كدانة
KIDANA

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI

عرض تقديمي

عن المحطات الحرجة والأكثر خطورة

مشروع تقييم مخاطر المنحدرات والانهيارات الصخرية
في المشاعر المقدسة

تنويه هام

تقييم أولي قابل للتحديث والتحسين

- تمثل هذه الدراسة الخاصة بالمحطات الحرجة والأكثر **خطورة تقييماً أوليا** (Preliminary Assessment) **وليست الدراسة النهائية**، حيث استندت في هذه المرحلة إلى نتائج المسوحات الميدانية والقياسات الحقلية وفقا لنطاق الأعمال المعتمد ووثائق المسح الميداني وخطة العمل وجدول الكميات للمشروع.

- وسيتم **تطوير هذا التقييم وتحديثه تدريجياً** بعد استكمال المرحلة الثانية الخاصة بالتحليل والنمذجة الهندسية باستخدام البرامج المتخصصة، ثم استكمال المرحلة الثالثة التي تتضمن إعداد الحلول الهندسية التفصيلية والتوصيات التنفيذية لكل موقع وفق نتائج التحليل النهائي.

- وعليه، فإن التصنيفات الحالية والنتائج الواردة في هذه الدراسة تعد **نتائج أولية قابلة للتحديث والتحسين** حتى اكتمال جميع مراحل المشروع واعتماد المخرجات النهائي.

مراحل العمل والدراسة

01 المرحلة الأولى
المسوح الميدانية والقياسات الحقلية وتجميع البيانات

02 المرحلة الثانية
التحليل والنمذجة الهندسية باستخدام البرامج المتخصصة

03 المرحلة الثالثة
إعداد الحلول الهندسية التفصيلية والتوصيات التنفيذية لكل موقع

محتويات العرض

المحتويات	رقم الصفحة
جدول المحتويات	3
التعريف بالمشروع وأهميته	4
المنهجية العلمية لتقييم المحطات الحرجة ومخاطر المنحدرات الصخرية	6
مبدأ التقييم المعتمد	7
المعايير المستخدمة في منهجية التقييم	8
مصادر البيانات المستخدمة	9 – 10
المحاور الرئيسية لنموذج تقييم المحطات الحرجة والانهيارات الصخرية	11
نموذج تقييم المخاطر المعتمد على تكامل 5 محاور	12
تحويل المدخلات إلى مؤشرات معيارية	13
تحويل البيانات إلى مؤشرات معيارية	14
آلية الحساب والدمج النهائي	15
موثوقية المنهجية العلمية	16
مخرجات المنهجية	17

المحتويات	رقم الصفحة
التصنيف النهائي للمحطات	19
تحليل القطاعات الجغرافية التي تضم المحطات الحرجة	20
توزيع المحطات الحرجة وفئاتها داخل منطقة الدراسة	21
توزيع المحطات وفق فئات الخطورة	22
توزيع المحطات الحرجة داخل القطاعات المكانية للدراسة	23
1 المحطات الحرجة داخل القطاع الأول	26 – 26
2 المحطات الحرجة داخل القطاع الثاني	27 – 31
3 المحطات الحرجة داخل القطاع الثالث	32 – 34
4 المحطات الحرجة داخل القطاع الرابع	35 – 37
5 المحطات الحرجة داخل القطاع الخامس	38 – 40
6 المحطات الحرجة داخل القطاع السابع	41 – 43
7 المحطات الحرجة داخل القطاع الثامن	44 – 46
التوصيات	48 – 49

التعريف بالمشروع وأهميته

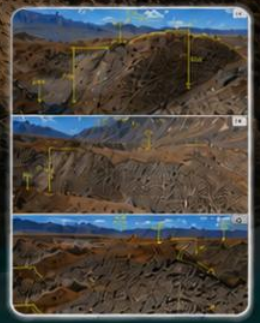
يهدف هذا المشروع إلى حصر وتقييم وتصنيف المحطات الحرجة على طول نطاق الدراسة، لتحديد المواقع ذات الخطورة المرتفعة وترتيبها حسب الأولوية للتدخلات المناسبة.

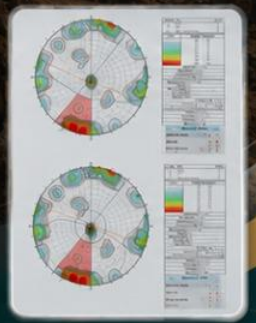
- ❑ وضع إطار علمي ومنهجي لحصر المحطات وتقييمها وتصنيفها وفق نموذج تصنيفي موحد لدعم قرارات التدخل والمعالجة
- ❑ تحديد المواقع التي تمثل مستويات خطورة مرتفعة أو حرجة، وترتيبها حسب الأولوية بما يدعم قرارات التدخل والمعالجة على أسس موضوعية قابلة للتنفيذ
- ❑ تحليل وتفسير بيانات 506 محطة للتعرف على المواقع ذات الخطورة المرتفعة وترتيبها بحسب أولوية التدخل باستخدام التحليل متعدد المعايير.
- ❑ التعرف على المواقع ذات الخطورة المرتفعة أو الحرجة، وترتيبها بحسب أولوية التدخل الفني وفقًا لمؤشرات كمية موحدة.

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI

كدانة
KIDANA

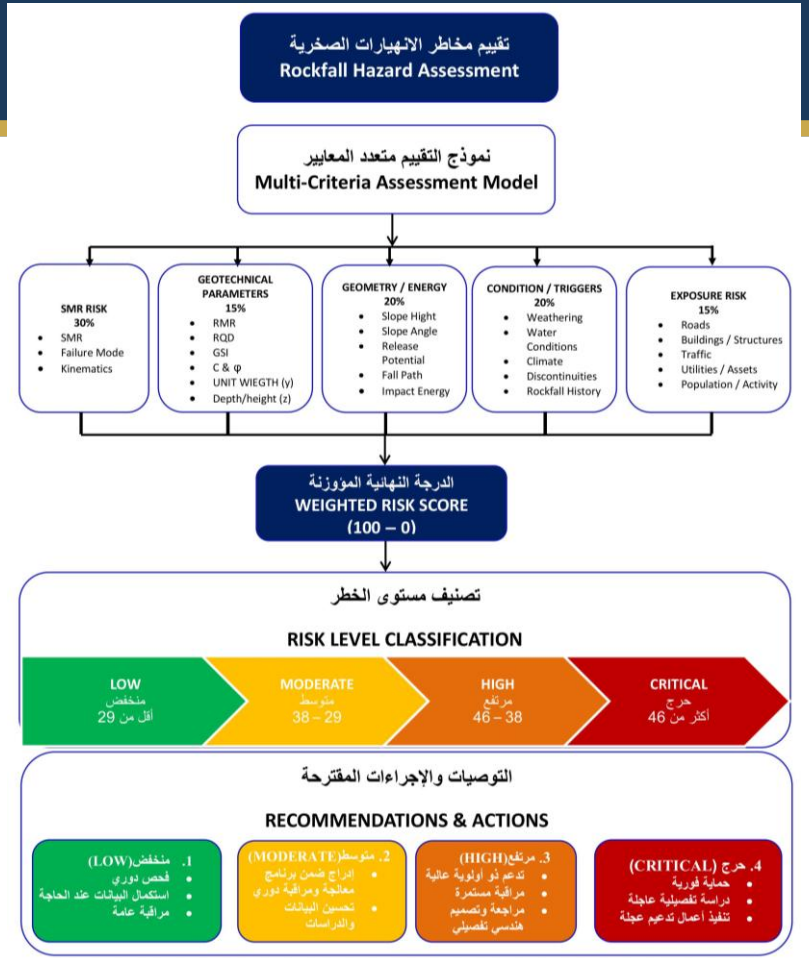
منهجية الدراسة





- تحديد المحطات الحرجة وأولويات التدخل
- تقييم المخاطر وتصنيف المحطات
- مسوحات جيولوجية وجيوتقنية
- مسح LiDAR
- مسح جوي (Drone)
- تقييم دقيق وتصنيف علمي
- تحديد الأولويات لدعم قرارات التدخل
- سلامة الإنسان أولاً

المنهجية العلمية لتقييم المحطات الحرجة ومخاطر المنحدرات الصخرية:



مبدأ التقييم المعتمد

Risk Assessment Philosophy

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI

كدانة
KIDANA

01 قابلية الفشل الصخري
Failure Susceptibility

تعبر عن:

- حالة الكتلة الصخرية وجودتها
- كثافة واتجاهات الفواصل الصخرية
- درجة التجوية والتغيرات في الصخور
- احتمالية حدوث الفشل الصخري

02 حجم وتأثير الانهيار المحتمل
Event Magnitude

تعبر عن:

- حجم الكتل الصخرية المحتملة الانفصال
- طاقة السقوط والحركة المحتملة
- مسافة الحركة والامتداد المتوقع
- شدة الانهيار وتأثيره المحتمل

03 العوامل المحفزة للانهيار
Triggering Factors

تعبر عن:

- المياه (تسرب، أمطار، تجمعات)
- التجوية والتغيرات الحرارية
- الزلازل أو الاهتزازات (إن وجدت)
- التفجيرات والأعمال الإنشائية

04 العناصر المعرضة للخطر
Exposure & Consequences

تعبر عن:

- الطرق ومسارات الحركة
- المنشآت والبنية التحتية
- الأشخاص والحركة البشرية
- الخدمات والمرافق الحيوية

قابلية الفشل ← حجم الانهيار ← العوامل المحفزة ← العناصر المعرضة للخطر ← درجة الخطورة النهائية

لا تعتمد المنهجية على عامل منفرد، بل على دمج الخصائص الجيولوجية والجيوتقنية وهندسة المنحدر والعوامل المحفزة ومستوى التعرض للخطر ضمن نموذج تقييم متعدد المعايير (Multi-Criteria Risk Model).

المعايير المستخدمة في منهجية التقييم:

#	المجموعة	الوزن	المعايير الداخلة فيها
1	مخاطر الانهيار الصخري (SMR Risk)	30%	تقييم SMR واحتمالية الفشل الصخري (انزلاق مستوي Plane أو انقلابTopplling)
2	الخصائص الجيوتقنية للصخر (Core Geotechnical)	15%	RMR، RQD، GSI، التماسك(c) ، زاوية الاحتكاك(ϕ) ، الوزن الحجمي(γ) ، العمق أو الارتفاع(Z)
3	هندسة المنحدر وطاقة السقوط (Geometry / Energy)	20%	ارتفاع المنحدر، زاوية الميل، إمكانية انطلاق الصخور، وطاقة السقوط المتوقعة
4	حالة المنحدر والعوامل المحفزة (Condition / Triggers)	20%	حالة الفواصل، التجوية، التعرية، المياه، المناخ، سجل الانهيارات السابقة
5	التعرض والخطورة على العناصر المحيطة (Exposure)	15%	الطرق، البنية التحتية، الحركة المرورية، المنشآت والأصول المعرضة للخطر

1- مخاطر الانهيار الصخري (SMR Risk):
تقييم SMR واحتمالية الفشل الصخري (انزلاق مستوي Plane أو انقلابTopplling)

2- الخصائص الجيوتقنية للصخر (Core Geotechnical):
RMR، RQD، GSI، التماسك(c) ، زاوية الاحتكاك (ϕ)، الوزن الحجمي(γ) ، العمق أو الارتفاع(Z)

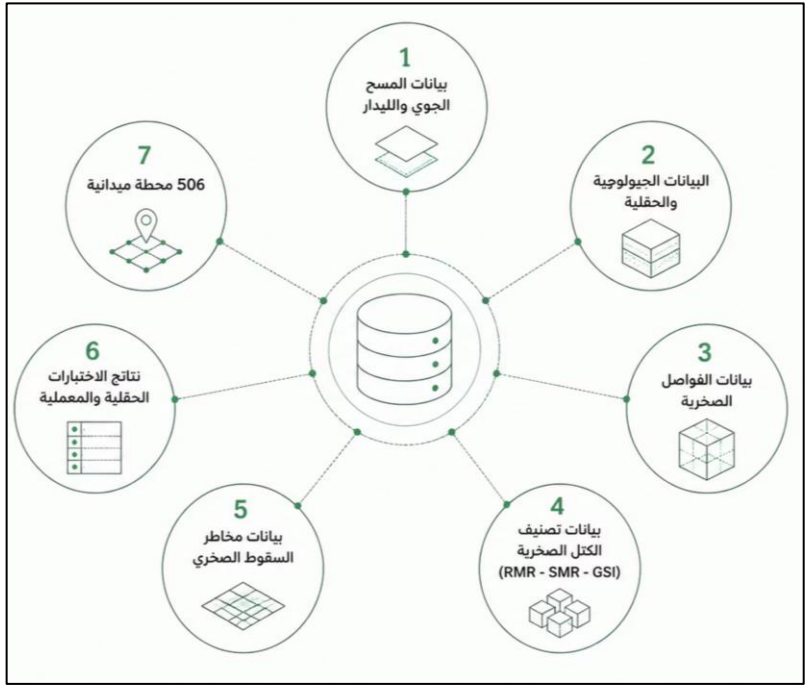
3- هندسة المنحدر وطاقة السقوط (Geometry / Energy):
ارتفاع المنحدر، زاوية الميل، إمكانية انطلاق الصخور، وطاقة السقوط المتوقعة

4- حالة المنحدر والعوامل المحفزة (Condition / Triggers)
حالة الفواصل، التجوية، التعرية، المياه، المناخ، سجل الانهيارات السابقة

5- التعرض والخطورة على العناصر المحيطة (Exposure):
الطرق، البنية التحتية، الحركة المرورية، المنشآت والأصول المعرضة للخطر

مصادر البيانات المستخدمة :

اعتمد تقرير المحطات الحرجة على قاعدة بيانات ميدانية متكاملة تم تطويرها خلال المرحلة الأولى من المشروع:



م	قاعدة البيانات المستخدمة في تقرير المحطات الحرجة	الغرض من البيانات
1	مسح باستخدام الطائرة بدون طيار(Drone Survey)	توثيق المنحدرات وإنتاج النماذج والصور الجوية عالية الدقة
2	مسح باستخدام تقنيةLiDAR	إنتاج نماذج التضاريس والرفع ثلاثي الأبعاد عالي الدقة
3	المسح الاستطلاعي(Reconnaissance Survey)	حصر المحطات وتوثيق الظروف الميدانية العامة
4	الخرائط الجيولوجية الميدانية (تشمل التصريف والمجاري)	توصيف الوحدات الصخرية والخصائص الجيولوجية والمجاري الطبيعية
5	مسح الفواصل الصخرية(Discontinuity Survey)	تحديد خصائص واتجاهات الفواصل والبنيات الصخرية
6	تصنيف الكتل الصخرية(RMR, SMR, GSI)	توصيف جودة الكتل الصخرية وحالة المنحدرات
7	مسح مخاطر السقوط الصخري(Colorado Method)	حصر وتوثيق مظاهر ومؤشرات السقوط الصخري
8	اختبارات (Point Load) 4 عينات لكل محطة	تحديد الخصائص الميكانيكية الأولية للصخور
9	اختبارات الضغط غير المحصور (UCS) 6 عينات لكل محطة	تحديد مقاومة الصخور وخصائصها الهندسية

مصادر البيانات المستخدمة :

1- مصادر بيانات مكانية وموقعية

تشمل: X (UTM) - Y (UTM) - Station ID - Chainage - -
موقع المحطة على المسار أو القطاع
الغرض منها: تعريف المحطة مكانياً - الربط مع الخرائط والمسارات - الربط مع التقارير والصور والمخرجات التنفيذية

2- مصادر بيانات جيولوجية/جيوتقنية أساسية:

تشمل: RMRbasic - RQD - GSI - c - γ - ϕ - Z
مصدرها عادة: الرفع الميداني - توصيف الكتلة الصخرية - نتائج الجسات أو الاختبارات إن وجدت - الحكم الجيولوجي/الجيوتقني المباشر بالموقع المراجع الفنية أو التقديرات الهندسية في حال نقص بعض القياسات

3- مصادر بيانات بنيوية وهندسية

تشمل: اتجاه وميل المنحدر - اتجاه وميل الفواصل - نوع الفشل - طريقة الحفر أو التشكيل
عناصر F1/F2/F3/F4 -قيمة SMR
مصدرها: القياسات الحقلية - توصيف الأسطح الضعيفة - التحليل البنيوي - الملاحظة المباشرة للمنحدر - هندسة القطاعات الصخرية

4- مصادر بيانات مورفولوجية وميدانية

تشمل: ارتفاع المنحدر - طول القطاع - ميل المنحدر - استمرارية المنحدر - حجم الكتل - كمية المواد المحتمل سقوطها في الحدث الواحد
مصدرها: القياسات الميدانية - المعاينة المباشرة - التقدير الهندسي - الصور والرفع المرئي نتائج الفريق الميداني

5- مصادر بيانات الحالة والتحفيز

تشمل: Structural condition - Rock friction - Differential erosion - Climate / precipitation - Water on slope - Rockfall history
مصدرها: الملاحظة الميدانية المباشرة - سجل الموقع - آثار سقوطات سابقة - مؤشرات الرشح أو الماء - التعرية الظاهرة - الظروف المناخية العامة للموقع

6- مصادر بيانات الانكشاف والتأثير

تشمل: قرب المستقبلات - التعرض المروري - وجود طريق/ممر/منشأة/تشغيل/أشخاص
مصدرها: المسار العام للمشروع - الخرائط التشغيلية - الرفع الموقعي - الاستخدام الفعلي للموقع - كثافة المرور أو التعرض

المحاور الرئيسية

لنموذج تقييم مخاطر المحطات الحرجة والانهيارات الصخرية

Multi-Criteria Risk Model

يعتمد النموذج على دمج خمسة محاور رئيسية، يتم تحويل كل محور إلى مؤشر معياري (0 – 100). ثم دمجها في مؤشر نهائي يمثل مستوى الخطورة الكلي للمحطة.

درجة الخطورة النهائية

01 الخصائص الجيوتقنية
Core Geotechnical

- توصيف نوع الصخور والخصائص الميكانيكية (RMR, GSI)
- تصنيف جودة الكتلة الصخرية
- فواصل الصخور: الكثافة، الاتجاه، الاستمرارية
- درجة التجوية والتحوير
- الخصائص الفيزيائية والمختبرية للصخور

02 الوضع البنيوي والهندسي
SMR

- تقييم استقرار المنحدرات وفق نظام (SMR)
- اتجاه وميل الفواصل بالنسبة للمنحدر
- نوعية الانهيار المحتمل (سقوط، انزلاق، انقلاب)
- هندسة وارتفاع وطول المنحدر
- أعمال الحماية والمنشآت القائمة

03 الخصائص المورفولوجية والطاقة
Geometry / Energy

- انحدار المنحدر وارتفاعه
- شكل المنحدر (مقعر، محدب، مركب)
- حجم الكتل المحتملة وانفصالها
- طاقة الحركة المحتملة ومسافة السقوط
- تضاريس القاع ووجود مصاطب طبيعية

04 الحالة التشغيلية والعوامل المحفزة
Condition / Triggers

- تأثير المياه (تسرب، أمطار، سيول)
- التجوية والأملاح والتغيرات الحرارية
- الزلازل أو الاهتزازات (إن وجدت)
- الأنشطة البشرية (تفجير، حفر، قطع)
- تاريخ السقوط والانهيارات السابقة

05 مستوى التعرض والتأثير
Exposure

- الطرق ومسارات الحركة
- المنشآت والبنية التحتية
- تجمعات الحجاج والمنشآة
- الخدمات والمرافق الحيوية
- حجم الأثر المحتمل على الأرواح والممتلكات

لا تعتمد المنهجية على عامل منفرد، بل على دمج الخصائص الجيولوجية والجيوتقنية وهندسة المنحدر والعوامل المحفزة ومستوى التعرض للخطر ضمن نموذج تقييم متعدد المعايير.

النتائج النهائي

درجة الخطورة النهائية (0 – 100)

لتحديد الأولويات وقرارات التدخل والمعالجة

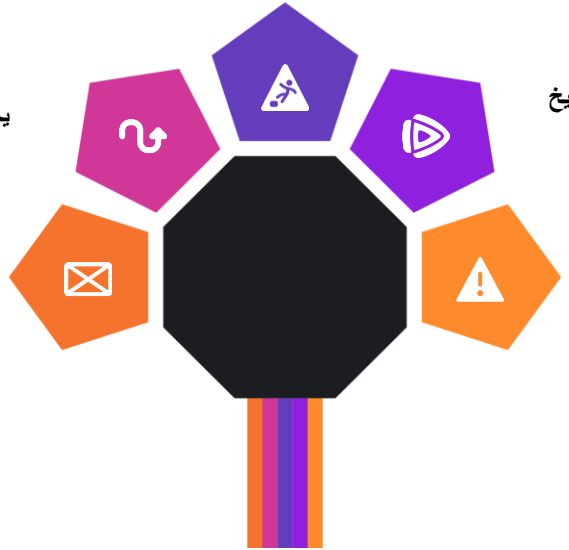
نموذج تقييم المخاطر المعتمد على تكامل 5 محاور

كيف يجمع نموذج (Multi – Criteria Risk Model (MCRM)) بين البيانات الجيوتقنية ومستوى التعرض في مؤشر واحد؟

الخصائص المورفولوجية
تركز على طاقة السقوط الكامنة من خلال الارتفاع والحجم والكتل المتوقعة.

العوامل المحفزة
ترصد التغيرات الديناميكية مثل تأثير المياه، التعرية، والتاريخ السابق للسقوط.

الوضع البنيوي (SMR)
يحلل العلاقة بين ميل المنحدرواتجاه الفواصل الصخرية لتحديداحتمالات الانهيار.



مستوى التعرض
يحدد قيمة الأثر من خلال قربالطريق، الكثافة المرورية، ووجودمنشآت أو أشخاص.

الخصائص الجيوتقنية
تمثل القلب النابض للتقييم من خلالقياس قوة وتماسك الكتلة الصخريةالأساسية.

تم توحيد المقاييس من 0الي 100لتصبح قابلة للمقارنة والدمج في الدرجة النهائية

#	المجموعة	المدة الفعلي (Min - Max)	المتوسط
1	مخاطر الانهيار الصخري(SMR Risk)	85.0-6.0	37.35
2	الخصائص الجيوتقنية للصخر(Core Geotechnical)	86.7-5.0	38.72
3	هندسة المنحدر وطاقة السقوط(Geometry / Energy)	100.0-33.3	33.67
4	حالة المنحدر والعوامل المحفزة(Condition / Triggers)	40.7-25.9	40.63
5	التعرض والخطورة على العناصر المحيطة(Exposure)	75.0-25.0	25.94

تحويل البيانات إلى مؤشرات معيارية:

التوحيد القياسي

دمج الدرجات الفرعية لكل مجموعة لإنتاج درجة نهائية للمحطة تعكس الخطر الكلي.

المعادلة الرياضية

الخطورة =ناتج تفاعل (قابلية الفشل ×شدة الحدث ×المحفزات × الأثر المتوقع)

الدقة الميدانية

اعتماد التقييم على التكامل بين الأبعاد الأربعة بدلاً من عامل منفرد قد يكون مضللاً.

الموثوقية العلمية

تصميم يسمح بالتحديث المستمر للبيانات فور حدوث تغيرات ميدانية مما يجعل النموذج حياً.

آلية الحساب والدمج النهائي

تمر عملية الحساب بمراحل متسلسلة تنتهي بـ Final Critical —درجة موحدة تعكس مستوى الخطورة الكلي للمحطة.

إدخال البيانات

البيانات الميدانية والجيوتقنية

التحويل إلى Scoring

تحويل القيم إلى درجات

التطبيق

إلى Normalization 0–100

حساب المؤشرات

احتساب المؤشرات الفرعية الخمسة

الدمج النهائي

دمج في Final Critical Score v3

المنهجية المحافظة Conservative Screening Methodologyتضمن أن المحطة لا تُصنَّف حرجة إلا عند اجتماع: ضعف الوسط + ملاءمة الفشل + شدة الحدث + وجود محفزات + ارتفاع أثر العواقب.

موثوقية المنهجية العلمية

Methodology Reliability

01 معايير علمية

يعتمد على معايير علمية معتمدة وأطر هندسية معترف بها.

02 قابلية التطبيق

قابلة للتطبيق على نطاق واسع في مختلف المواقع الجغرافية والظروف.

03 الاتساق

تحقق الاتساق بين جميع المحطات عبر نفس معايير القياس والتحليل.

04 التحديث المستمر

تسمح المنهجية بالتحديث المستمر وفق البيانات الجديدة والمستجدات.

05 دعم القرار

توفر مخرجات واضحة وموثوقة تدعم اتخاذ القرار الموضوعي.

06 التوازن

تحقق التوازن بين الدقة التحليلية والمرونة في التنفيذ والموارد المتاحة.

مخرجات المنهجية

Methodology Outputs

تُترجم المنهجية إلى مخرجات عملية تدعم اتخاذ القرار وتُسهم في إدارة المخاطر بكفاءة وضمان سلامة واستدامة العمليات.

تحديد المحطات

تحديد مواقع المحطات الأعلى خطورة

تصنيف الخطورة

حساب مستوى المخاطر لكل موقع

تقييم المحطات

تقييم موحد الجميع محطات الحرجة

Priority Rank

نظام لترتيب الأولويات بناءً على مستوى الخطورة

دعم القرارات

دعم قرارات المعالجة والحماية

مؤشرات تفسيرية

مؤشرات تفصيلية لكل محطة بشكل مستقل

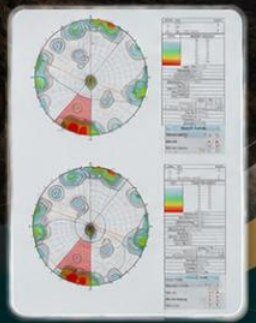
أولويات التدخل

ترتيب خطط العمل حسب الأولوية والاحتياج

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI

كدانة
KIDANA

النتائج



- تحديد المحطات الحرجة وأولويات التدخل
- تقييم المخاطر وتصنيف المحطات
- مسوحات جيولوجية وجيوتقنية
- مسح LiDAR
- مسح جوي (Drone)
- تقييم دقيق وتصنيف علمي
- تحديد الأولويات لدعم قرارات التدخل
- سلامة الإنسان أولاً

التصنيف النهائي للمحطات:

بعد احتساب الدرجة النهائية، تُصنَّف كل محطة إلى إحدى الفئات الأربع، مع تحديد الإجراء المناسب لكل فئة.

1

- خطورة منخفضة (Low):
متابعة دورية فقط

2

- خطورة متوسطة (Moderate):
مراقبة وتحسين تدريجي

3

- خطورة عالية (High):
تدخل جزئي سريع

4

- خطورة حرجة (Critical):
تدخل عاجل، دراسة تفصيلية، تصميم حماية، أولوية تنفيذية قصوى

⚠ **المحطات الحرجة (Critical) تستدعي تدخلاً فورياً ولا يجوز تأجيل معالجتها**

تحليل القطاعات الجغرافية التي تضم المحطات الحرجة:

تم تحديد 65 محطة حرجة تتركز ضمن ثمانية قطاعات رئيسية ذات أنماط مكانية وخصائص متشابهة

التوزيع القطاعي:
المحطات الحرجة لاتتوزع عشوائياً، بل تتركز في قطاعات تعكس خصائص جيولوجية وطبوغرافية مشتركة.

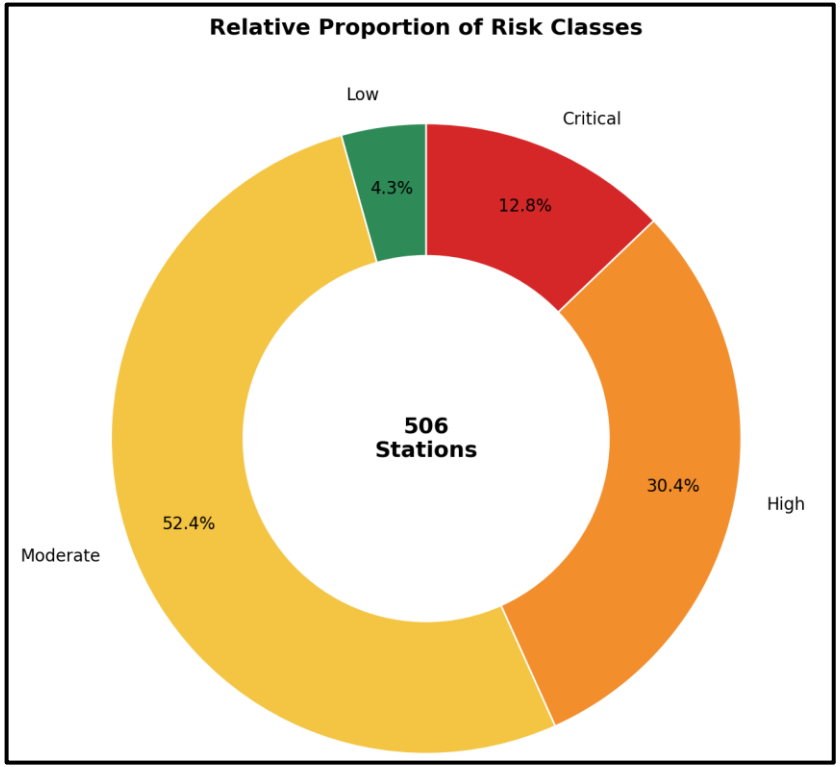
المنهجية التفسيرية:
ساهم التصنيف القطاعي في تحويل التقييم من مواقع نقطية منفصلة إلى نموذج مكاني تفسيري لسلوك الخطر.

ركائز التحليل:
التحليل درس العلاقة بين المحطات والمنحدرات المحيطة واتجاهات الضعف البنيوي وظروف التعرض.

تحديد التدخلات:
التقسيم يميز القطاعات التي تتطلب حماية وعلاجات عاجلة مقابل تلك التي تحتاج برامج مراقبة.

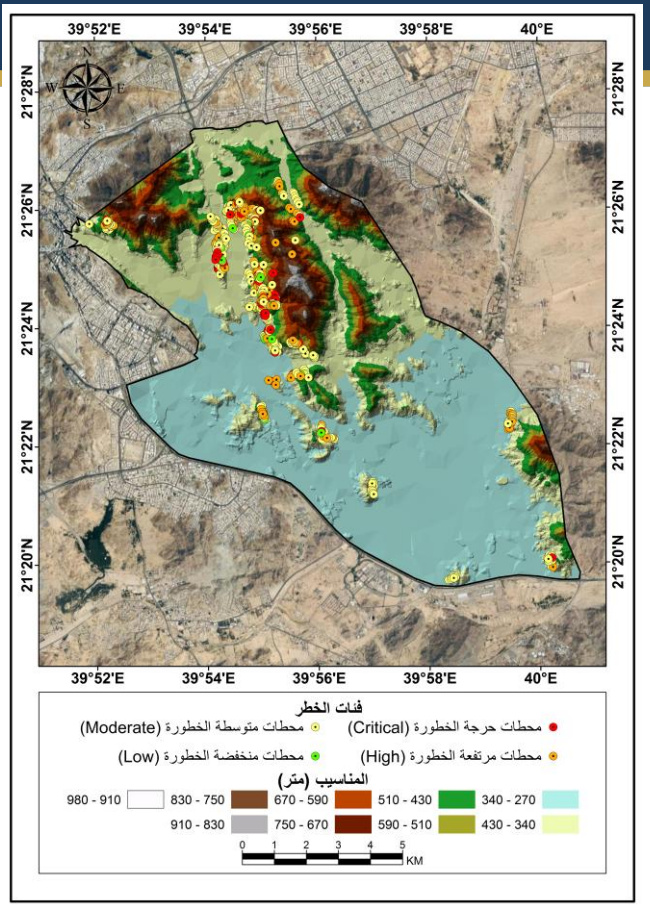
التخطيط الهندسي:
يوفر التصنيف أساساً علمياً لتقدير مستوى الخطورة وإعداد الحلول الهندسية المناسبة لكل قطاع على حدة.

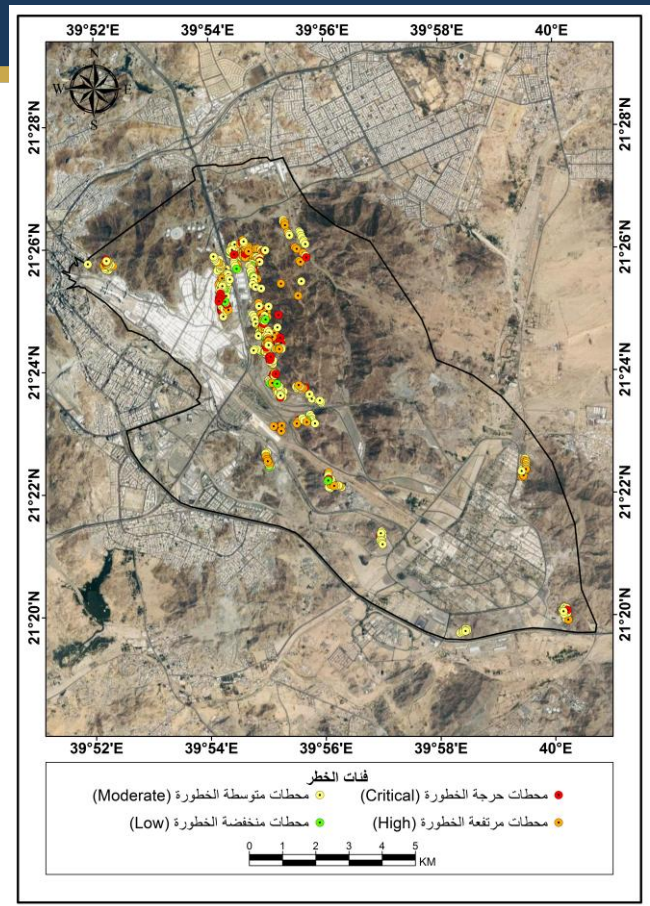
توزيع المحطات الحرجة وفئاتها داخل منطقة الدراسة:



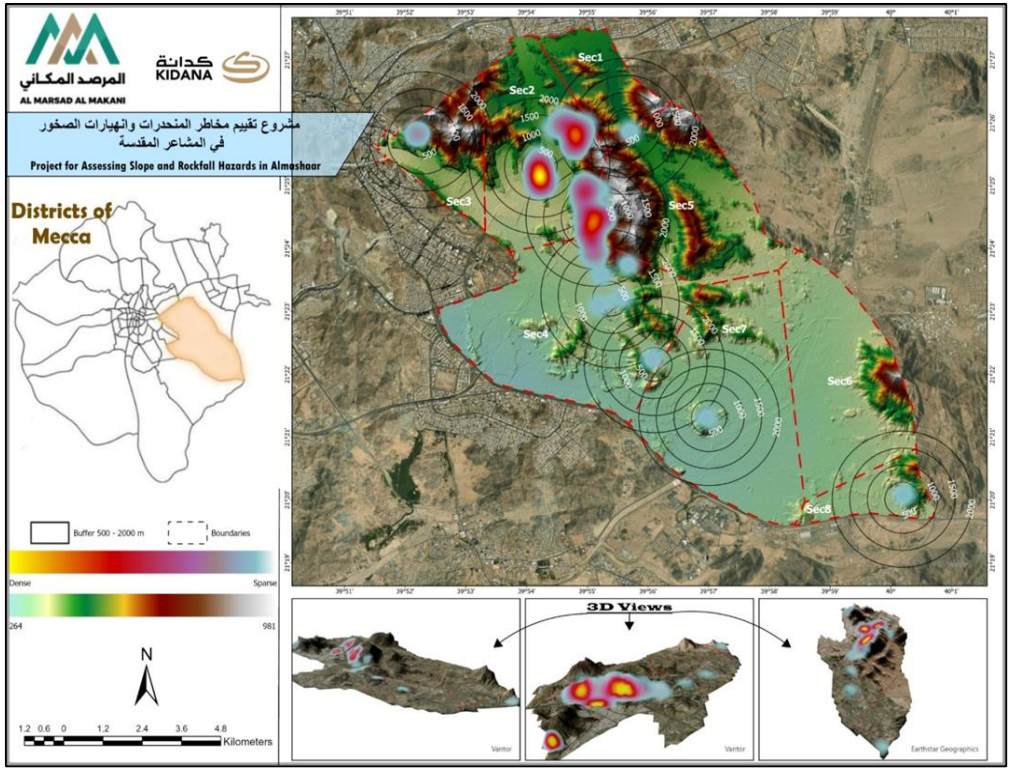
فئة الخطورة	عدد المحطات	النسبة المئوية	الدلالة العامة
Low	22	4.3%	تمثل نطاقًا محدودًا من المحطات ذات الوضع الأقل خطورة نسبيًا
Moderate	265	52.4%	تمثل النمط الغالب للخطورة العامة على مستوى المشروع
High	154	30.4%	تعبر عن قطاعات تحتاج إلى أولوية معالجة مرتفعة
Critical	65	12.8%	تمثل البؤر الأعلى خطورة والأكثر إلحاحًا للتدخل

توزيع المحطات وفق فئات الخطورة:





توزيع المحطات الحرجة داخل القطاعات المكانية للدراسة:



خريطة توزيع المحطات الحرجة داخل القطاعات الرئيسية لمنطقة الدراسة

القطاع الأول
يضم محطة ST 483 في الجزء الجنوبي الشرقي بكثافة منخفضة (أسفل منحدر (Toe Zone)

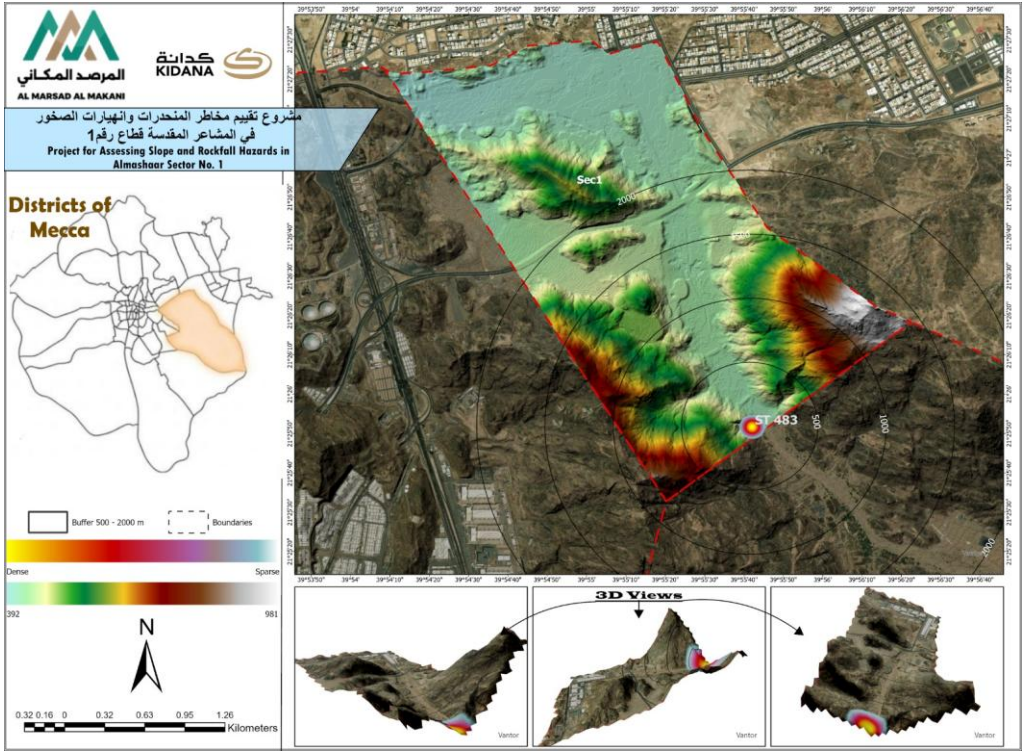
القطاع الثاني
يمثل البؤرة الأكبر من حيث تركز المحطات الحرجة بكثافة عالية في مناطق أسفل المنحدر.

القطاع الثالث
يضم محطات ST 487 وST 489 في الجزء الشمالي الغربي (سفح علوي ومنطقة انتقالية).

القطاع الرابع والخامس
يركزان على مناطق أسفل المنحدر والسفح العلوي بكثافة متوسطة إلى عالية.

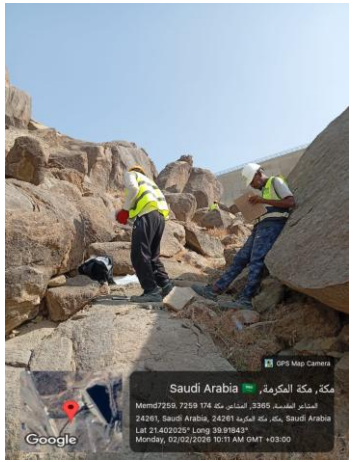
القطاع السابع والثامن
يضمان محطات حرجة في القمم المعزولة والسفوح العلوية القريبة من القمم.

المحطات الحرجة داخل القطاع الاول :

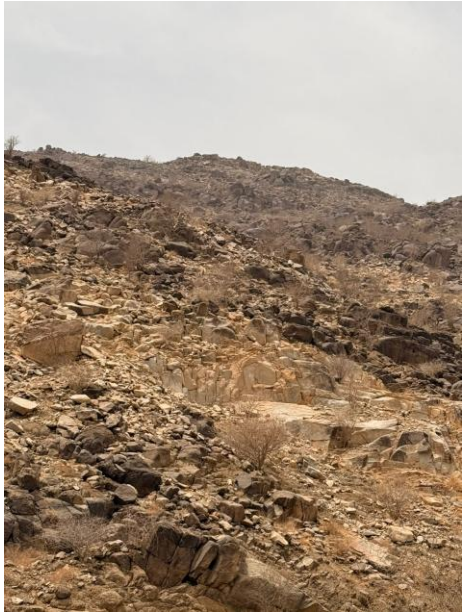


Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
أسفل منحدر (Toe Zone)	Low	جنوب شرق القطاع	ST 483	1

الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الاول :



الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الاول :



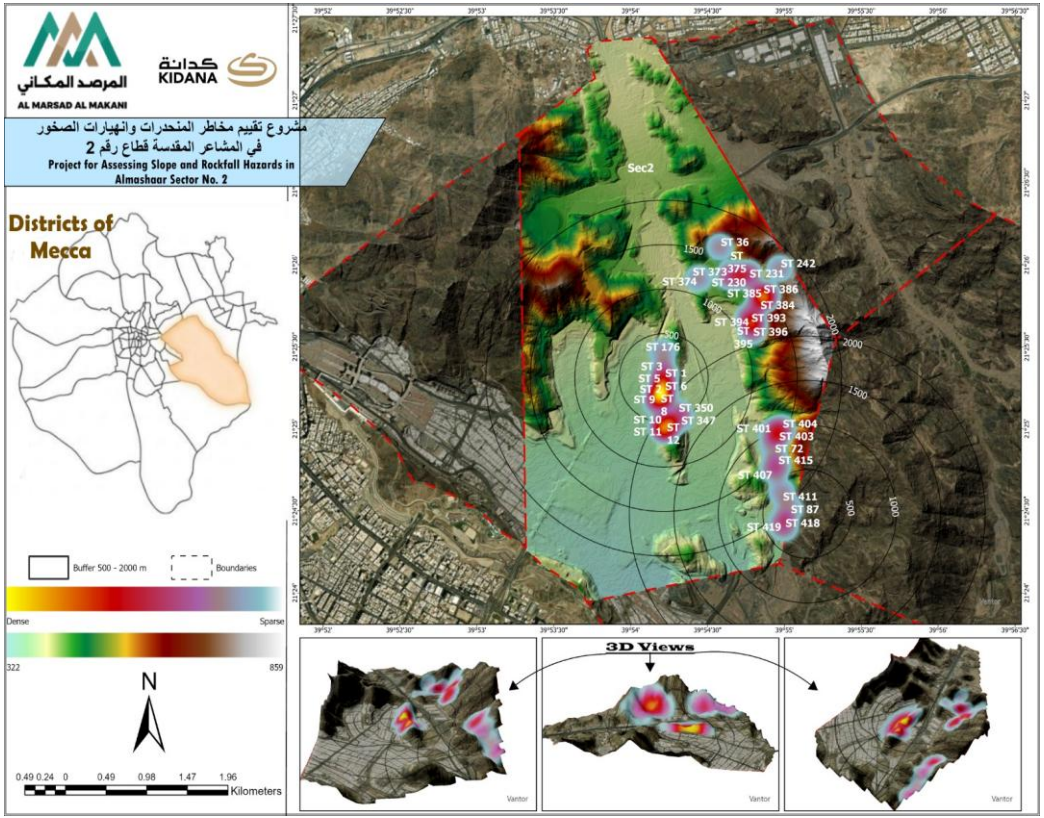
المحطات الحرجة داخل القطاع الثاني :

Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
أسفل منحدر	High	مركز	ST 1	1
أسفل منحدر	High	مركز	ST 2	2
أسفل منحدر	High	مركز	ST 3	3
أسفل منحدر	High	مركز	ST 5	4
أسفل منحدر	High	مركز	ST 6	5
أسفل منحدر	High	مركز	ST 8	6
أسفل منحدر	High	مركز	ST 9	7
أسفل منحدر	High	مركز	ST 10	8
أسفل منحدر	High	مركز	ST 11	9
أسفل منحدر	High	مركز	ST 12	10
منطقة انتقالية	Medium	مركز	ST 176	11
سفح	Medium	جنوب	ST 347	12
سفح	Medium	جنوب	ST 350	13
قمة	Low	شمال شرق	ST 36	14
سفح	Medium	شمال شرق	ST 230	15
سفح	Medium	شمال شرق	ST 231	16
سفح	Medium	شمال شرق	ST 242	17
سفح	Medium	شمال	ST 373	18
سفح	Medium	شمال	ST 374	19

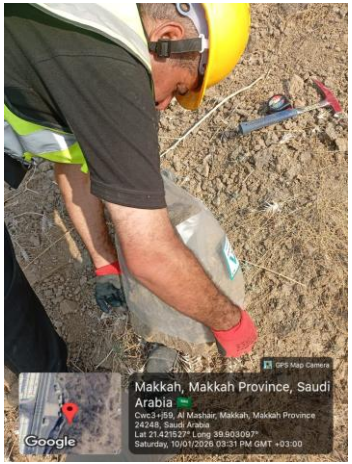
المحطات الحرجة داخل القطاع الثاني :

Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
سفح	Medium	شمال	ST 375	20
أسفل منحدر	High	شرق	ST 384	21
أسفل منحدر	High	شرق	ST 385	22
أسفل منحدر	High	شرق	ST 386	23
أسفل منحدر	High	شرق	ST 393	24
أسفل منحدر	High	شرق	ST 394	25
أسفل منحدر	High	شرق	ST 395	26
أسفل منحدر	High	شرق	ST 396	27
أسفل منحدر	High	جنوب شرق	ST 401	28
أسفل منحدر	High	جنوب شرق	ST 403	29
أسفل منحدر	High	جنوب شرق	ST 404	30
سفح	Medium	جنوب شرق	ST 407	31
سفح	Medium	جنوب شرق	ST 411	32
سفح	Medium	جنوب شرق	ST 415	33
أسفل منحدر	High	جنوب شرق	ST 418	34
أسفل منحدر	High	جنوب شرق	ST 419	35
سفح	Medium	شرق	ST 72	36
سفح	Medium	جنوب شرق	ST 87	37

المحطات الحرجة داخل القطاع الثاني :

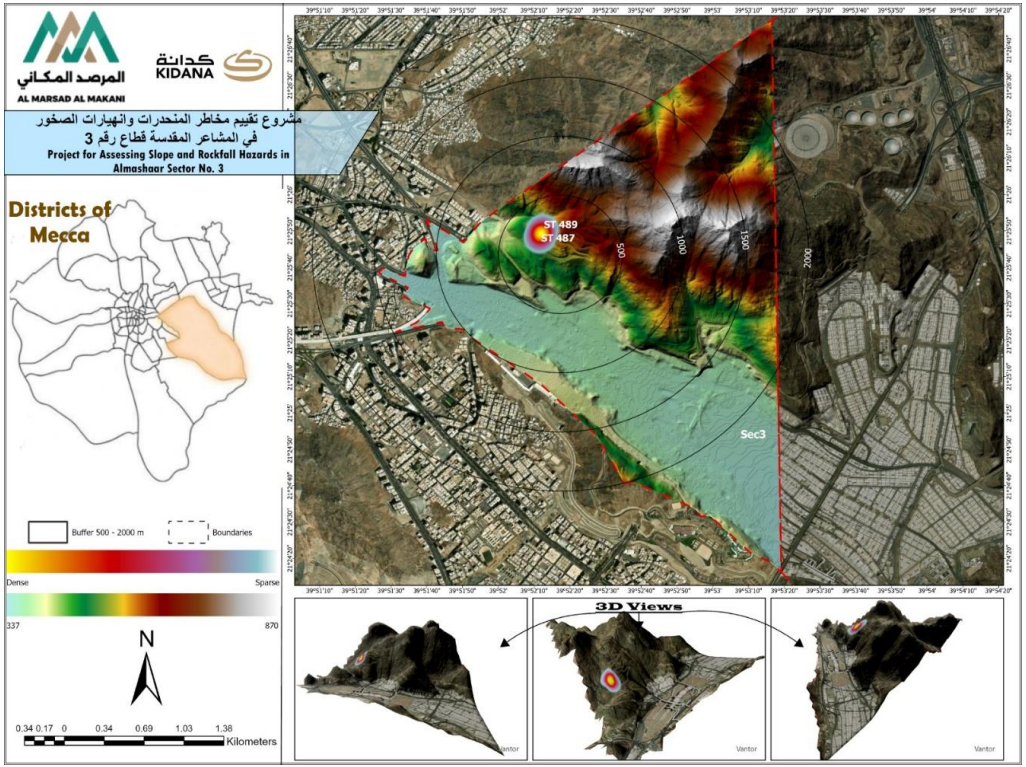


الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثاني :



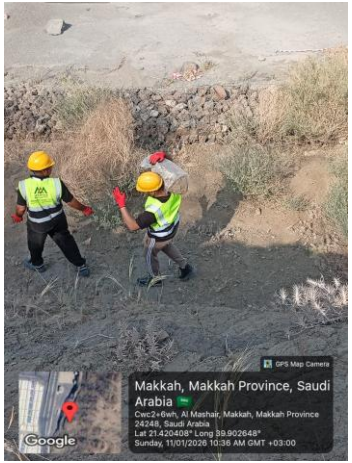
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثاني:

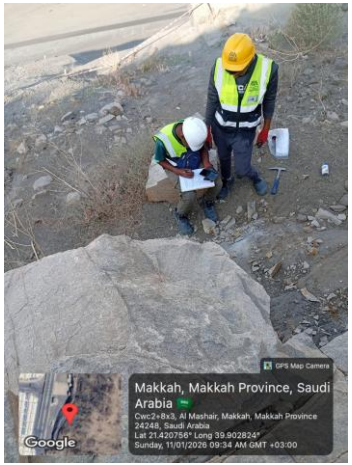
المحطات الحرجة داخل القطاع الثالث :

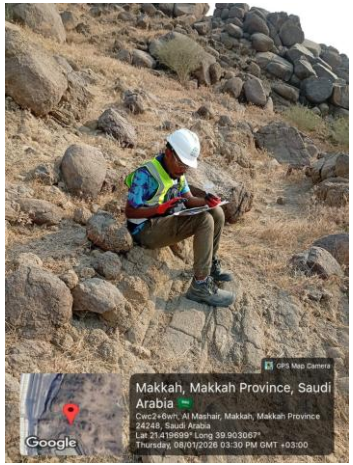


Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
سفح علوي / منطقة انتقالية	Low	شمال غرب القطاع	ST 487	1
سفح علوي قريب من القمة	Low	شمال غرب القطاع	ST 489	2

الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثالث:

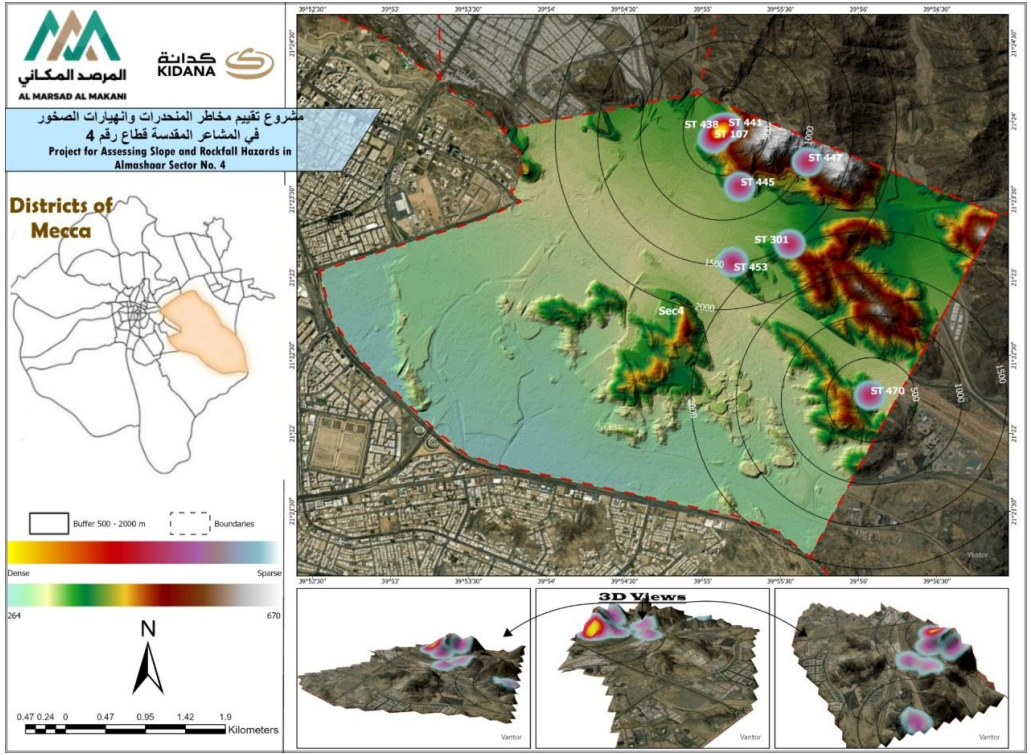






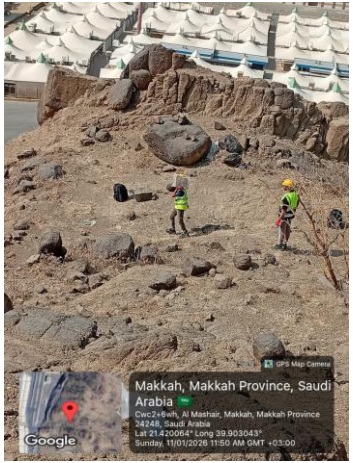
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثالث:

المحطات الحرجة داخل القطاع الرابع :



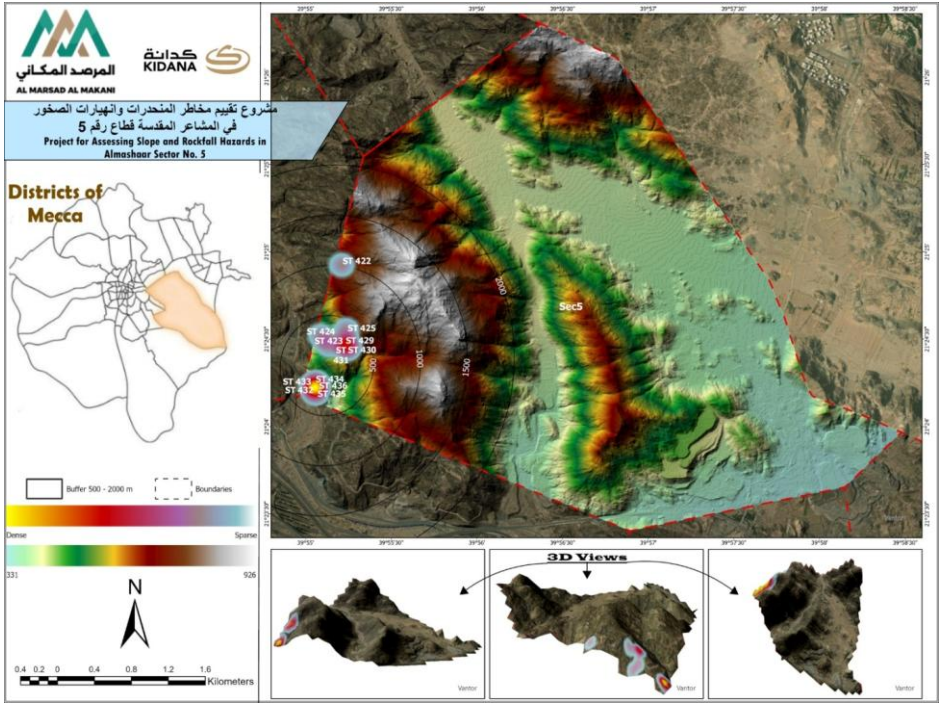
Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
أسفل منحدر	High	شمال شرق	ST 107	1
أسفل منحدر	High	شمال شرق	ST 438	2
أسفل منحدر	High	شمال شرق	ST 441	3
أسفل منحدر	High	شمال شرق	ST 445	4
أسفل منحدر	High	شمال شرق	ST 447	5
سفح	Medium	شرق القطاع	ST 301	6
منطقة انتقالية	Medium	شرق القطاع	ST 453	7
سفح / أسفل منحدر	Low	جنوب شرق	ST 470	8

الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الرابع:



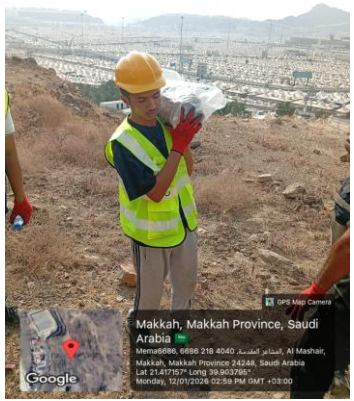
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الرابع:

المحطات الحرجة داخل القطاع الخامس:

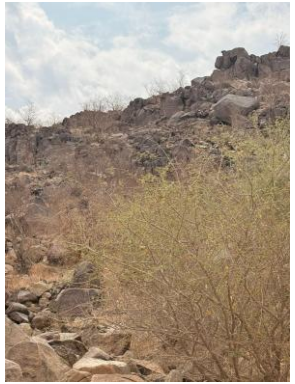


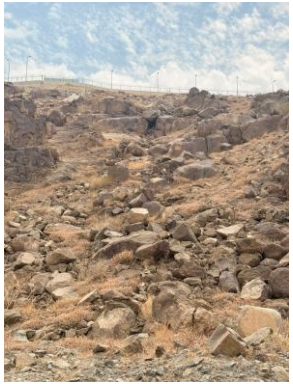
Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
سفح علوي	Medium	غرب القطاع	ST 422	1
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 423	2
أسفل منحدر	High	غرب	ST 424	3
أسفل منحدر	High	غرب	ST 425	4
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 429	5
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 430	6
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 431	7
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 432	8
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 433	9
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 434	10
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 435	11
أسفل منحدر	High	جنوب غرب	ST 436	12

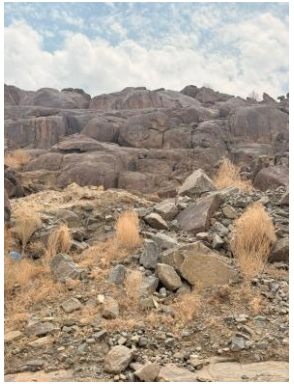
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الخامس:



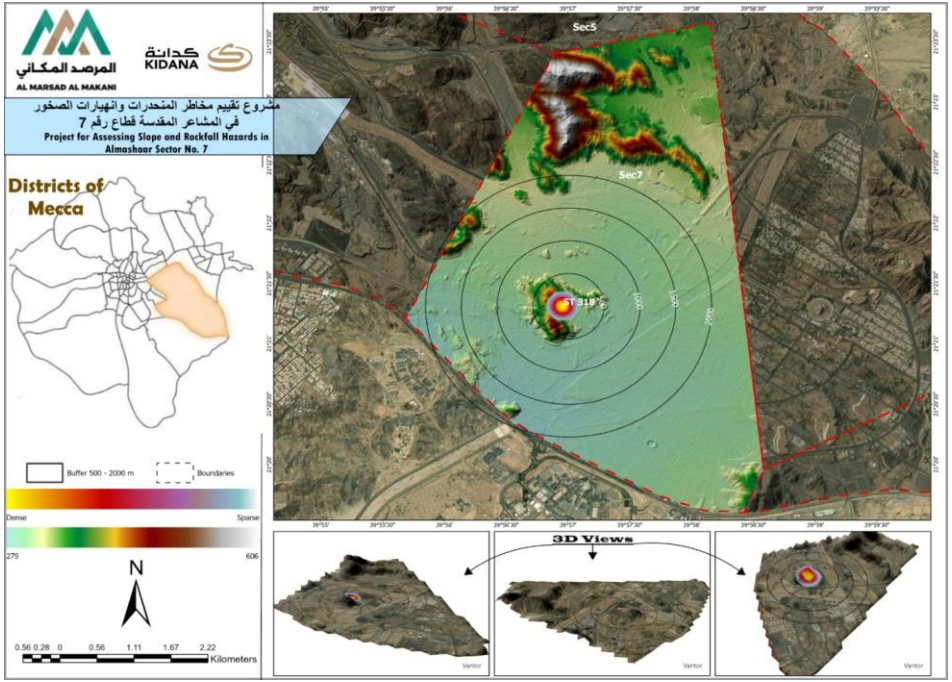
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الخامس:





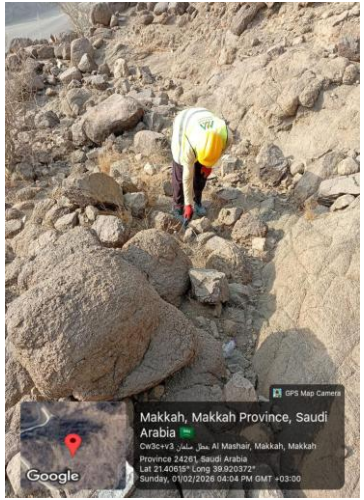


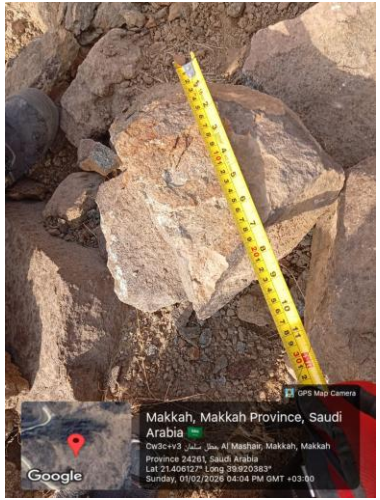
المحطات الحرجة داخل القطاع السابع:



Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
قمة معزولة / مرتفع صخري مستقل	Low	مركز القطاع	ST 318	1

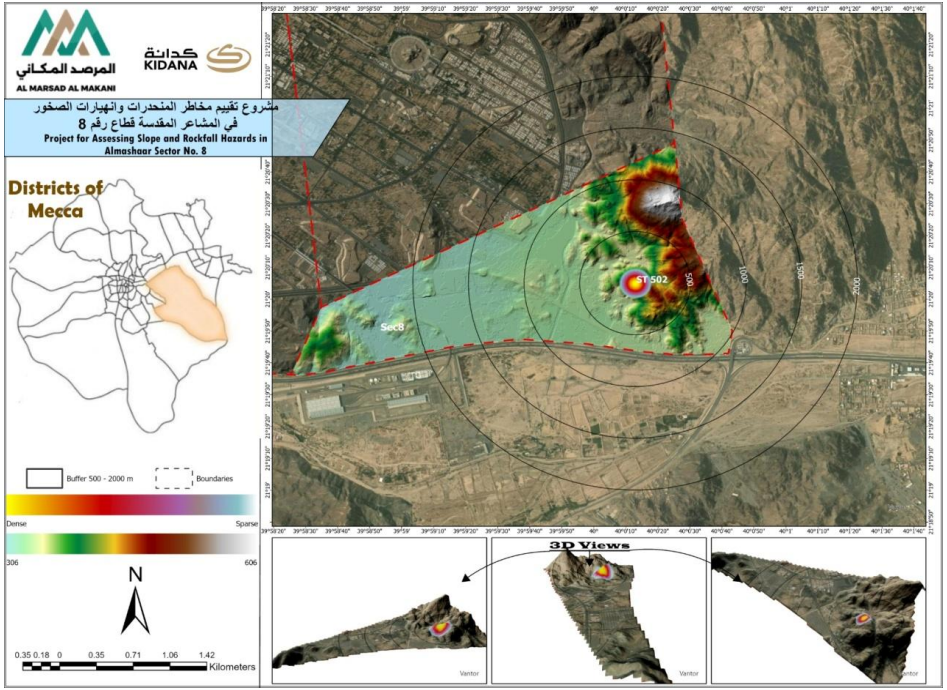
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع السابع:





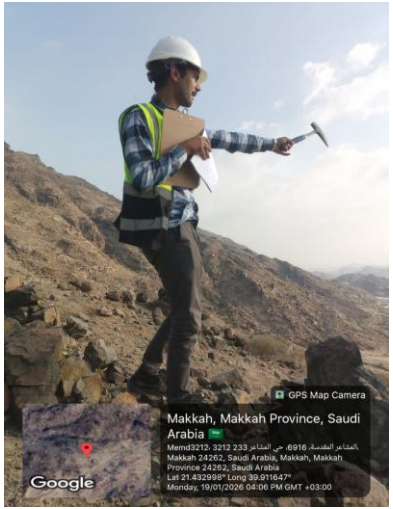
الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع السابع:

المحطات الحرجة داخل القطاع الثامن:



Terrain Context	Spatial Density	Relative Location	Station ID	متسلسل
سفح علوي / أسفل منحدر قريب من القمة	Low	شرق القطاع	ST 502	1

الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثامن:

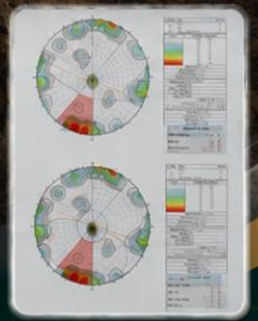


الصور الميدانية للمحطات الحرجة داخل القطاع الثامن:

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI

كدانة
KIDANA

التوصيات

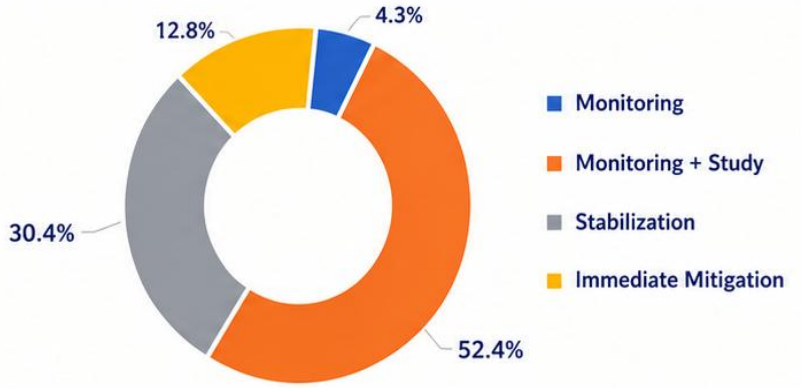


- تحديد المحطات الحرجة وأولويات التدخل
- تقييم المخاطر وتصنيف المحطات
- مسوحات جيولوجية وجيوتقنية
- مسح LiDAR
- مسح جوي (Drone)
- تصميم الحلول المثلى للمعالجة
- تحديد الأولويات لدعم قرارات التدخل
- سلامة الإنسان أولاً

التوصيات:

توزيع الإجراءات

Percentage %	Number of Stations	Recommended Action
4.3%	22	Monitoring
52.4%	265	Monitoring + Study
30.4%	154	Stabilization
12.8%	65	Immediate Mitigation



01 - فئة الخطورة المنخفضة (Low Risk)

تضم هذه الفئة 22 محطة فقط تمثل 4.3% من إجمالي المحطات، ويقتصر الإجراء الموصى به على المراقبة الدورية(Monitoring)

02 -2 فئة الخطورة المتوسطة (Moderate Risk)

تمثل هذه الفئة 265 محطة بنسبة 52.4% من إجمالي المحطات، وهي أكبر فئات المشروع عدداً، ويوصى لها بإجراء المراقبة والدراسات الإضافية (Monitoring + Study).

03 -3 فئة الخطورة العالية (High Risk)

تشمل 154 محطة بنسبة 30.4% من إجمالي المحطات، وتتطلب هذه المواقع تنفيذ أعمال التثبيت الهندسي (Stabilization)

04 -4 فئة الخطورة الحرجة (Critical Risk)

تضم 65 محطة بنسبة 12.8% من إجمالي المحطات، وهي أعلى الفئات خطورة. ويوصى لها بإجراءات المعالجة الفورية (Immediate Mitigation)

كدانة
KIDANA

المرصد المكاني
للاستشارات الجيولوجية والهيدرولوجية
AL MARSAD AL MAKANI
for Geological and Hydrological Consultancy

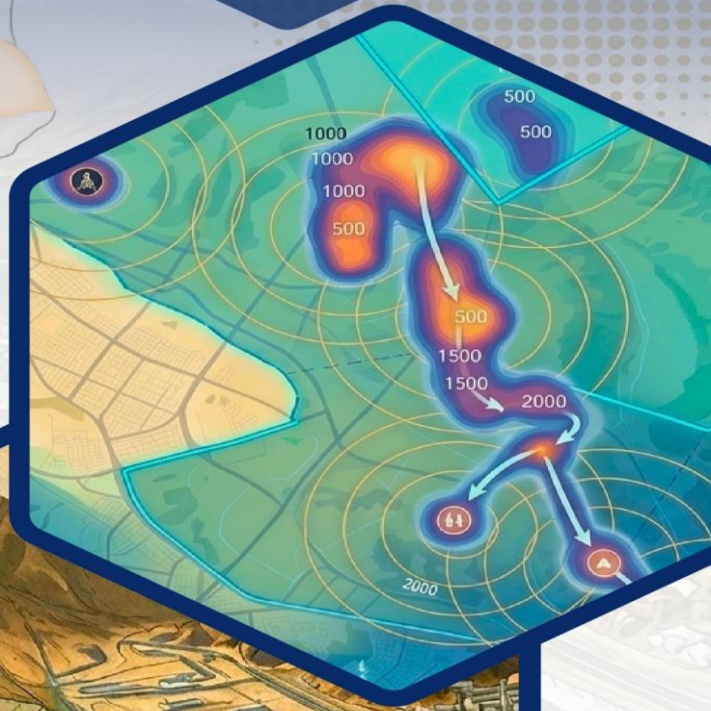
التوصيات

يمكن تلخيص اعمال المعالجات على النحو الاتي

1. إزالة الكتل الصخرية المتشققة وغير المستقرة من خلال أعمال التقشير الدقيق (Scaling).
2. تركيب مسامير التثبيت الصخري (Rock Bolts).
3. تركيب المراسي الأرضية (Ground Anchors) لتعزيز استقرار المنحدر.
4. تنفيذ أعمال الحقن أو التحشية (Grouting) لزيادة تماسك الكتلة الصخرية والحد من تسرب المياه.
5. إنشاء دعامات خرسانية مسلحة لتوفير قاعدة إنشائية مستقرة ودعم المنحدر.
6. تركيب السياج الشبكي المعدني (Wire Mesh) لتثبيت الأجزاء السطحية ومنع التساقط الصخري.
7. تنفيذ قنوات تصريف خارجية وداخلية لتجميع وتصريف مياه الأمطار بعيدًا عن المنحدر.
8. تغليف واجهة المنحدر بالشبك المعدني والخرسانة المرشوشة (Shotcrete).
9. تركيب منظومة متعددة المستويات من حواجز التساقط الصخري (Rockfall Barriers).
10. تركيب أجهزة مراقبة عالية الدقة لقياس اتساع الشقوق ورصد أي تغيرات في استقرار المنحدر بشكل مستمر.

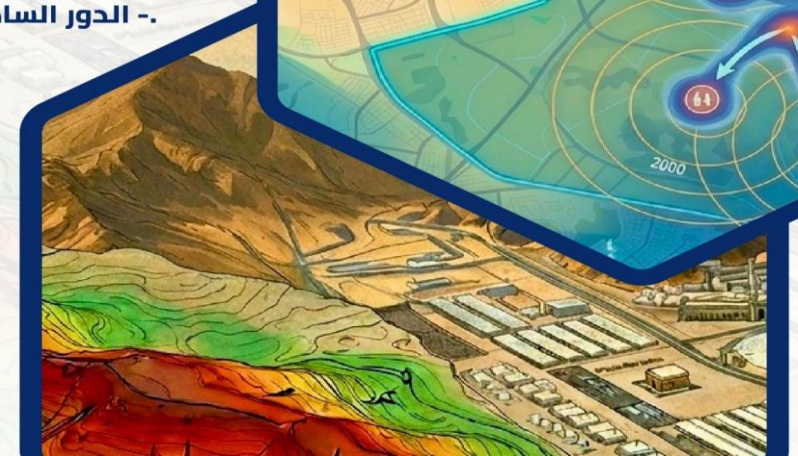
كدانة
KIDANA

المرصد المكاني
AL MARSAD AL MAKANI



مكة المكرمة - حي الملك فهد - شارع الأمير ناصر بن عبدالعزيز آل سعود - رقم المبنى 2861 - الرقم الفرعي 9761 - الرمز البريدي 24353 .- الدور السادس - مكتب رقم 601

س.ت 1010418390

drashraf_abdelkarim@elmarssad.com.sa
Enghassan@elmarssad.com.sa

0547759085