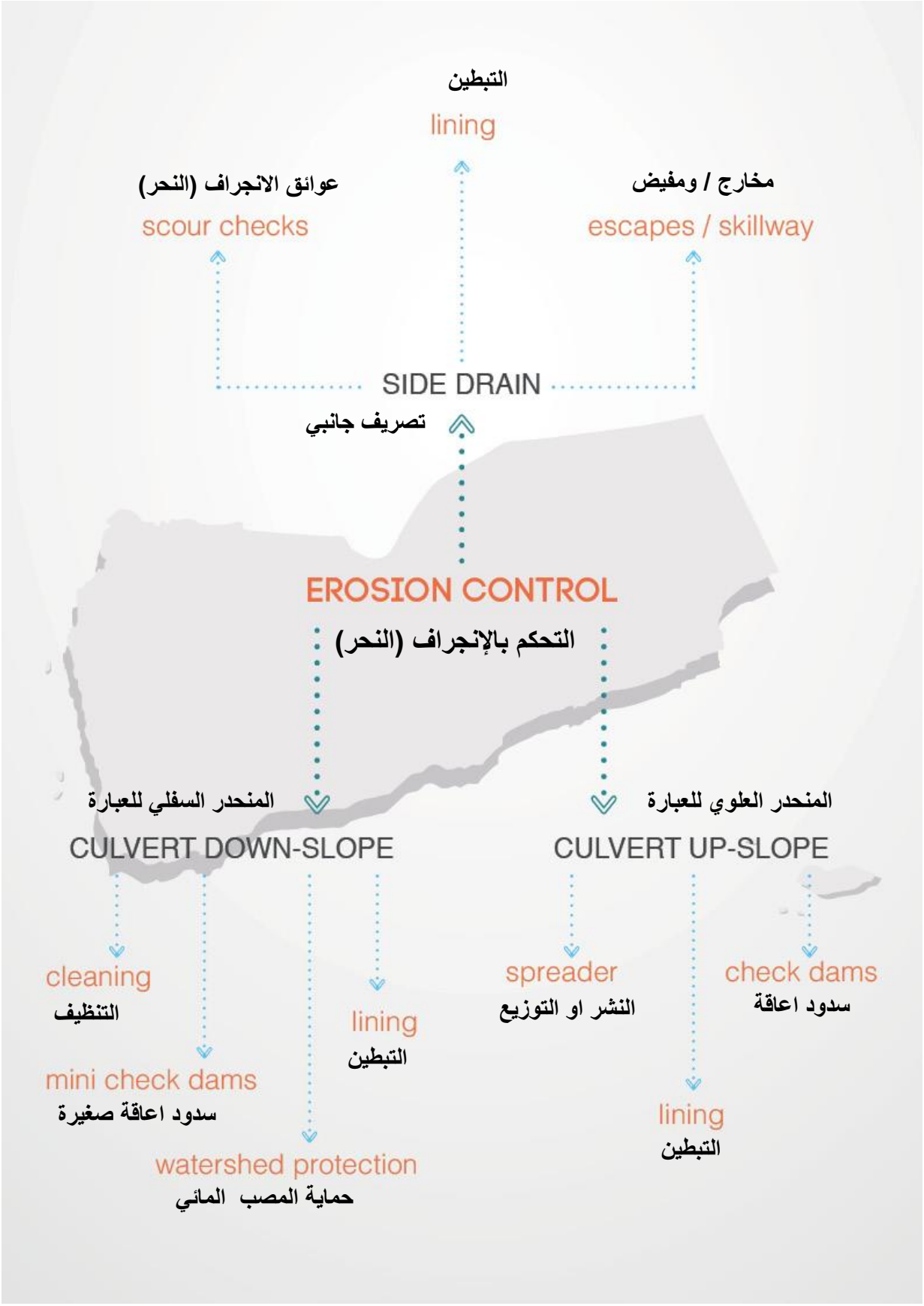
وهناك العديد من التقنيات التي من الممكن أن تعمل على تفادي و/أو معالجة عمليات التآكل، فالجريان السطحي من المصب العلوي وسطح الطريق الإسفلتية عادة ما يصرف من خلال العبّارات والمصارف الجانبية، وهذه التدفقات يمكن توجيهها مباشرة إلى الأراضي , وحفر الردم المستعار , والخنادق العميقة , أو إلى أحواض التخزين.
تآكل الأخاديد ممكن ان يعالج بواسطة إعادة التخضير بالنبات، بهدف تثبيت المجاري و الأخاديد. وفي المصارف الجانبية الحادة الميول أو الأخاديد في المنطقة السفلية، يتم استخدام عوائق (مهدئات) النحر. و عوائق النحر عادة ما تكون منشآت بسيطة ورخيصة تهدف لمنع تآكل وتخديد المصارف الجانبية، ومن الممكت أن يتم تبطينها في المقاطع الحرجة للمصارف الجانبية.



الشكل ٣٤ و ٣٥. مصارف طرق مبطنة

الشكل ٣٧ و ٣٨. عائق (مهدئ) نحر حجري مؤقت في مصرف جانبي مبطن (مربرب)

و بمقياس أكبر، تخفيف الانجراف ممكن أن يطبق من خلال الإدارة الفاعلة للمصب المائي. وبهذا الخصوص، فهناك عدد من التدخلات الموصي بها وهي: أولوية معالجة المصب المائي الأعلى؛ معالجة الأخاديد (المجاري) مبكرا وتحقيق الحد الأدنى لرؤوس الأخاديد (سد الأخاديد)، وكذا إعادة تاهيل المناطق المتأثرة من خلال المواد المحلية المتوفرة البسيطة والمرنة والرخيصة لتكون حلول ممكنة، إضافة إلى ضرورة إدخال مختلف المستفيدين والمكاتب الحكومية الرئيسية والوكالات العاملة في حماية المصب المائي، كما أنه من الضروري إدخال الاستخدام المتعدد للطرق كجزء من برنامج حصاد المياه في إدارة المصب المائي.


التبطين
lining
عوائق الانجراف (النحر)
scour checks
مخارج / ومفيض
escapes / skillway
SIDE DRAIN
تصريف جانبي
EROSION CONTROL
التحكم بالإنجراف (النحر)
المنحدر السفلي للعبارة
CULVERT DOWN-SLOPE
المنحدر العلوي للعبارة
CULVERT UP-SLOPE
cleaning
التنظيف
mini check dams
سدود اعاقة صغيرة
lining
التبطين
watershed protection
حماية المصب المائي
spreader
النشر او التوزيع
lining
التبطين
check dams
سدود اعاقة

٩. الطرق كآليات تحكم (أو سيطرة) للفيضان

طبقات أساس الطرق والردميات المدكوكة تعملان كسدود ترابية، وهي من حيث المبدأ تُجزء أو تقطع الأرض الطبيعية. وفي المناطق المعرضة للفيضانات الدورية الموسمية قد تعمل الطرق كمنظمات للفيضان، ولذلك فموقع الطرق والبنية التحتية للمصارف الرئيسية تكون مهمة، و ممكن أن تساعد في تخفيف الفيضانات.

وهي مهمة أيضا، خصوصا في مناطق المرتفعات حيث تلك الطرق الترابية المنفذه بطرق ملائمة، بالتصريف الكافي، على سبيل المثال آلية تنفيذ المنخفضات الممهدة. مالم، فإنه من الممكن لهذه الطرق أن تتطور بسهولة الى مجاري للفيضان والتصريف الطبيعي – وتؤدي إلى تدمير الطرق والمساحات المحيطة بها.

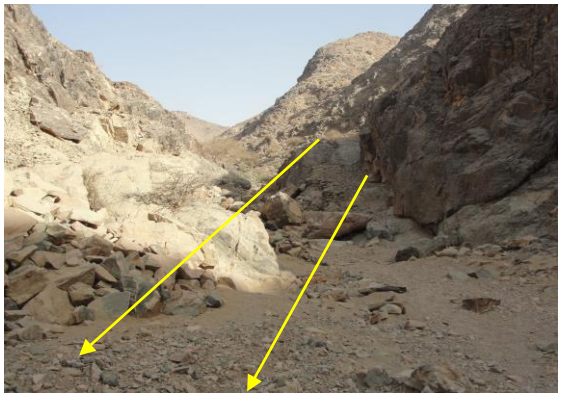
الشكل ٣٩ و٤٠. الحماية للردميات المدكوكة بالخرسانة وهناك حاجز مؤقت صغير لخزن المياه في المنطقة العلوية للطريق (الإمكانية هي استعمال بوبات في مداخل العبارات)

شكل ٤١ و٤٢. خطر تطور الطرق الترابية لتصبح مجرى للفيضان – التصميم المناسب مع استخدام المنخفضات الممهدة وعمل مسارب لتصريف المياه الزائدة يكون مطلوبا

١٠. استخدام جســم الطريق كسد تخزيني / كبرك تخزينية صغيرة

جسم الطريق قد يُستخدم كجسم سد، وذلك يوجد بركة تخزينية للمياه (أنظرأيضاً المربع رقم ٣). ومن الممكن أن يكون مفيض السد جسراً صغيراً أو منخفض (جسر أرضي) أَو عبّارة مياه في الطرق االمعبدة (الإسفلتية)، حيث أن جسم الطريق مجتمعا مع الأرض الطبيعية ممكن أَن يشكل سداً تخزينياً.

الشكل ٤٣ و٤٤. استخدام جسم الطريق كسد تغذية للمياه الجوفية في الطريق الإسفلتية



الشكل ٤٥ و٤٦. موقع محتمل لطريق ريفي فرعي صغير (طرق مداخل للقرى) يعبر مجري وادي صغير، وجسم الطريق ممكن ان يستخدم كسد تغذية / تخزين.

المربع ٣: حاجز(ردميات) الطريق كجزء من خزان مياه

في بعض الحالات، يمكن أن يستخدم حاجز (ردميات) الطريق أيضا كجزء من جسم المياه المحصودة إذا تم وضعه أعلى المنحدر للطريق. جسم الطريق عادةً ما يتطلب حماية إضافية مع تبطين حجري (ربراب) وأكتاف لتفادي ضعف جسم الطريق بواسطة المياه المخزونة، وكذلك فإنه يمكن إغلاق العبّارة لتعبئة بركة المنحدر العلوي. وفي بعض الأحيان وفي دول أخرى تُزوّد العبّارات ببوابات لتصريف المياه الزائدة.

بشكل عام، هناك حاجة لتصميم منشآت حصاد المياه من الطرق كجزء متكامل في أعمال تطوير الطرق لكي تحسن من وظيفة الطرق. و كنتيجة لإنشاء وسائل حصاد المياه من الطرق، فإن ذلك سيجنب الطرق أيضاً ضعفها وعدم استقرارها.

النتائج والتوصيات

اقترحت هذه المذكرة نظاما مبتكرا في إدارة مصادر المياه وتطوير الطرق. وهناك عدد من الأمور المساعدة لهذا النظام كي ينمو ويتطور.

العملية - تكامل العمليات التي تجمع ما بين تطوير الطرق وإدارة المصادر الطبيعية هي المبدأ الأساسي للتطبيقِ الناجح في إدارة المياه وإنشاء الطرق - ويعتبر التفاعل مع المجتمعات على جانبي الطريق من ضمن ذلك.

بناء القدرات - حصاد المياه من الطرق مفهوم مبتكر، وفيه تكون المعرفة الجديدة ومعرفة الكيفية مطلوبة. ويعتبر مهندسي الطرق، وخبراء إدارة المصادر الطبيعية، والخبراء الزراعيين، ومدراء المياه، وأخصائيي المصب المائي هم المجموعات المستهدفة لذلك، علاوة على ذلك، قد يتم تضمين حصاد المياه من الطرق في مناهج الجامعة وفي التدريب المهني.

معايير تصميمِ جديدة - معايير تصميم الطرق مع التطبيق الكلي للأرض الطبيعية/ المصب المائي مطلوبة، والدمج الماهر بين تصريف المياه الجوفية والسطحية مع منشاءات حصاد المياه وتقنيات إدارة المصادر الطبيعية يجب أن يكون متضمنا في مبادئ التصميمِ للطرق، وخصوصا الطرق الريفية.

المنظمات الدولية مثل الإيفاد يمكن أن 'تمهد الطريق' - لضمان أن التأثيرات السلبية للطرق لم تنخفض فقط ولكنها أيضا تغيرت إلى أشياء نافعة، وأن تلك العمليات وتقنيات التصميمِ الجديدة دمجت في برامجِ الإستثمار في الطرق التي يتم دعمها. والمنافع المجنية من المياه المحصودة من الطرق وفيرة وكثيرة. فكما هو مبين من تجربة اليمن وكذا من التجارب في البلدان الأخرى أيضا ومن خلال الآخرين فإن إدارة التآكل والانجراف تمنع الأضرارمن أن تؤثر على الطرق وعلى الأرض الطبيعية المحيطة، كما أن منشآت حصاد مياه الطرق تستخدم لإعادة تغذية المياه الجوفية الضحلة، وخزن المياه السطحيةِ من خلال مواقع الردم المستعار للطرق (الحفر) ومن خلال البرك الضحلةَ يمكن أن يعين في الاستخدامات المنزلية ونشاطات سقاية الماشية، وزيادة أنشطة استخراج الرمل، وتحسين السيطرة على الفيضان، ونشر الفيضان عبر الردميات / المعابر / الجسور المنخفضة / هدارات توزيع المياه، وإعادة تخضير أراضي الرعي، وإشراك المجتمع و توفير فرص للعمال باستخدام تطبيقات التشغيل والصيانة وتخفيض تكاليف الصيانة عبر طرق أكثر مرونة ومنافع للمجتمعات المحلية باستخدام المياه للري والسلعِ الرائجة الأخرى، وإيجاد مصدر إمداد مياه إضافي من خلال السدود الرملية وحصاد مياه العيون.

المصادر الإضافية / والأدوات

للمزيد من المعلومات والمراجع ذات العلاقة يُرجع إلى موقع الويب التالي؛

www.roadsforwater.org

المراجع

Garcia-Landarte Puertas, Diego, Kifle Woldearegay, Lyla Mehta, Martin Van Beusekom, Marta Agujetas Peréz and Frank van Steenbergen (٢٠١٤). Roads for water: the unused potential. In: Waterlines, Waterlines Vol. ٣٣ No. ٢, ١٢٠-١٣٧.

Howe, J. (١٩٨٤) Rural Roads and Poverty Alleviation in Botswana. Rural Roads and Poverty Alleviation. Michigan: Westview Press

Kubbinga, B. (٢٠١٢) Road Runoff Harvesting in the Drylands of Sub-Saharan Africa: Its Potential for Assisting Smallholder Farmers in Coping with Water Scarcity and Climate Change, Based on Case Studies in Eastern Province, Kenya, MSc thesis, amsterdam: Vrije university.

Nissen-Petersen, e. (٢٠٠٦) Water from Roads: A Handbook for Technicians and Farmers on Harvesting Rain Water from Roads, Nairobi: Asal Consultants ltd.
Santinho Faısca, J., Baena, J., Baltzer, S., Gajewska, B., Nousiainen, A., Hermansson, A., Erlingsson, S., Brencic, M. and Dawson, A. (٢٠٠٨) 'Control of pavement water and pollution prevention', in A. Dawson (ed.), Water in Road Structures: Movement, Drainage and Effects, pp. ٢٩٩–٣٥٦, Nottingham: Springer.

Shah, T. (٢٠١٠). Taming the Anarchy: Groundwater Governance in South Asia. IWMI. Washinton: RFP Press.

Steenbergen, F. van, P. Lawrence, A. Mehari, JM Faures and Maher Salman. ٢٠١٠. Guidelines for spate irrigation. Irrigation and Drainage Paper ٤٦. FAO, Rome.

Wester, F, Bron, J., ١٩٩٨ Coping with Water: Water Management in Flood Control and Drainage Systems in Bangladesh. Issue ٤ of Liquid gold special reports, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)

Zeedyk, B. (٢٠٠٦). A Good Road Lies Easy on the Land…Water Harvesting from Low-Standard Rural Roads. The Quivira Coalition, Zeedyk Ecological Consulting, LLC, The Rio Puerco Management Committee – Watershed Initiative, and the New Mexico Environment Department – Surface Water Quality Bureau.

ملحق ١: الطرق التي مسحت لإنجاز هذه المذكرة الإرشادية

مقطع الطريق	طول المقطع (كم)	المنطقة (جبلية / مستوية)	المواد المستخدمة - إسفلتية - حجرية - ترابية	عدد منشآت حصاد المياه من الطرق	عدد المناطق الحرجة ونوعها (تآكل ، فيضان ...الخ)
عمران - حجة	٤٥	جبلية	طريق اسفلتية قديمة	حوالي تسع منشاءات حصاد واكثرمن ست عيون مياه	كثير من مناطق النحر في مخارج العبارات ، وانسداد في مداخل العبارات
حبابه - الطويله	٢٤	جبلية	طريق اسفلتية منفذه حديثا	منشاءة حصاد، واحدة سد إعاقة ترابي ، كثير من العيون ومنشاءات تجميع المياه.	كثير من مناطق النحر في جانب القطع في الطريق، وفي مناطق \المواد الزائدة بسبب الشق، وفي مخارج العبارات
الصباحة - لولوه	١٢	هضبية و مستوية	طريق اسفلتية	منشاءة حصاد مياه واحدة كسد، وكثير من المواقع الممكنة لحصاد المياه	تآكل محدود في بعض مخارج العبارات
طريق صنعاء - المحويت	١٠٠	جبلية	طريق اسفلتية قديمة	موقع واحد حفرة ردم مستعار ، وعشر منشاءات حصاد مياه	الكثير من تآكل التربة في مخارج الجسور الصغيرة والعبارات
طريق القناوص - المحويت	٢٠ و٦٠	مستوية و جبلية	طريق اسفلتية	موقع واحد حفرة ردم مستعار ، واربعة عشر منشاءات حصاد مياه، اكثر من ٢٠ تحويلة للمياه من سطح الطريق الى المزارع، تصريف من نهاية قناة التصريف وبردورات جانبية للأكتاف	منطقتي فيضان في جسر ارلندي (ارضي)، وكثير من تآكل التربة في مخارج العبارات، وفي دنشات التصريف، وفي حامية الاكتاف، في مناطق القطع في مقطع الطريق
بيت الشاحذي (طريق ريفية فرعية – مع الفروع)	١,٣	جبلية	طريق ترابية (مخطط لتكون طريق رصف حجري عبر وحدة الطرق المجتمعية)	منشاءة واحدة للحصاد عبارة عن بركة	وجد تآكل في سطح الطريق ومنه
المراوعه – واقر - القطيع	٢٤	أرض مستوية	طريق اسفلتية	لايوجد	تآكل في جوانب الطريق عن طريق تدفق الفيضان من سطح الطريق وبعض العبارات
مدخل قرية الدوم (طريق ريفية فرعية)	٠,٨	أرض مستوية	طريق مرصوف بالاحجار (حجري)	لايوجد	الفيضان في موسم الامطار يمنع وسائل النقل من دخول القرية قبل التخل، تآكل في جوانب الطريق نتيجة عبور الفيضان
قرية بيت السيد (طريق ريفية فرعية)	١,٩	أرض مستوية	معبدة بطبقة الاساس (مخطط لسفلتتها)	لايوجد	تآكل في سطح وجوانب الطريق يسببه الفيضان
طريق قرية الزغفة (طريق ريفية فرعية)	٠,٨٥	أرض مستوية	طريق معبدة بالحجر (حجرية)	لايوجد	الفيضان في موسم الامطار يمنع وسائل النقل من دخول القرية قبل التخل، تآكل في جوانب الطريق نتبجة عبور الفيضان
قرية الساحلي (طريق ريفية فرعية)	٢,٥	أرض مستوية	طريق معبدة بالحجر وجزء طريق ترابي	فقط بعض قنوات الري تمر تحت الرصف الحجري	الفيضان في موسم الامطار يمنع وسائل النقل من دخول القرية قبل التخل، تآكل في جوانب الطريق نتبجة عبور الفيضان
العرة و الشلال (طريق ريفية فرعية مع الفروع)	٨,٥	جبلية	طريق معبدة بالحجر (حجرية)	فقط قناة عين تمر تحت الرصف الحجري وبعض التحدبات (المطبات) لتحويل المياه من سطح الطريق الى المزارع	منطقة واحدة حرجة للفيضان في منطقة قطع الجسر الارلندي

ملحق ١: الطرق التي مسحت لإنجاز هذه المذكرة ألإرشادية (تابع الجدول)

مقطع الطريق	طول المقع (كم)	المنطقة (جبلية / مستوية)	المواد المستخدمة - اسفلتية - حجرية - ترابية	عدد منشاءات حصاد المياه من الطرق	عدد المناطق الحرجة ونوعها (تآكل ، فيضان ...الخ)
بيت راصع (طريق ريفية فرعية)	٩	جبلية	طريق ترابية مع رصف حجري في المقاطع الحرجة الخشنة	بعض المبادرات لتحويل المياه من سطح الطريق الى المزارع	الكثير من مجاري المياه تقطع الطريق والكثير من التنكل بسبب المياه
طريق بني عراف	٤,٢	جبلية	طريق ترابية مع رصف حجري في المقاطع الحرجة الخشنة	منشائتين حصاد مياه ، بردورات حجرية ناشفة لتوجية المياه	الكثير من مجاري المياه تقطع الطريق والكثير من التآكل بسبب المياه
بيت اللعفي	٣,٥	جبلية	طريق ترابي	ثلاث منشاءات حصادمياه وتقنية تخزين المياه في المدرجات باستخدام التغطية الحجرية.	الكثير من مجاري المياه تقطع الطريق والكثير من التنكل بسبب المياه، وتآكل الحافة الخارجية

META

Water and Environment Centre

Spate Irrigation Network

International Fund for Agricultural Development
Via Paolo di Dono, 44 - 00142 Rome, Italy
Tel: +39 06 54591 - Fax: +39 06 5043463
E-mail: ifad@ifad.org
www.ifad.org
www.ruralpovertyportal.org
ifad-un.blogspot.com
www.facebook.com/ifad
www.twitter.com/ifadnews
www.youtube.com/user/ifadTV