

# INFORMAČNĚ EXPERTNÍ SYSTÉM VČASNÉHO VAROVÁNÍ A VYROZUMĚNÍ V DŮSLEDKU STANOVENÍ RIZIK SKALNÍHO ŘÍČENÍ „INFORMAČNÍ SYSTÉM – SKÁLA“

Ing. Michaela Havlová<sup>1</sup>, Bc. Miloslav Nechyba<sup>2</sup>, Bc. Tomáš Fröhlich, DiS.<sup>3</sup>

## ABSTRAKT

Cílem výzkumného projektu č. VG2010201403 „Informačně expertní systém včasného varování a vyrozumění v důsledku stanovení rizik skalního říčení“ je vývoj a implementace informačně-expertního, komunálně orientovaného systému, který je určen k podpoře a vyšší efektivitě při managementu rizik skalního říčení. Systému integruje nástroje sběru a přenosu dat s nástroji jejich rychlého zpracovávání a vyhodnocování. Zpracovávání zahrnuje maximálně automatizovanou analýzu a numerické modelování časových řad měřených veličin a na vzniklé modely navázanou tvorbu krizových scénářů včetně návrhů bezpečnostních opatření. Následně dochází k distribuci výsledků předchozích činností směrem ke koncovému uživateli, kterého lze rozdělit do dvou základních skupin. Osoby přímo podílející se na řešení skalního říčení a potenciálně ohrožené obyvatelstvo.

**Klíčová slova:** Skalní říčení, Včasná varování a vyrozumění, Numerické modelování, Komplexní systémy.

## ABSTRACT

The aim of the research project No. VG2010201403 "Informational expert system for early warning and notification as a consequence of the risks of rock avalanches" is the development and implementation of information-expert, community-oriented system that is designed to promote a greater effectiveness of risk management rock avalanches. System integrates tools for collecting and transmitting data with the tools of their fast processing and evaluation. The processing includes up automated analysis and numerical modeling of time series of measured values and the resulting linked models creating crisis scenarios, including proposals for protective measures. Then there is the distribution of the results of previous activities towards the end user, which can be divided into two basic groups. Persons directly involved in the solution of rock falls and potentially vulnerable population.

**Key words:** Rock Avalanches, Early Warning And Notification, Numerical Modeling, Complex Systems.

## 1. PROJEKT A JEHO CÍLE

Hlavním cílem projektu č. VG2010201403 je vývoj a implementace integrovaného informačně-expertního, komunálně orientovaného systému, který má napomoci managementu rizik skalního řízení nestabilních skalních svahů ve správním území obce s rozšířenou působností Děčín, podél státní silnici I/62 směrem k hraničnímu přechodu do SRN v oblasti Hřenska a i v samotné obci Hřensko.

Projekt má zlepšit rychlost a kvalitu zjištění kritických dějů nestabilních skalních masivů spojených s přípravou a realizací řízení již nastalé situace skalního řízení a jí ovlivňujících procesů, jakož i následně zlepšit míru a rychlost informovanosti bezpečnostních orgánů a složek včetně možnosti včasné, přesně lokalizované informace v podobě varování a vyrozumění. Lokalizací se rozumí geografické i funkčně-organizační určení cíle příslušné informace. Vedle včasného zjištění nástupu nebezpečné situace v potenciálně nestabilních úsecích skal quasi-kontinuálním monitorováním musí systém zajišťovat i rychlou, jednoznačnou informaci, která bude východiskem pro okamžitou a současně dostatečně informovanou reakci na místní (evakuace a uzavření ohroženého prostoru) i regionální úrovni (objízdné trasy, spuštění sanačních prací).

Podstatou projektu je tedy přidat k daným, v mnoha případech již existujícím technologiím potřebnou uživatelskou nastavbu v podobě efektivního řízení rizik. Jedná se zejména o zajištění včasné a jednoznačné distribuce potřebných informací cílovým skupinám dotčených subjektů. Ve skutečnosti se jedná zejména o zabezpečení varování občanů v ohroženém místě na jedné straně a na druhé vyrozumění orgánů a složek příslušných k řešení nastalé situace. Součástí celého řešení je i soubor

bezpečnostních opatření popisující doporučené činnosti vedoucí k minimalizaci škod a ztrát v rámci managementu rizik skalního řízení v jednotlivých stádiích. Samotná instalace a zprovoznění monitorovacího systému totiž nemůže poskytnout požadovanou funkčnost v oblasti řízení rizik skalních řízení.

Praxe jasně ukazuje, že klíčové faktory pro úspěšnost využití monitorovacího a následně vyrozumivacího systému jsou tři:

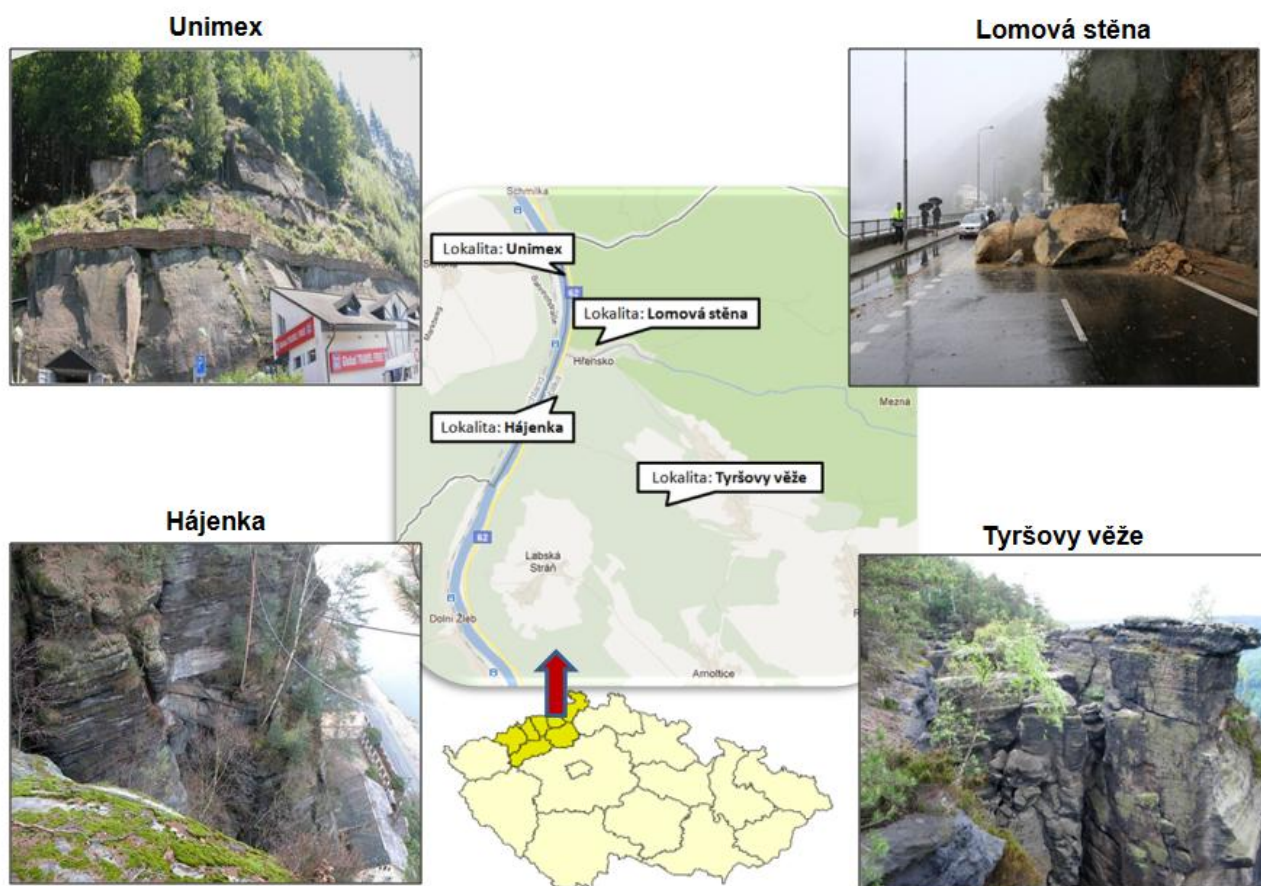
- Prvním je vhodná volba metodiky zpracování dat z měření tak, aby byly získané pokud možno veškeré informace v těchto datech obsažené a dále tyto informace správně interpretovány.
- Druhým faktorem je správné nastavení a zajištění dostatečné rychlosti datových toků mezi monitorovacím systémem a jeho uživateli, zejména pak uživateli koncovými, jakož i přímo ohroženými občany, u nichž by jakékoli prodlení v doručení znamenalo neúměrné navýšení rizika.

- Třetí faktor představuje distribuce uživatelsky zpracovaných výsledků s návrhem modelových bezpečnostních (typových) scénářů, a to individuálně přizpůsobených pro každou ze sledovaných lokalit.

Ucelené řešení bude sloužit ve sledovaných lokalitách pro zvýšení bezpečnosti občanů a zajištění kontinuity provozu základní infrastruktury daného území. Podkladem pro dosažení tohoto cíle bude propojení detekčních a modelovacích nástrojů s prvky zajišťujícími včasné varování a vyrozumění, včetně možnosti portálového sdílení a distribuce potřebných doplňujících dat a doporučených typových scénářů řešení. Implementací systému se zvýší efektivita celkové prevence a následné informační podpory vlastního rozhodování při řízení a řešení mimořádných událostí v důsledku pohybu skalního masivu.

Vzhledem ke značné rozsáhlosti celé oblasti byly v rámci tohoto výzkumného projektu vybrány k bližšímu zkoumání následující sledované lokality s výskytem nebezpečí skalního řícení:

- Lomová stěna
- Tyršovy věže
- Hájenka
- Unimex



Obrázek č. 1: Sledované lokality

Základní předpoklad pro dosažení stanoveného cíle představuje podrobná analýza sledovaných lokalit včetně vztahů a vazeb jednotlivých dotčených subjektů k této problematice v souladu s platnými právními předpisy ČR a místními specifiky.

## 2. MODEL ŘÍZENÍ A ŘEŠENÍ

Moderní přístupy managementu rizik kladou velký důraz zejména na efektivní transfer a hodnocení dat včetně jejich sdílení, a to za podmínek nízké míry zranitelnosti a rychlé dostupnosti. Informační technologie a sítě tedy proto vstupují stále více do našich rozhodovacích procesů na různých úrovních a v různých oblastech. Velké objemy dat a jejich analyzování jsou pro nás důležité nejen z pohledu zjištění aktuálního stavu, ale i pro budoucí prognózování chování systémů. Jen to umožní pružně a efektivně reagovat na měnící se situace, mnohdy až kritického charakteru.

Pro efektivní podporu managementu rizik v oblastech inženýrské geologie a geomechaniky je třeba použít aplikaci nových, vysoce nestandardních metod analýz a modelování časových řad kontrolního sledování, které vycházejí z oblasti teorie komplexních dynamických systémů, resp. nelineární dynamiky. Tyto metody umožňují jak popisně lepší, tak matematicky přesnější uchopení reálného vývoje porušování komplexního, vysoce interaktivního, nerovnovážného skalního svahu. Zároveň jsou schopny identifikace informace, dosud před běžnými metodami skryté, nicméně diagnosticky a prognosticky velmi důležité, které jsou v těchto řadách měření obsažené.

Pro monitoring skalního řízení na mezinárodní silnici I/62 ve Hřensku a v ostatních sledovaných lokalitách je třeba vždy nalézt efektivní způsob sledování bezpečnostního hlediska nestability masívu a včasného informování před případným skalním řízením. Takovýto nástroj by měl být plně automatizovaný, s prvky samo-rozhodování.

K zajištění takového řešení je třeba nejen nainstalovat potřebnou monitorovací technologii, ale zároveň zajistit i vyhodnocení dat v reálném čase prostřednictvím předem stanovených matematických metod a zejména provést nastavení pravidel pro bezpečné řízení území. Nezbytně nutné je dokázat přenést kompetence a rozhodování přímo na osoby podílející se na řízení této situace, tedy jakémusi „krizovému týmu“. Tento tým se však musí opírat o aktuální data a doporučení z měření skalního masívu tedy z informačního systému pro online monitoring, analýzu a hodnocení. Rozhodující podmínkou pro efektivní fungování celého systému je docílit souladu mezi technickou a rozhodovací částí navrženého řešení. Všichni členové týmu musí mít pomocí moderních technologií k dispozici v každém okamžiku aktuální data o vývoji možného nebezpečí. Je ovšem velmi důležité mít složený krizový tým jednak interdisciplinárně z pohledu odbornosti, a dále kompetenčně z pohledu možnosti rozhodování o dané situaci. V prvním případě se jedná o odborníky z pohledu inženýrské geologie, informačních technologií, informatiky, matematiky a krizového řízení, v druhém

případě potom o zástupce správce území, správce komunikace a případně další dotčené subjekty.

Ucelené řešení bude sloužit ve sledovaných lokalitách pro zvýšení bezpečnosti občanů a zajištění kontinuity provozu základní infrastruktury daného území. Podkladem pro dosažení tohoto cíle bude propojení monitorovacího (detekčního, modelovacího a vyhodnocovacího) nástroje s prvky zajišťující včasné varování a vyrozumění, včetně možnosti systémového sdílení a distribuce potřebných dat a doporučených typových scénářů řešení. Navrhovaný systém zvýší efektivitu celkové prevence a následné informační podpory vlastního rozhodování při řízení a řešení mimořádných událostí vzniklých v důsledku pohybu skalního masivu.

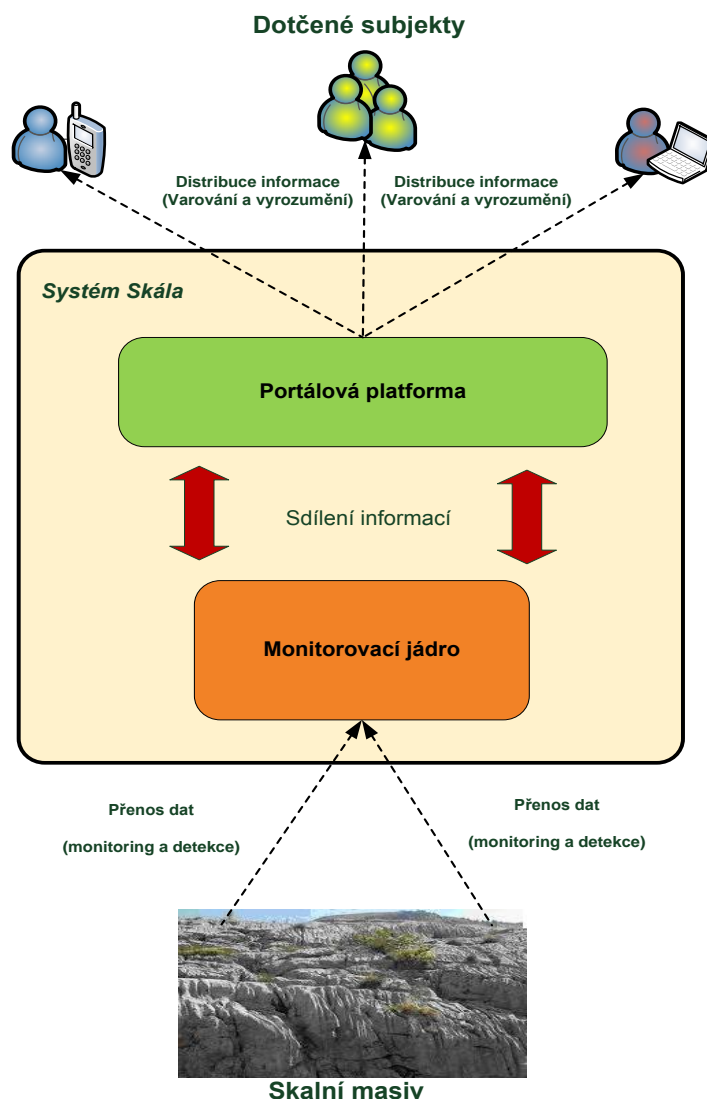
Celé řešení tak výraznou mírou přispívá k posílení bezpečnostního prostředí na municipální úrovni v lokalitách s výskytem tohoto jevu.

### **3. KONCEPT SYSTÉMU SKÁLA**

V současné době v podmínkách České republiky neexistuje jednotný integrovaný expertní systém, který by zajišťoval podporu nepřetržitého komplexního, automatického monitoringu a kontinuálního hodnocení s predikcí aktivit skalního masivu, včetně přímé vazby na včasné varování a vyrozumění v podobě dostatečného informování potřebných osob v ohrožené oblasti. Dostupné systémy se zabývají pouze bodovým monitoringem a predikcí vývoje pohybu skalního masivu bez vazby, z hlediska přenosu aktuálních informací, na bezpečnostně odpovědné orgány území či samotné potenciálně ohrožené obyvatelstvo. Hlavní přínos a jedinečnost předkládaného konceptu je tedy ve vzájemné symbióze inovativních metod modelování detekovaných aktivit a následné interpretací směrem k zainteresované jak odborné, tak i laické veřejnosti.

Navrhovaný koncept Informačně expertního systému včasného varování a vyrozumění v důsledku stanovení rizik skalního řícení se skládá ze dvou základních komponent:

- Monitorovací jádro.
- Portálová platforma.



Obrázek č. 2: Základní schéma Informačně expertního systému včasného varování a vyrozumění v důsledku stanovení rizik skalního řícení

Celé řešení je postaveno na interoperabilitě výše uvedených technologických částí a jejich dat. Monitorovací jádro je určené k zajištění aktuálního a kontinuálního sběru dat o pohybech sledovaného skalního masivu, s následnou schopností detekce mezních hodnot (varovných prahů) indikující potenciální nebezpečí v podobě skalního řícení. Součástí monitorovacího jádra je i modelační funkcionalita umožňující stanovit predikci dalšího vývoje sledovaného masivu. Informace o dosažení varovných prahů na sledovaných lokalitách je přenášena z monitorovacího jádra do portálové platformy, kde dochází k okamžité distribuci této informace předem nadefinovaným skupinám subjektů, které jsou vzniklou situací přímo dotčeny. Součástí interpretace v portálové platformě jsou i nezbytná doporučení dalších činností a způsobů chování v bezprostředním okolí monitorovaných lokalit.

Portálové řešení představuje centralizovanou datovou základnu, jejíž hlavní účel spočívá v kumulaci potřebných dat a následně jejich včasnou a správnou interpretaci definovaným skupinám uživatelů systému. Vlastní portál je datově velmi úzce provázán s monitorovacím jádrem, od kterého přebírá aktuální informace o dosažení



přednastavených hodnot varovných prahů. Při dosažení těchto mezních hodnot, automaticky dochází k aktivaci procesu varování a vyzoomění definovaných skupin osob o nastalé situaci. Dále portál obsahuje celou řadu informací, jedná se např. o evidenci vyzooměvaných osob, typové scénáře řešení nastalých situací, informace o jevu skalního řízení a další. Vzhledem ke skutečnosti, že portálová část systému bude volně otevřená širokému publiku a vzhledem k charakteru dat, které se zde mohou vyskytovat je více než nutné, z bezpečnostních důvodů, portál rozdělit na veřejnou a neveřejnou část.



Obrázek č. 3: Ukázka systému SKÁLA

## LITERATURA:

ICL/IPL/UN ISDR (2006): “2006 Tokyo Action Plan” Strengthening Research and Learning on Landslides and Related Earth System Disasters for Global Risk Preparedness.

Zvelebil J, Nechyba M, Paluš M (2008) Automated monitoring and forecasting of rock fall danger in space and time: practical field experience. Geophysical Research Abstracts 10, April, 04352.

Zvelebil J, Nechyba M, Vilímek V (2008) How risky is our Risk management: Dynamical Networks Approach. Geophysical Research Abstracts 10, duben, 04367-8.

Zvelebil, J., Paluš, M. (2006): Some applications of nonlinear dynamics in rock fall risk assessment and early warning. In Aharonov, E. et al.: Coupling in Earth Systems: Solids, Fluids, Life. The 26th

IUGG Conference on Mathematical Geophysics, s. 32. Geological Survey of Israel. Jerusalem.

Zvelebil J (2009) Complex Systems Education for natural Hazards and from bottom to up  
Pushing of Government and Officials: A Case Study. Annales Geophysicae, 16, Supp. IV.NP1.1082

Zvelebil, J., Nechyba, M. (2009): Závěrečná zpráva grantového projektu 1ET110190504 „Integrovaný informační systém pro monitoring, analýzy a predikce dynamiky deformací v geosystémech“ Archive Geo-tools and project partners.

Dokumentace výzkumného projektu č. VG20102014030 – Informačně expertní systém včasného varování a vyrozumění v důsledku stanovení rizik skalního řízení.

Článek recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.