

ONR 24810 – Einblicke in die praktische Umsetzung

Sandra Melzner(1,2), Bruna Garcia (3), Francois Noël (4,5), Emmanouil Fleris (6), and Johannes Hübl (2)

(1) GEOCHANGE Consulting e.U., Austria, (2) BOKU University, Austria, (3) Selbstständige Ingenieurin, Frankreich, (4) University of Lausanne, Switzerland, (5) NGU, Norway, (6) TU Wien, Österreich

Einleitung

Die „ONR 24810: Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung“ bietet einen umfassenden technischen Leitfaden für die Planung und Dimensionierung technischer Steinschlagschutzmaßnahmen in Österreich (Abb. 1). Die praktische Umsetzung in der Alpenregion ist jedoch mit mehreren Herausforderungen verbunden. Diese Herausforderungen resultieren aus den komplexen tektonischen, geologischen, topografischen und klimatischen Gegebenheiten in den Ostalpen sowie aus der Zunahme der Steinschlaghäufigkeit und der Steinschlagereignisse mit größeren Volumina.



Abb. 1: Steinschlagblock und Baum im Steinschlagnetz (Quelle: S. Melzner 2024).

Angesichts der geplanten Umwandlung der ONR 24810 in eine OENORM ist es von entscheidender Bedeutung, ihre Anwendbarkeit in der Praxis zu bewerten.

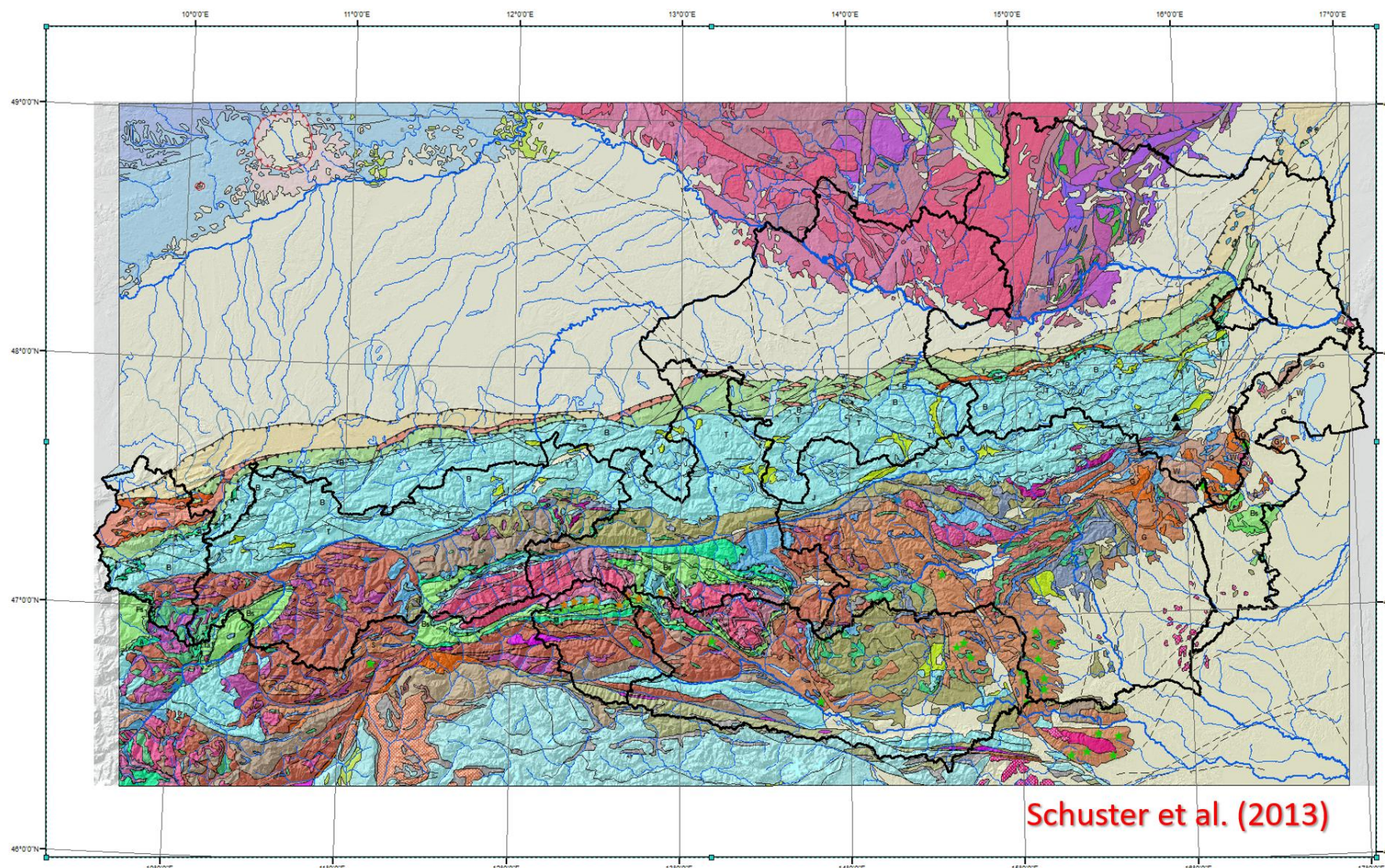


Abb. 2: Tektonische Karte der Ostalpen (Source: Schuster et al., 2013).

Die größten Herausforderungen ergeben sich bei der Anwendung der ONR24810 in folgenden Punkten:

- Verwendung statistischer Methoden: Die Strategie zur Datenerfassung, die lokalen geologischen und topografischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets usw. haben einen großen Einfluss auf die Qualität von Prozessdaten.
- Ermittlung Bemessungsblockgrößen: Die charakteristische Bemessungsblockgröße V_{BB} wird als Fraktilwert (V_{95} bis V_{99}) der Blockgrößenverteilung ermittelt.
- Anwendung von 2D- und 3D-Steinschlagmodellen: Verschiedene Modelle liefern unterschiedliche Simulationsergebnisse hinsichtlich relevanter Bemessungsparameter.
- Kalibrierung und Validierung von Steinschlagsimulationen: Kalibrierungs- und Validierungsdaten sind im Gelände/in historischen Archiven oft nur unzureichend verfügbar.

Herausforderungen bei der Anwendung ONR 24810

Wahl der statistischen Methode und Fraktilwerte

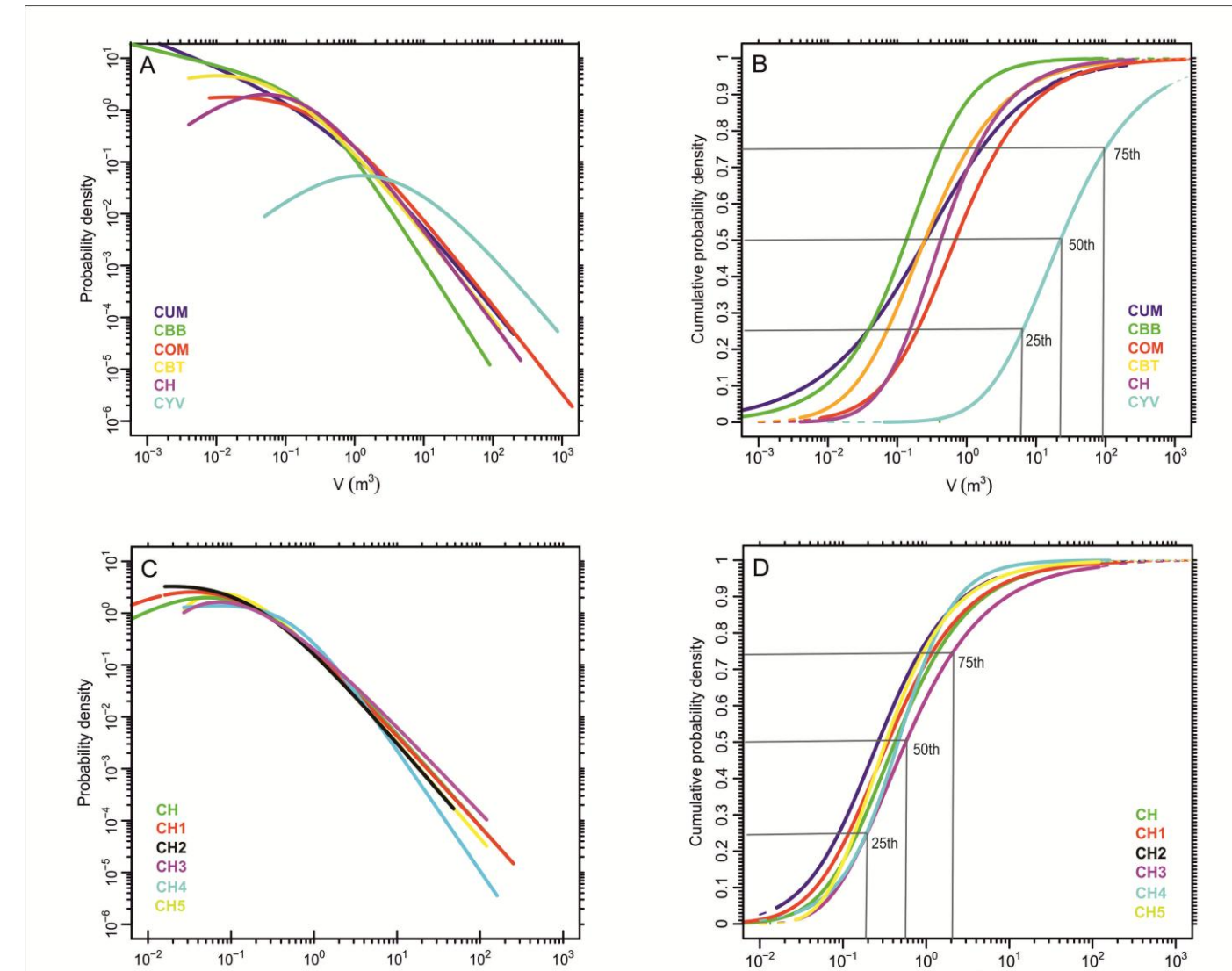


Abb. 3: Einfluss der Kartierungsstrategie auf die Wahrscheinlichkeitsdichten der Steinschlaggrößen (A, C) und die kumulative Verteilungsfunktion der Steinschlaggröße (B, D). Die gestrichelten Kurven in den Diagrammen B und D zeigen Werte der Verteilungsfunktion, die außerhalb der beobachteten Volumenbereiche berechnet wurden und sich den Werten der kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0 und 1 annähern. Die drei dünnen grauen Linien in den CDF-Diagrammen (d. h. B und D) entsprechen 0,25 (25. Perzentil), 0,50 (50. Perzentil) und 0,95 (95. Perzentil) (Melzner et al., 2020).

Anwendbarkeit der 2D und 3D Steinschlagmodelle

Steinschlagsimulationen (Abb. 5 und 6) sind erforderlich, um die Bemessungswerte für Energie, Sprunghöhen usw. zu ermitteln und einen optimalen Standort für die sekundären Schutzmaßnahmen zu bestimmen.

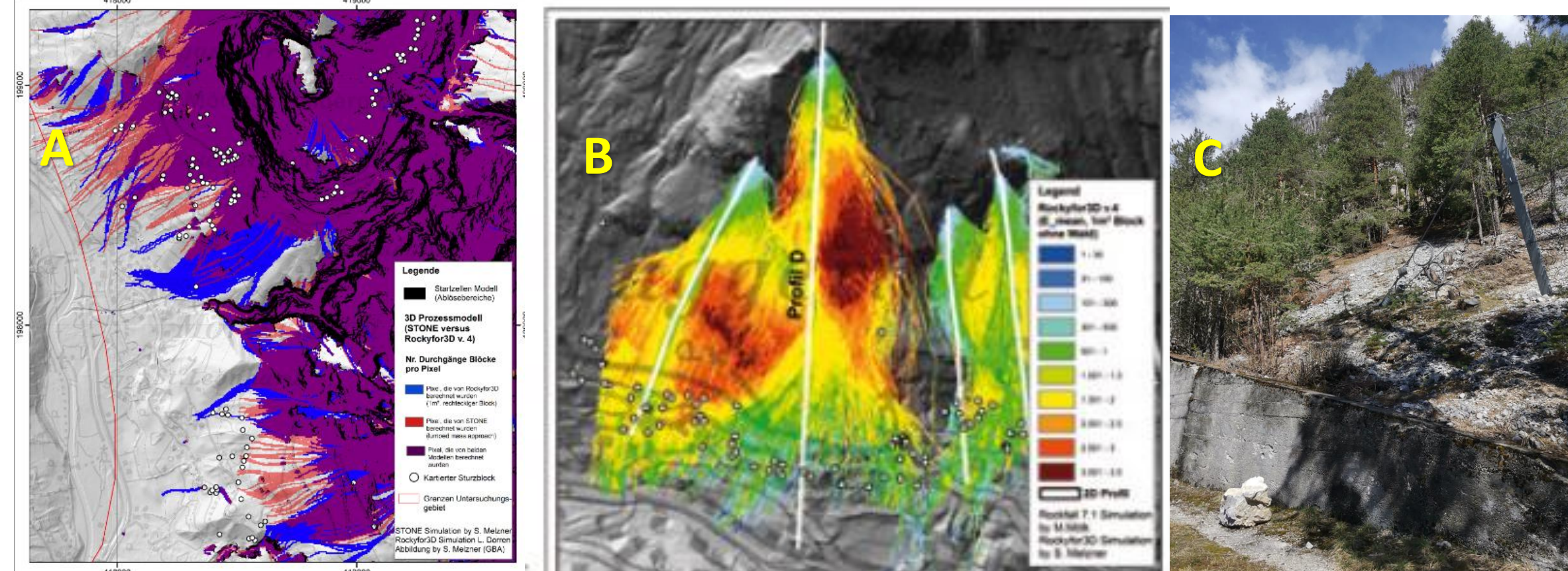


Abb. 5: Vergleich von zwei 3D Modellen (A) und einem 2D und einem 3D Model (B). Ein frischer Block (C) ist durch eine Reihe von Steinschlagnetzen hindurchgegangen (S. Melzner and Preh 2012, photo by S. Melzner).

Die Simulationsergebnisse verschiedener Modelle unterscheiden sich oft voneinander oder von einer älteren Modellversion (Noël et al. 2023, Melzner und Preh, 2012). Es ist notwendig, die Dynamik der Ausbreitung großer Felsblöcke mit hoher Energie besser zu verstehen (Melzner et al. (2020), Noël et al. (2022)). Steinschlagversuche sind für diesen Zweck aufgrund der Handhabung großer Felsbrocken nicht praktikabel. Noël et al. (2023) rekonstruierten daher die Flugbahnen von beobachteten „großen“ Steinschlagereignissen unter Verwendung einer flexiblen Rekonstruktionsmethode, die von Noël et al. (2022) entwickelt wurde. Die Bemessung von Steinschlagnetzen unter Verwendung des 95. Perzentils der Sprunghöhe kann problematisch sein, da Sturzblöcke wahrscheinlich die Simulationshöhen überschreiten (Illeditsch & Preh (2020, 2024). Es fehlen Vergleichsstudien, in denen die Ergebnisse von 2D- und 3D-Modellen für Sprunghöhen verglichen werden. Derzeit werden in der Praxis zudem häufig lediglich 2D-Modelle für die Bemessung von sekundären Schutzmaßnahmen verwendet, obwohl diese die Komplexität des Geländes nicht berücksichtigen (Abb. 7).

Qualität der Kalibrierungs- und Validierungsdaten

Die charakteristische Bemessungsblockgröße V_{BB} wird gemäß ONR24810 als Fraktilwert der Blockgrößenverteilung ermittelt. Der für die Bestimmung der Bemessungsblockgröße maßgebliche Fraktilwert wird in Abhängigkeit von der Ereignishäufigkeitsklasse ermittelt.

Tabelle 4 – Ereignishäufigkeiten und zugeordnete Bemessungsblockfraktile

Ereignisfrequenzklasse	Ereignishäufigkeit n (1/a)	Fraktil für die Bemessungsblockgröße
EF 4 (sehr hoch)	$n \geq 10$ (≥ 10 Ereignisse/Jahr)	V_{98}
EF 3 (hoch)	$1 \leq n < 10$ (1 bis 10 Ereignisse/Jahr)	V_{97}
EF 2 (gering)	$0,03 \leq n < 1$ (1 Ereignis/1 bis 30 Jahre)	V_{96}
EF 1 (selten)	$n < 0,03$ (< 1 Ereignis/30 Jahre)	V_{95}

Melzner et al. (2020), Melzner et al. (2023) zeigten, dass die Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets (z. B. steile Felswände, Vegetation und geologische Gegebenheiten) und die Kartierungsstrategie Einfluss auf die Qualität und Repräsentativität der zusammengestellten Steinschlagkataloge haben. Dies muss bei der Verwendung der Daten für statistische Analysen (Abb. 3) und/oder die Kalibrierung und Validierung von Steinschlagsimulationen (Abb. 4) berücksichtigt werden.

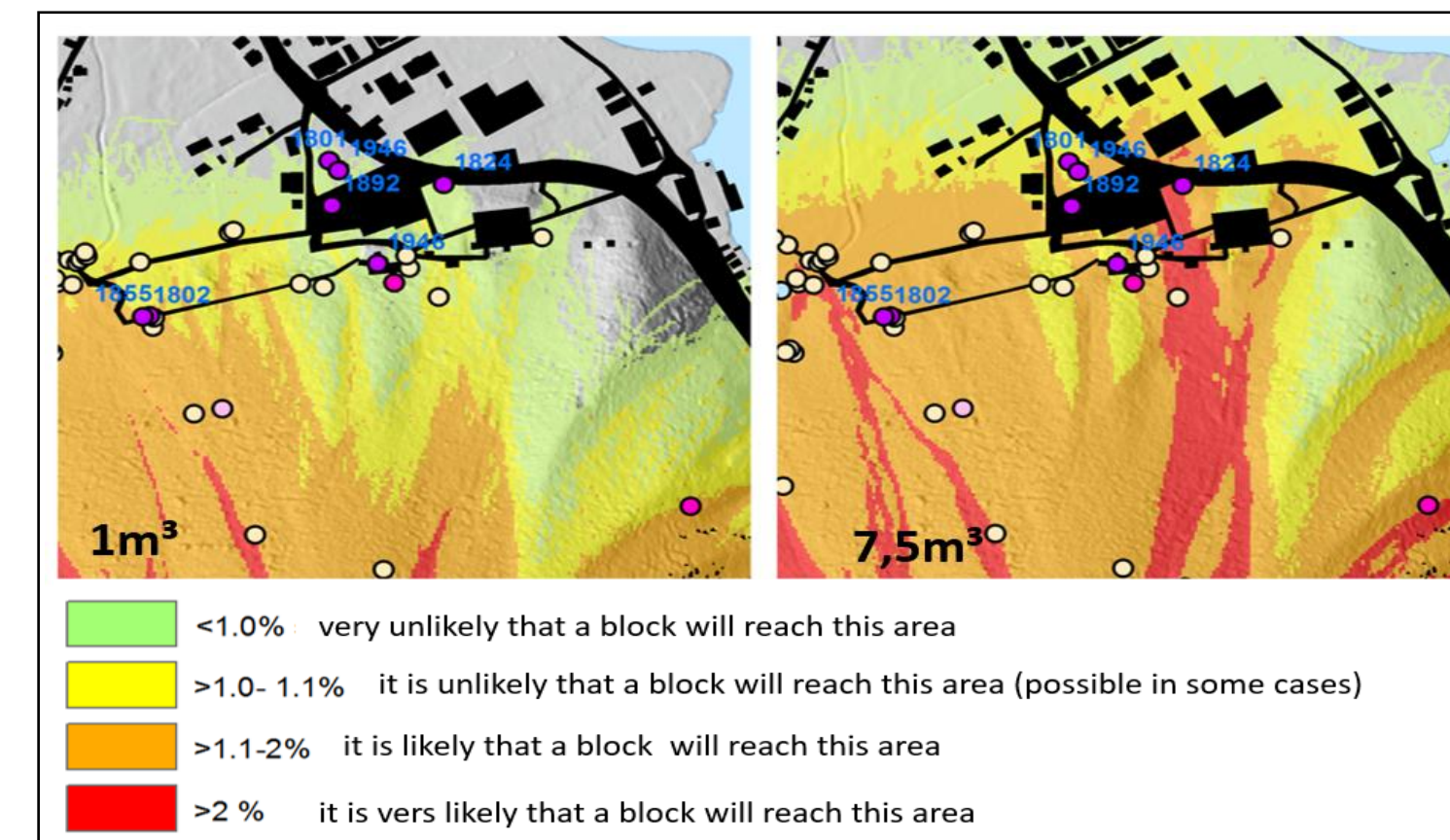


Abb. 4: Kalibrierung und Validierung der Ergebnisse der 3D-Steinschlagsimulation mit kartierten Steinschlagblöcken (farbige Punkte) und historischen Steinschlagereignissen ohne Größenangaben aber Ortsangabe (blaue Punkte mit Zahlen) für zwei Volumensszenarien (1 m³ und 7 m³) (S. Melzner 2015).

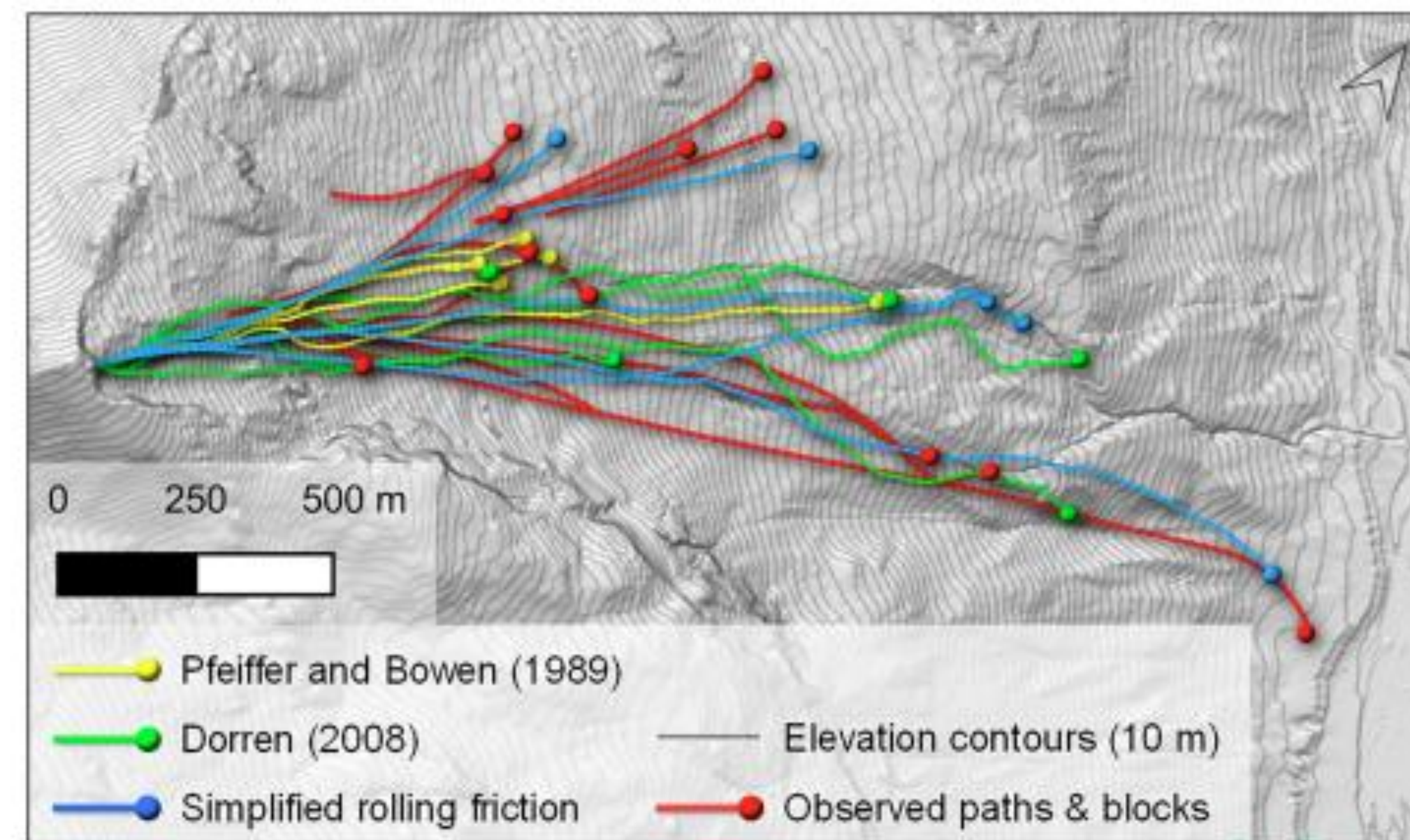


Abb. 6: Fünf simulierte Flugbahnen aus drei Rebound- Modellen im Vergleich zu den kartierten/ beobachteten Steinschlagbahnen, die rot dargestellt sind (Noël et al., 2023). Gelbe Flugbahn: Pfeiffer und Bowen (1989) Reibung; blaue Flugbahn: stnParabel Multiple Model Simulation Freeware (Noël 2020); grüne Flugbahn: Rockyfor3D v5.2.15 (EcorisQ 2022, Dorren, 2008).

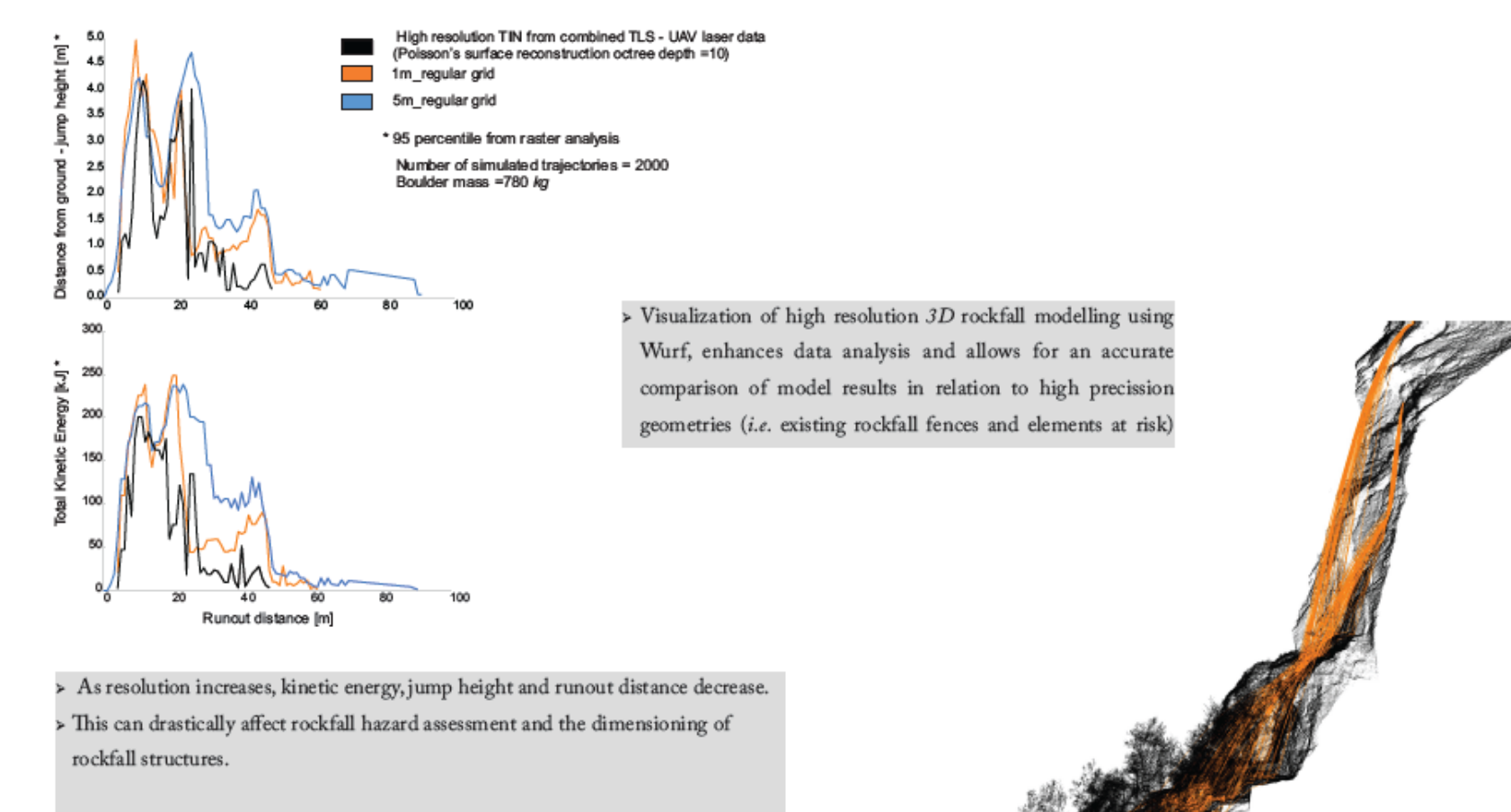


Abb. 7: Nutzung hochauflösender topografischer Daten für Steinschlagsimulationen in 3D – Erkenntnisse aus einem stochastischen numerischen Ansatz unter Verwendung von Wurf (Fleris & Preh, 2019)

Conclusio und Empfehlungen

Die Anwendung der Norm ONR 24810 gewährleistet Rechtssicherheit. Die Komplexität der Norm und der Aufwand, der erforderlich ist, um den Stand der Technik einzuhalten, stehen im Widerspruch zum österreichischen Vergaberecht, das vorschreibt, dass Aufträge an den günstigsten Bieter vergeben werden müssen.

Empfehlungen für Anpassungen:

1. Erhebung von Steinschlagdaten
 - Selektives Kartieren vermeiden, z.B. große, alte Steinschlagblöcke sollten kartiert werden (Melzner et al. 2020).
 - Relevante Parameter für die Planung primärer Maßnahmen überdenken, z.B. Geometrien der Trennflächen (DIN EN ISO14689:2018; ÖNORM B 1997-1-1; Hormes, et al., 2018; Melzner et al., 2019; Lukačić et al., 2024).
2. Große Sturzvolumina und Fragmentierung
 - Felsstürze in der Norm berücksichtigen (Fleris et al., 2022; Noël et al., 2022; Melzner et al., 2023; Lukačić et al., 2024).
 - Einbindung von Fragmentierung in Modelle (Fleris et al., 2020; Noël et al., 2023).
3. Statistische Analyse in Gefahren- und Risikobewertungen
 - Verwendung repräsentativer Prozess- Datensätze (Melzner et al. 2020, Melzner 2023).
 - Entwicklung von Statistik Tools, die auch für kleine Datensätze anwendbar sind (Melzner et al. 2020).
 - Definition von Fraktilen/Perzentilen basierend auf wissenschaftlichen Publikationen (Melzner et al. 2020, Illeditsch & Preh 2020, Melzner 2023, Illeditsch & Preh 2024).
 - Expertenwissen und flexible Schwellenwerte wichtig
4. Verbesserung der Modelltransparenz und Preisgestaltung
 - Modellvariabilität berücksichtigen (Melzner & Preh, 2012, Noël et al., 2023, Melzner et al. 2024).
 - Die Empfindlichkeit, z. B. Tests der ETAG27-MEL- Dimensionierungsmethoden, muss anhand einer Reihe plausibler Steinschlagszenarien einem Stresstest unterzogen werden (Fig. 8) (Garcia, 2025).
 - Mit öffentlichen Mitteln entwickelte Steinschlagmodelle sollten zu niedrigen Preisen und/oder mittels Mitgliedschaften verfügbar gestellt werden.
5. Anpassungen der Norm auf Grundlage der Erfahrungen in der Praxis und wissenschaftlichen Veröffentlichungen

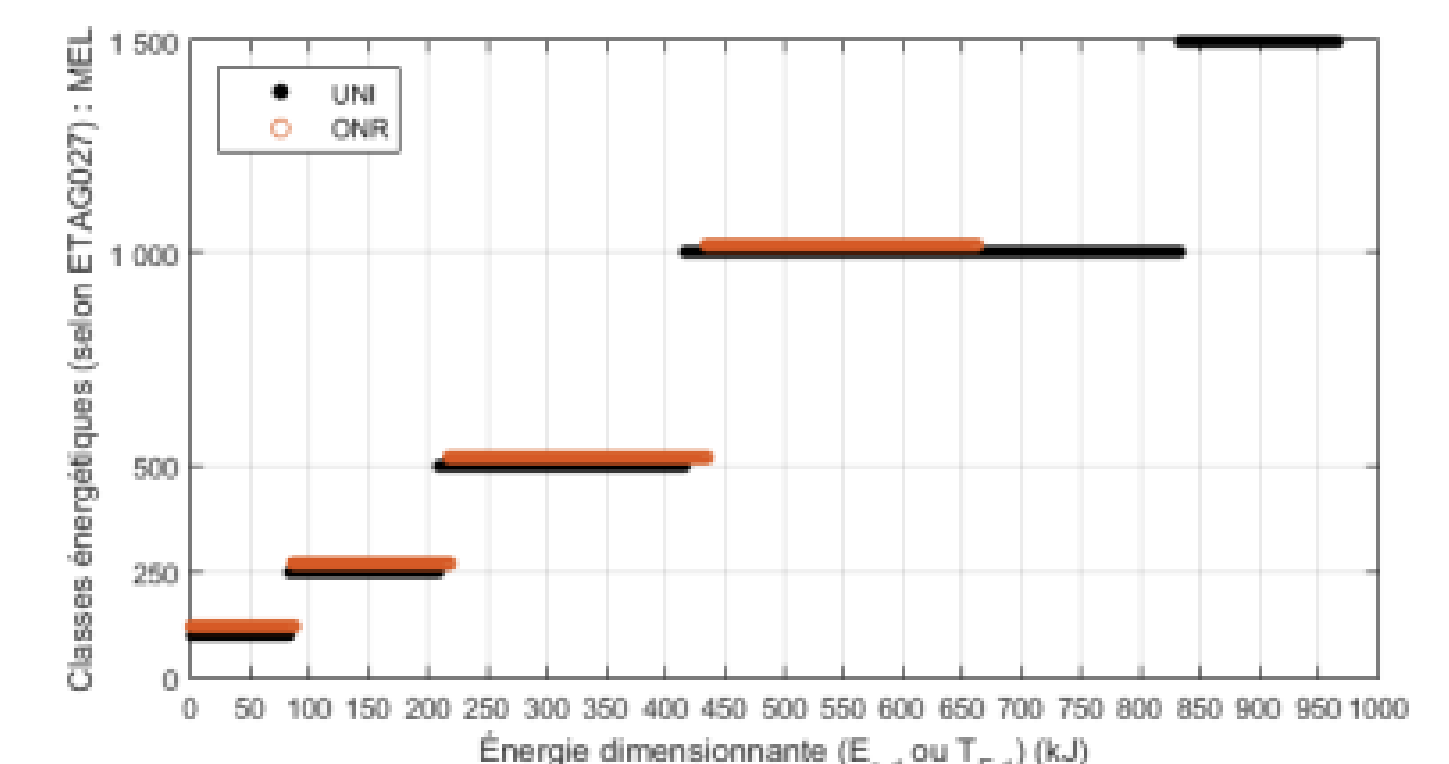


Abb. 8: Range of Energy Class Ranges (ETAG27-MEL) as a Function of Design Energy: Austrian (ONR) vs. Italian Rockfall Standard (UNI) for a CC3 scenario (Garcia 2025).

References: Bitte kontaktieren Sie uns bezüglich Publikationen.