



EXECUTIVE SUMMARY - 2009



Time series from automatic dilatometric monitoring of displacements on cracks within sandstone rock objects called Lugano and Norway 2 were interpreted.

The monitoring sites are placed on steep rock walls rock above the Hřensko village and an international road towards a Czech-German border-cross point. Monitoring has been lasting for 16 month. Six measuring sites with measuring frequency of every 5, resp. 200 minutes have been instrumented at Lugano, resp. Norway 2 site.

Lugano Site

There is an irreversible deformation registered at two places. Big boulder documentation point No. 32 placed at the very edge of rock wall above village buildings is toppling towards the valley with rate 0,11 mm/y at its east corner (figs. 1- 5) and 0,17 mm/y at its western one (figs. 6-10) . At the contact of top and middle blocks of the face of rock wall (doc. point No 742), there is irreversible reduction of crack width by 0,22 mm/y (figs.15-17). Block kinematics of this displacement has still remained unclear. There are only reversible displacements by changes of volumes of rock blocks due to changes of air temperature on the other measuring sites.

Displacement dynamics is not showing any indices of early occurrence of the rock fall at both the places. Yet, displacement rates are slightly above the regional average of long time creeping displacements in brittle sandstone rock mass.

Norway 2 Site

The big, top boulder of rock pillar in slope above the international road and walking path to boundary cross-point is slipping diagonally towards the southern flank of the pillar. Displacement rate is ranging between 0,10 and 0,35 mm/y. There are only reversible displacements by changes of volumes of rock blocks due to changes of air temperature on the other measuring sites.

Conclusions

Data provided by the automatic monitoring has enabled to detect irreversible movements on cracks in sandstone rock mass in spite of operation problems of instruments on both the monitored sites. There data taker was destroyed by vandalism with effect of 4 month lasting data-gap at the Norway 2 Site. Stick-slip noise of irrelevant micro-displacements by mechanical defect of several sensors was detected and compensated for the final evaluation of data at the Lugano Site.

Jaroslav Řežník



VÝROČNÍ ZPRÁVA ZA ROK 2009 ČÁST II.

**„Monitoring geodynamických jevů s využitím
automatického systému kontrolního sledování pohybů
pískovcových skalních masívů s dálkovým přenosem
dat“**



II. Hodnocení dat získaných automatizovaným měřícím systémem

Důvodem nasazení automatizovaného monitoringu je, vedle okamžitého zajištění prostoru pod nestabilním objektem před neočekávaným řícením, i mnohem vyšší citlivost metody identifikace existence a poté i stanovení charakteristické dynamiky a prostorového rozložení nevratného, tj. svahového pohybu. Je tomu tak díky mnohem vyšší četnosti a úplné pravidelnosti měření. Značný objem dat o výše specifikovaných vlastnostech totiž umožňuje využití kvalitativně nových analyticky-interpretačních metod (např. Zvelebil, Paluš, Novotná 2006, Zvelebil, Vařilová, Paluš. 2008). Množství jimi získávané informace pak podstatně převyšuje vypovídací schopnost měření ručních.

Protože chody měřených deformací jsou z velké části závislé na objemových změnách pískovců probíhajících v závislosti na denních a sezónních změnách teploty, které jsou vratné (takzvané standardní chody deformací, které je možno naměřit i na stabilních svazích), a jen menší část měřených pohybů je nevratná, generována svahovým pohybem, je základem interpretace odlišení vratných standardních složek od nevratné, svahovým pohybem, resp. porušováním pískovců produkované deformace.

Bohužel několikrát došlo z nejrůznějších technických i klimatických příčin k přerušení pravidelného měření. To velmi omezilo výběr nových analyticky-interpretačních metod (vyloučilo zejména různé modifikace rekurenční analýzy v mnohorozměrných prostorech a prakticky i numerické analýzy informačně-teoretického potenciálu za využití surrogate dat) na použití korelogramů. Budoucí implementaci dosud nevyužitých, výše specifikovaných metod v budoucnosti je pravděpodobná za podmínky, že kontinuita a délka časových řad bude vyšší.

II.A. Lokalita Lugano

Jedná se hloubkově rozvolněnou zónu v masívu hlavní stěny. Zóna je reprezentována deskovitými bloky vějířovitě vykloněnými do údolí. Celková výška zóny je cca 20m a zvedá se přímo nad zástavbou obce. Již v roce 2002 byla její spodní část havarijně – tj. v nejnutnější míře sanována. Bezprostředně nestabilní nejnižší skalní šupina byla tehdy podepřena železobetonovým, kotveným prvkem.

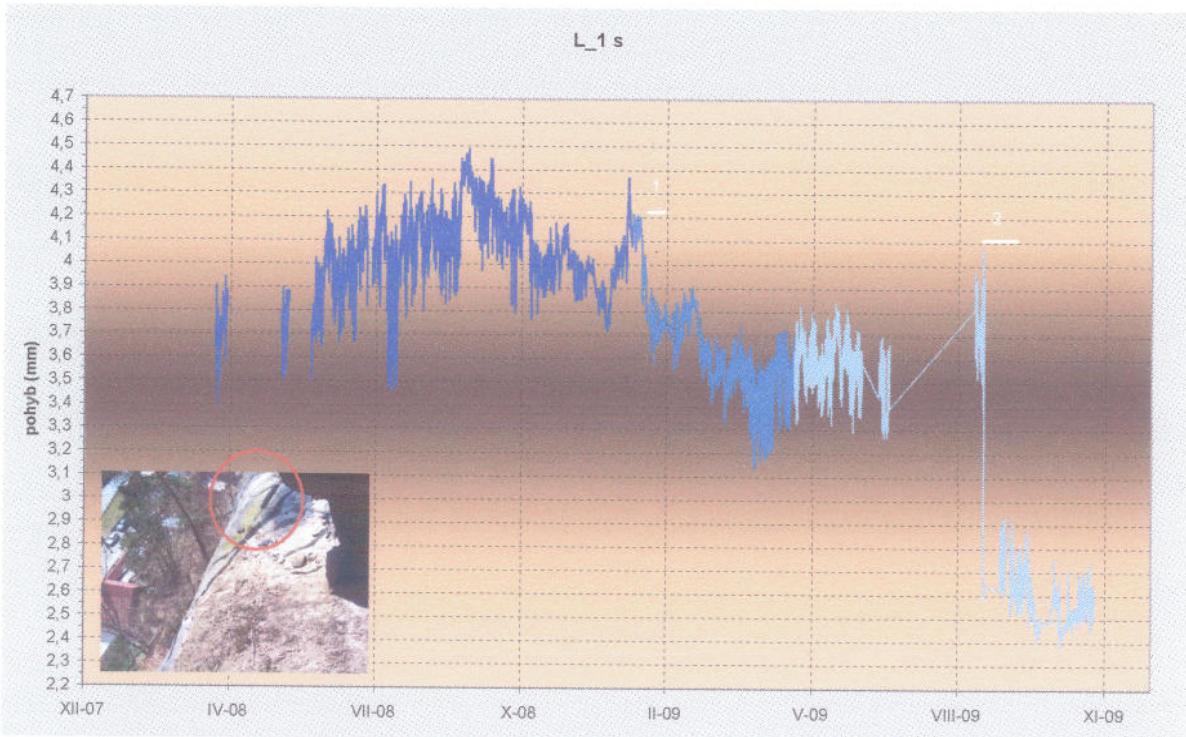
Havarijní nestabilita byla zjištěna z časových řad kontrolního sledování ručními dilatometry. Kontrola účinnosti sanace – pak byla prováděna pokračováním ručních dilatometrických měření a dále i měřením automatizovaným. Posledně uvedené bylo po ověření její účinnosti sanace na stabilitu sanované šupiny demontováno, zatímco ruční měření pokračuje až do současnosti.

Právě ruční dilatometrický monitoring i nadále dlouhodobě zachycoval nevratné deformace plouživého charakteru – tj. o velikostech v řádu desetin a setin mm za rok. Tyto deformace byly dokumentovány zejména v horní až střední části masívu, přičemž jako na nejvíce potenciálně nebezpečné se ukázaly blok dokumentační číslo 32 při horní hraně a dále soustava skalních šupin č.742 a silně porušený skalní pilíř č.739.

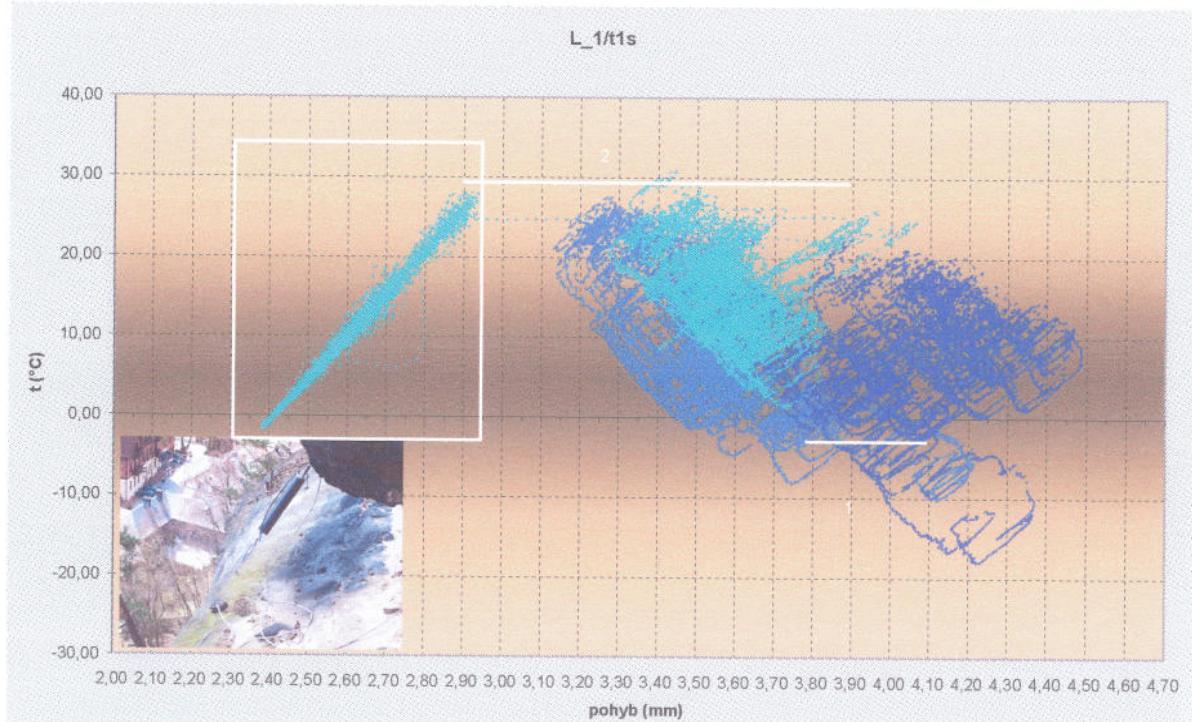
V roce 2008 tedy bylo proto přikročeno k osazení šesti klíčových stanovišť automatizovaným měřením. Tato stanoviště se nachází na bocích bloku dok. bod č. 32 při horní horní hraně (L_1 a 2) a v horní třetině masívu 742 (L_4 a 5) a masívu 739 (L_3). Nově byla do sledování zařazena potenciálně nestabilní skalní šupina západně od předmětných masívů (L_6). Ta svým případným pádem ohrožuje sousední objekt hotelu Oáza a další s tímto objektem od západu sousedící obytný dům. Detailní poloha stanovišť

i geometrické uspořádání každého z e stanovišť je patrno z fotografií, které jsou součástí grafické prezentace výsledků (Obr. 1 až 16).

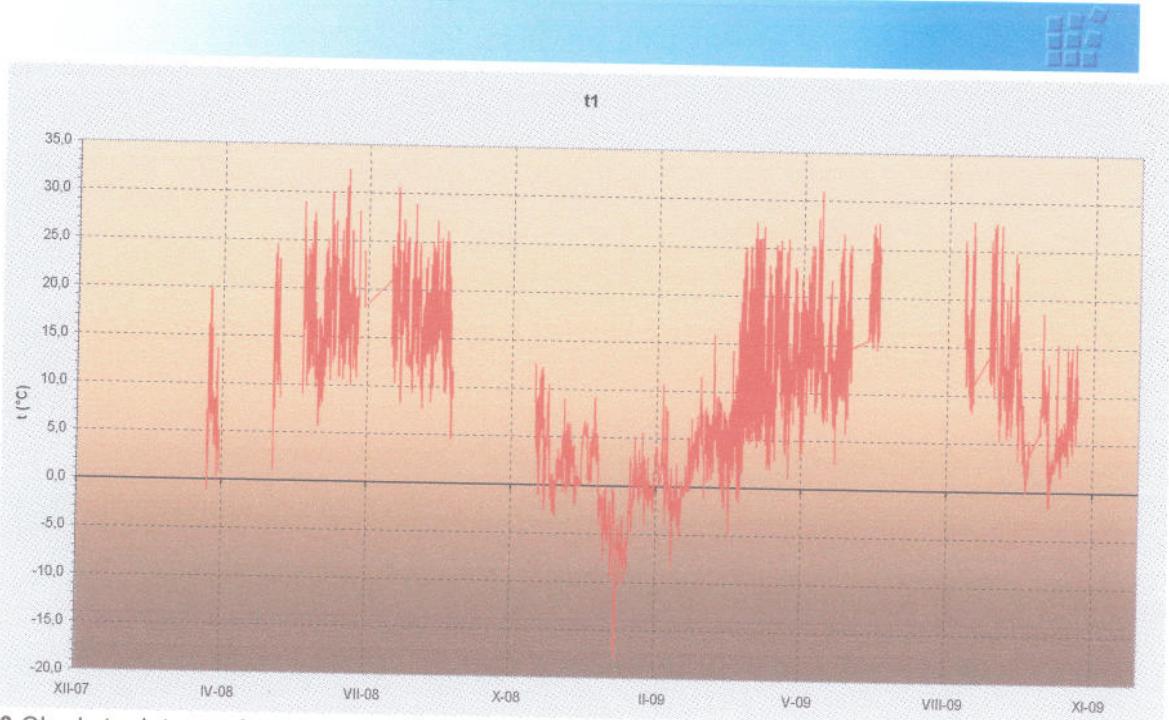
Východní bok bloku dok. bod č. 32 - Stanoviště L1



Obr. 1 Chody deformací na východním boku objektu dok. bod. č. 32 – surová data



Obr. 2 Korelogram chodů teplot a deformací na východním boku objektu dok. bod. č. 32 – surová data



Obr. 3 Chody teplot na východním boku objektu dok. bod. č. 32

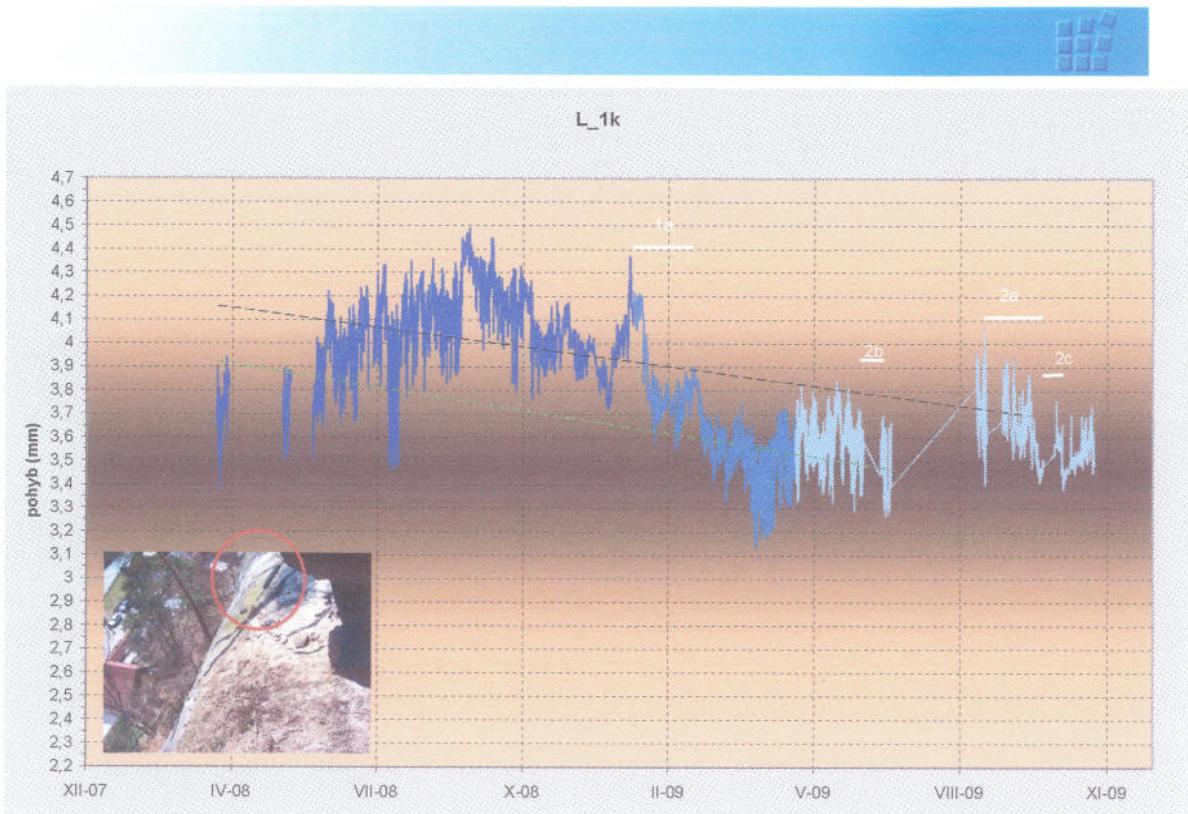
Stanoviště L-1 je umístěno na východním boku do údolí vykloněného, k hraně skalní stěny přemístěného bloku dok. Bod č. 32.

Interpretace:

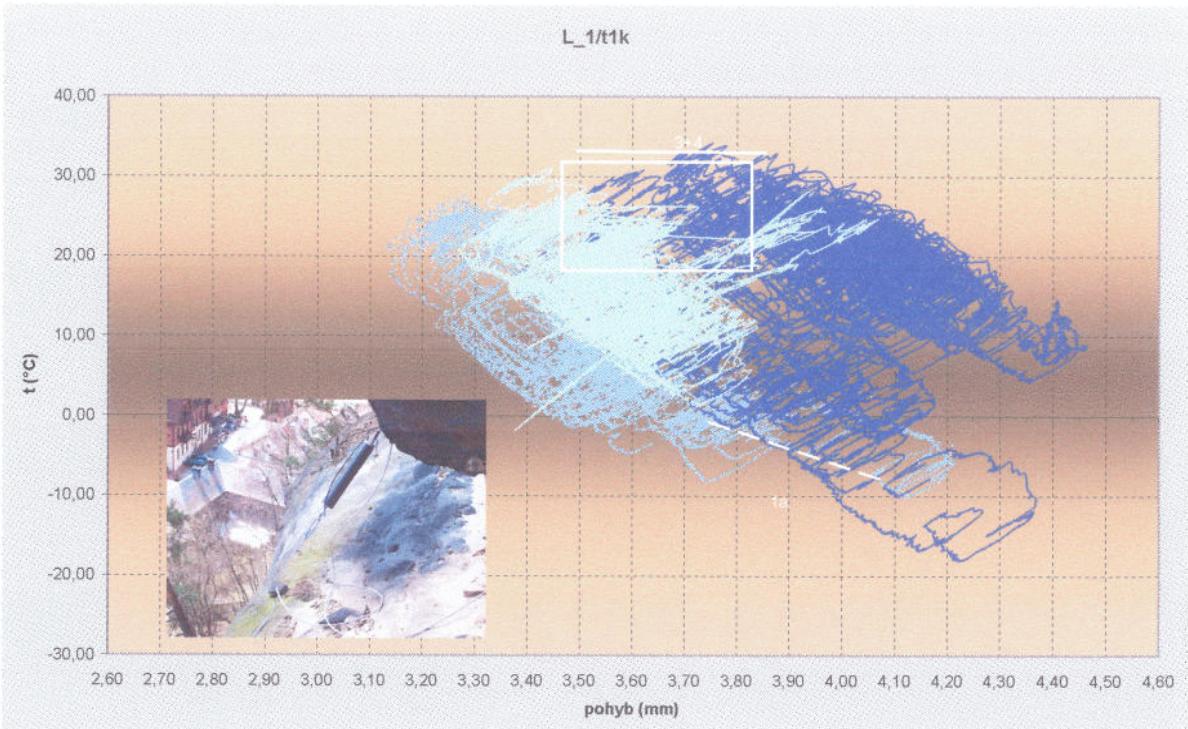
Graf surové časové série L1 (obr. 1) je, s ohledem na dílčí přerušení měření a možný prokluz rozsahu měření (samovolném zmenšení měřené vzdálenosti), třeba hodnotit s velkou obezřetností. Na křivce chodů změn měřených hodnot byly - jako pracovní hypotéza, identifikovány čtyři období výrazných zkracování měřené vzdálenosti, která by mohla být ovlivněna prokluzování epizodami.

Koreogram dynamik surové časové série L1 a chodů teplot t1 na tomto stanovišti (obr. 2) pak posloužil ke kontrole výše popsané pracovní hypotézy a eventuální identifikaci ještě dalších možných prokluzových epizod a jimi vzniklých nevratných deformací. Z topologie koreogramu je, stejně jako z grafu L1 patrné, že hlavním obdobím bylo č. 1. navíc však je zněj patrno, že i po tomto období došlo k dalším dvěma prokluzům, na koreogramu označovaných jako 1b a 1c. Naproti tomu nevratným prokluzem bylo pouze období 2a, zatímco změny v obdobích 2b a 2c byly velmi pravděpodobně deformačními aktivitami měřených skalních bloků.

Surové měřené hodnoty proto byly kompenzovány odečtením celkové nevratné deformace období 2a, 2b a 2c znova vyneseny v obr. 4. Z grafu takto kompenzovaných hodnot byl stanoven celkový trend nevratných deformací pro chody deformací ve kterých byla irrelevantní deformace období 1 pravděpodobně kompenzována. Tento trend je nazýván kompenzovaným trendem $\varepsilon_1 = -0,45 \text{ mm}/16 \text{ měsíců}$. Dále byl stanoven celkový trend deformace pro období ovlivněných pouze irrelevantní deformací období 1a, a obdobím 2b před přerušením měření, kdy mohlo dojít k dalším, z chodů dat neidentifikovatelným prokluzům, které mohou zkreslovat trend ε_1 . Trend $\varepsilon_2 = -0,35 \text{ mm}/13 \text{ měsíců}$. Pravděpodobný rozsah nevratné deformace ε_p pak byl získán z trendů ε_1 a ε_2 po jejich kompenzacích na deformace období 1a jako $\varepsilon_p = -0,5 \text{ až } -1,5 \text{ mm}$, tj. $\varepsilon_p = -0,046 \text{ až } -0,112 \text{ mm}/\text{rok}$, resp. $-0,08 \text{ mm}/\text{rok}$.



Obr. 4 Chody deformací na východním boku objektu dok. bod. č. 32 – částečně kompenzovaná data



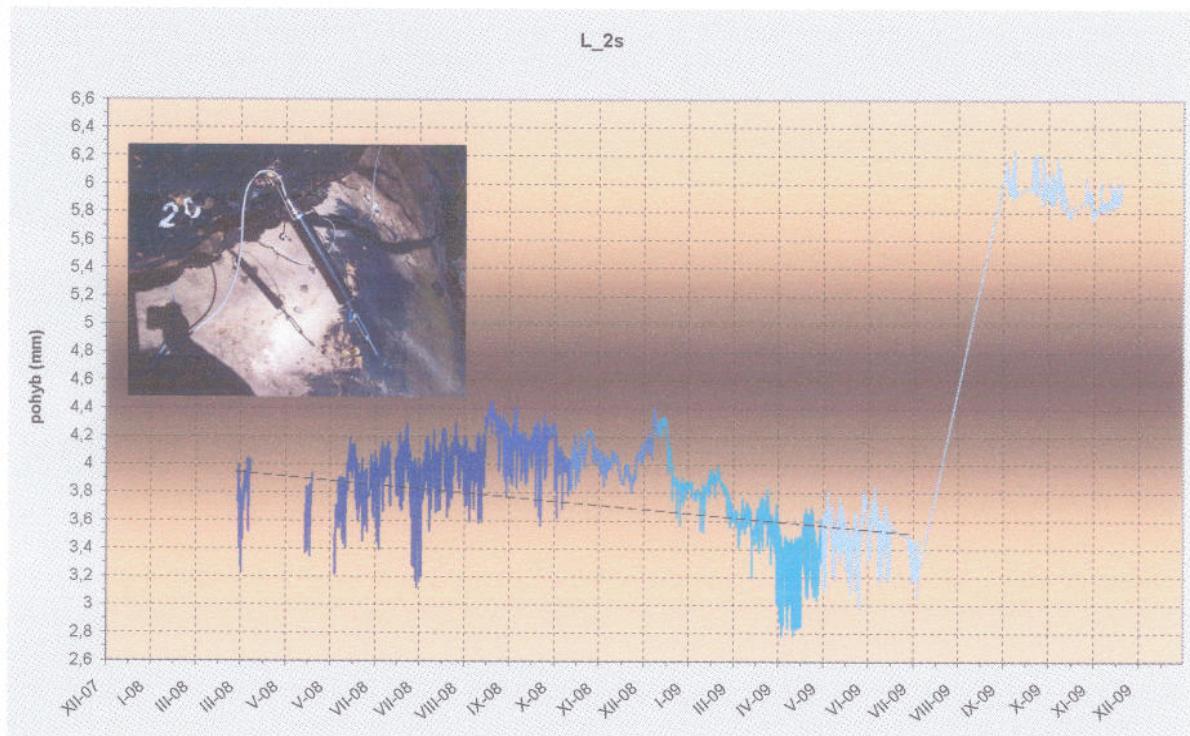
Obr. 5 Koreogram chodů teplot a deformací na východním boku objektu dok. bod. č. 32, stanoviště L1 – částečně kompenzovaná data

Je velmi pravděpodobné, že na stanovišti L1 existuje nevratný pohyb. Jeho velikost je zatím možno pouze odhadovat na cca minimálně -0,05 až -0,11 mm/rok. Tímto hodnocením jsou navíc potvrzovány závěry o existenci nevratného z detailního hodnocení

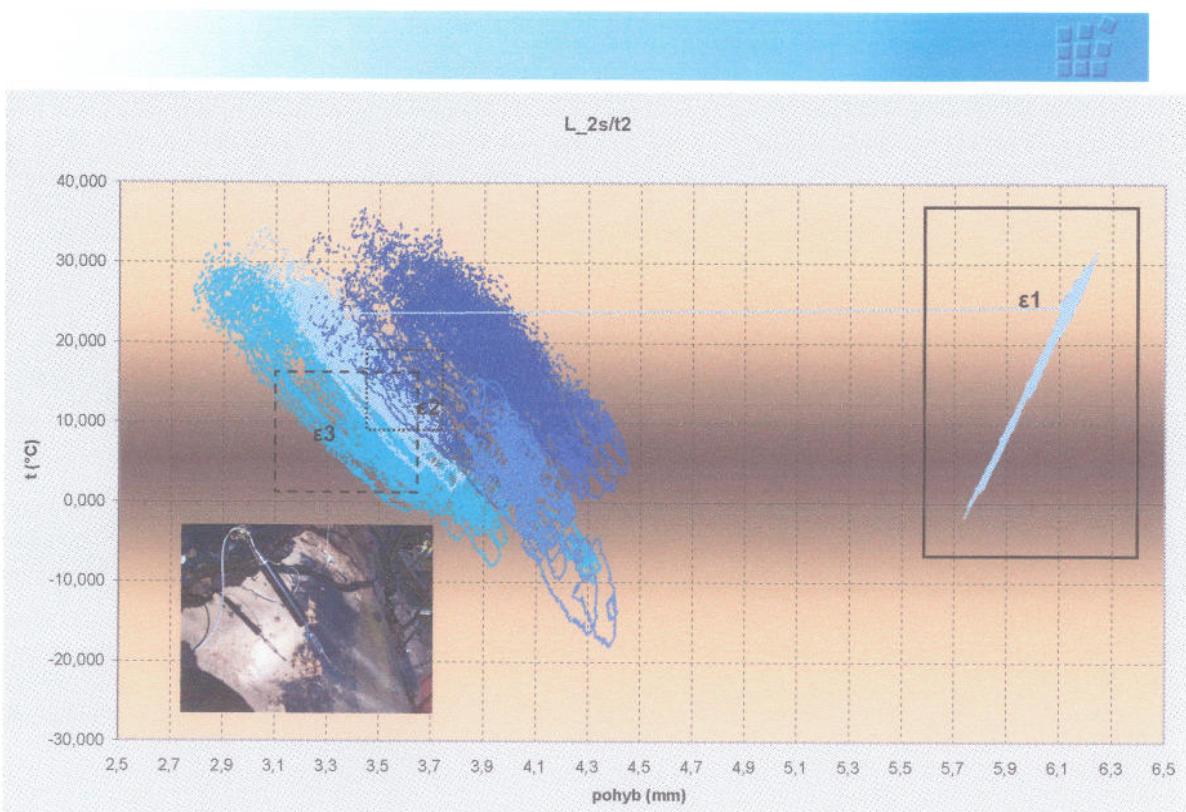
z října 08.

Západní bok bloku dok. bod č. 32 - Stanoviště L2

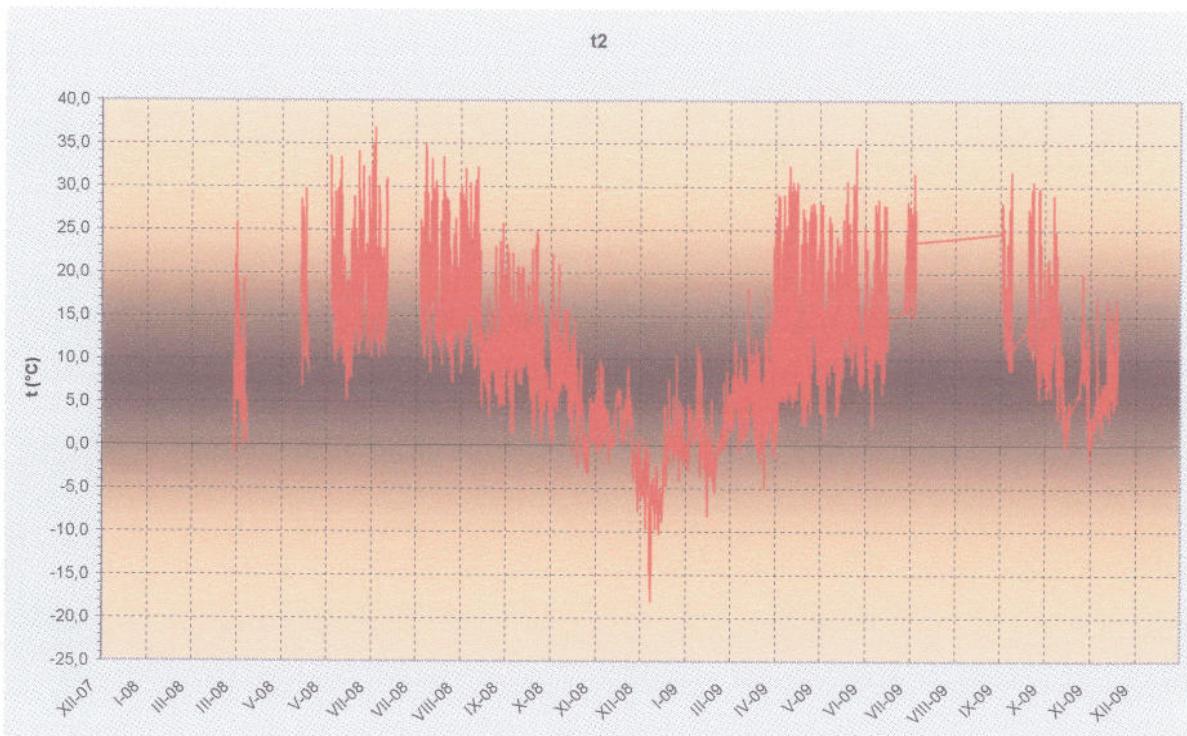
Stanoviště L-2 je umístěno na západním boku do údolí vykloněného, k hraně skalní stěny přemístěného bloku dok. Bod č. 32.



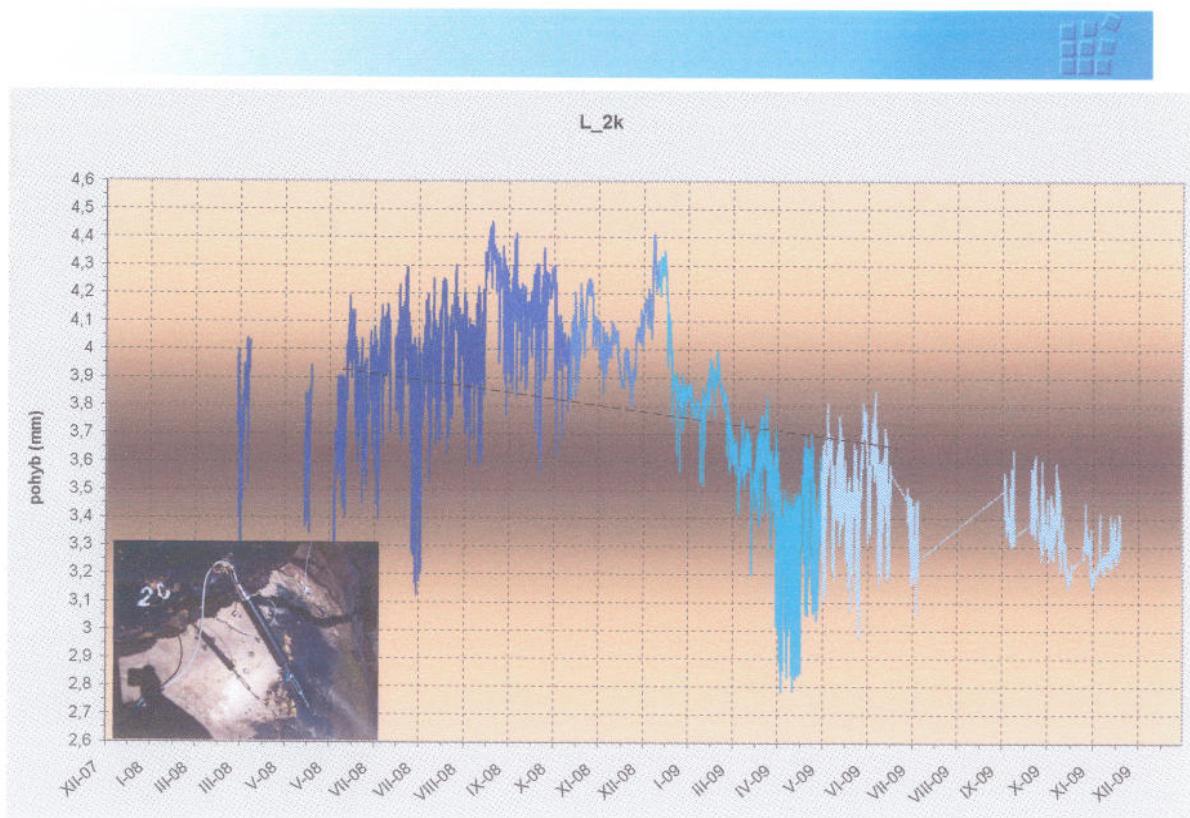
Obr. 6 Chody deformací na západním boku bloku dok. bod. č. 32, stanoviště L2 – surová data.



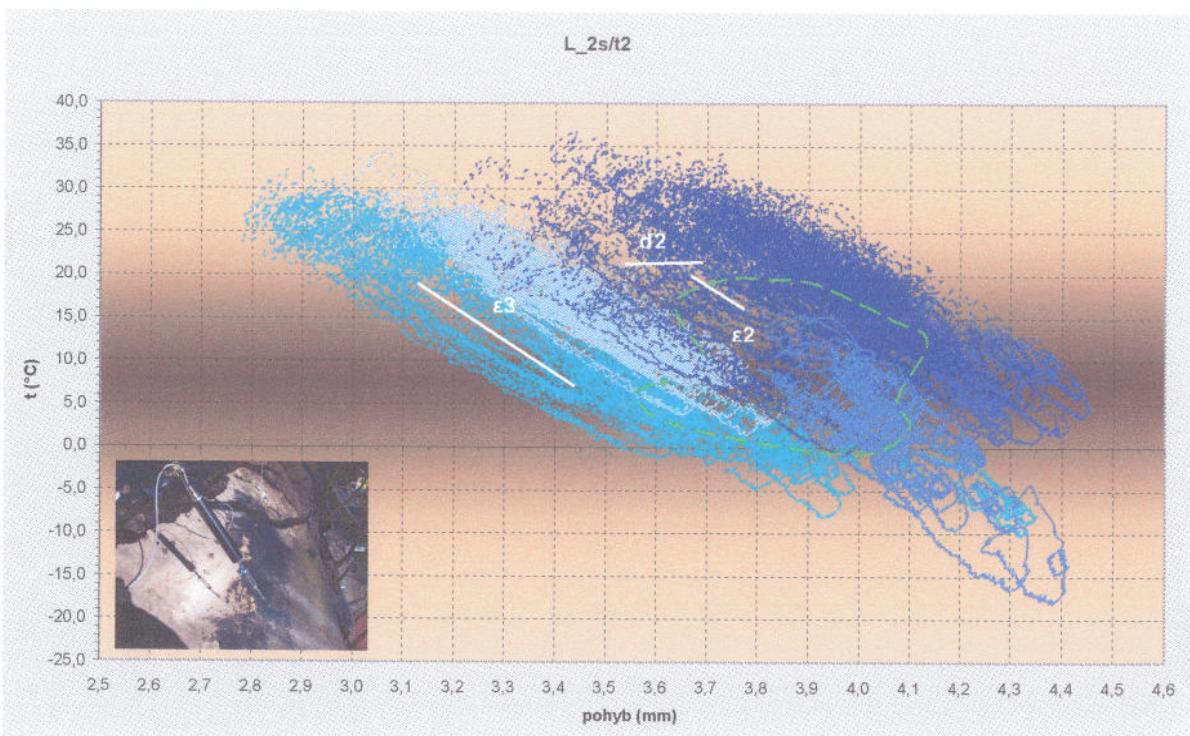
Obr. 7 Koreogram teplot a deformací na západním boku objektu dok. bod. č. 32, stanoviště L2 – surová data.



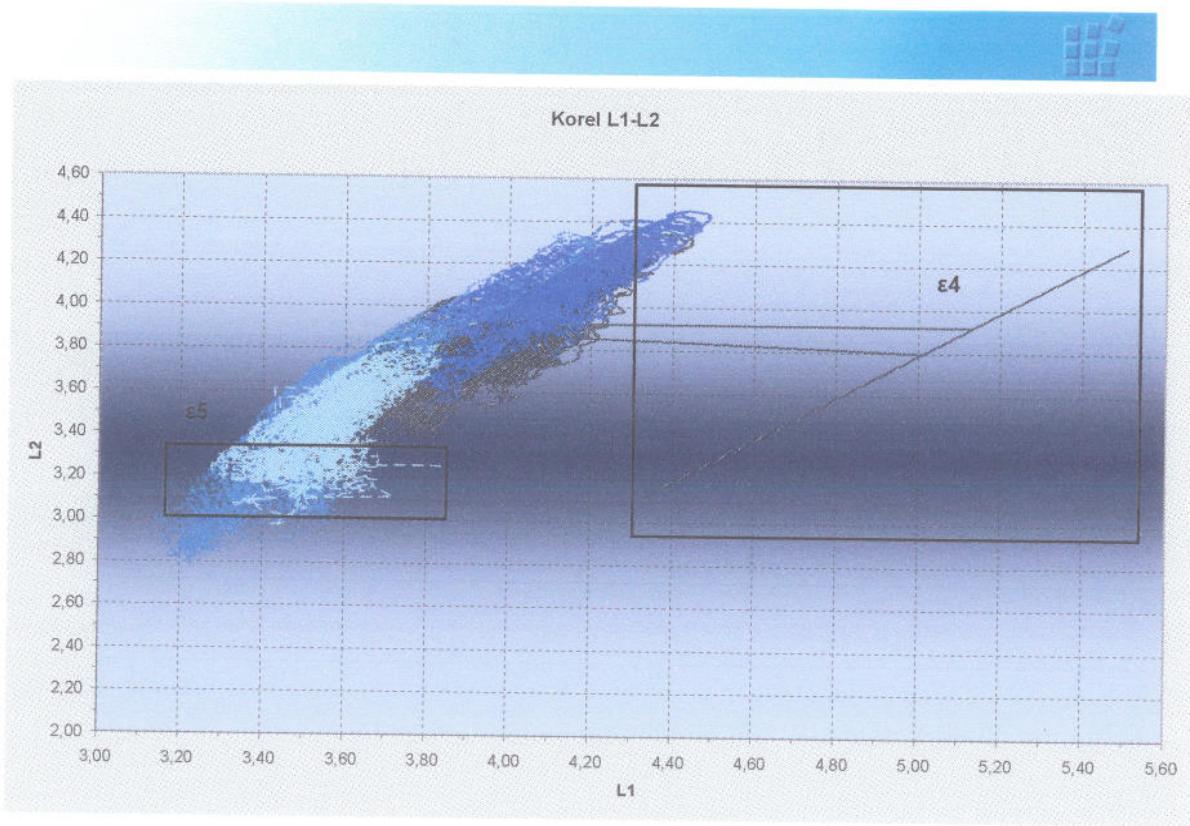
Obr. 8 Chody teplot na západním boku objektu dok. bod. č. 32



Obr. 9 Chody deformací na západním boku bloku dok. bod. č. 32 – částečně kompenzovaná data.



Obr. 10 Korelogram teplot a deformací na západním boku objektu dok. bod. č. 32– částečně kompenzovaná data.



Obr. 11 Korelogram chodů deformací na západním a východním boku objektu dok. bod. č. 32 – částečně kompenzovaná data.

Graf surové časové série L2 (obr. 6) je třeba rovněž posuzovat obezřetně. Na prvním pohled je na něm viditelné přestavení rozsahu měřidla na počátku září 09. Kromě této, k nevratné deformaci nakláněním bloku 32 irrelevantní deformaci, bylo ještě třeba – stejně jako pro stanoviště L1, vyšetřit možnost samovolných prokluzových epizod. To se dělo za pomocí korelogramu surových dat zachyceného na obr. 7. a následně ještě i s pomocí korelogramu chodů kompenzovaných pohybů na stanovištích L1 a L2 (obr. 10).

Korelogram nekompenzovaných chodů deformace (ϵ) a teplot (t) na L2(obr. 7) velmi jasně ukazuje, že všechna měření (ϵ_1) provedená po poslední přestavbě jsou chybná, resp. že snímač byl poškozen. Dále je možno na obrazci vymezit dvě období ve kterých se odehrály změny režimu změn měřené vzdálenosti na teplotě: ϵ_2 na počátku měření na jaře 2008, ϵ_3 pak na jaře 2009.

Graf částečně kompenzované časové série L2 (obr. 9) ukazuje pouze křivku po transformaci na přestavení. Protože transformovaná křivka představuje chybový chod, neskýtá tento graf jinou pomoc pro určení relevantní vratné deformace než určení trendu $d_1 = -0,27 \text{ mm}/12,1 \text{ měsíce}$ pro tu část křivky, která neobsahuje žádná zkreslení.

Korelogram chodů částečně kompenzovaných deformací na L2 a teploty t2 (obr. 10) neskýtá oproti obr. 7 žádnou novou informaci. Nicméně jsme na tomto obr. vyznačili možný maximální rozsah chyb měření ϵ_2 (0,1 mm) a ϵ_3 (0,3 mm) vzniklých na počátku sledování a na jaře 09. Dále jsme se konstrukcí křivky posunu jádra toru dynamiky deformací pokusili odhadnout skutečnou nevratnou deformaci celého platného měření, a to na $d_2 = -0,10$ až $-0,15 \text{ mm}/12,1 \text{ měsíce}$.

Korelogram chodů částečně kompenzovaných deformací na L1 a L2 (obr. 11) ukazuje celkovou podobnost, nikoli však totožnost chodů deformací na obou stanovištích. Úplná shoda průběhu změn ϵ_4 ukazuje na pravděpodobný, časově synchronní výskyt poruchy měření na počátku sledování na obou stanovištích. Tento jev potvrzuje zjištění

z korelogramu na obr. 7. Proto $\varepsilon 4 = \varepsilon 2$. Oblast $\varepsilon 5$ pak ukazuje izolované posuny zachycené na L1, které neměly žádný odraz v chodech na L2. Tento jev je potvrzením chybových chodů měření na L1 a proto $\varepsilon 5 = 2a,b,c$. tento jev je důležitý pro výběr reprezentativní hodnoty relevantní deformace na L1.

Interpretace

Na stanovišti L2 je velmi pravděpodobně zachycována nevratná deformace – zmenšování měřené vzdálenosti nakláněním bloku 32 do údolí. Velikost této deformace odhadujeme na v rozmezí -0,10 až -0,27 mm/1,01 měsíce, resp. cca -0,17 mm/rok.

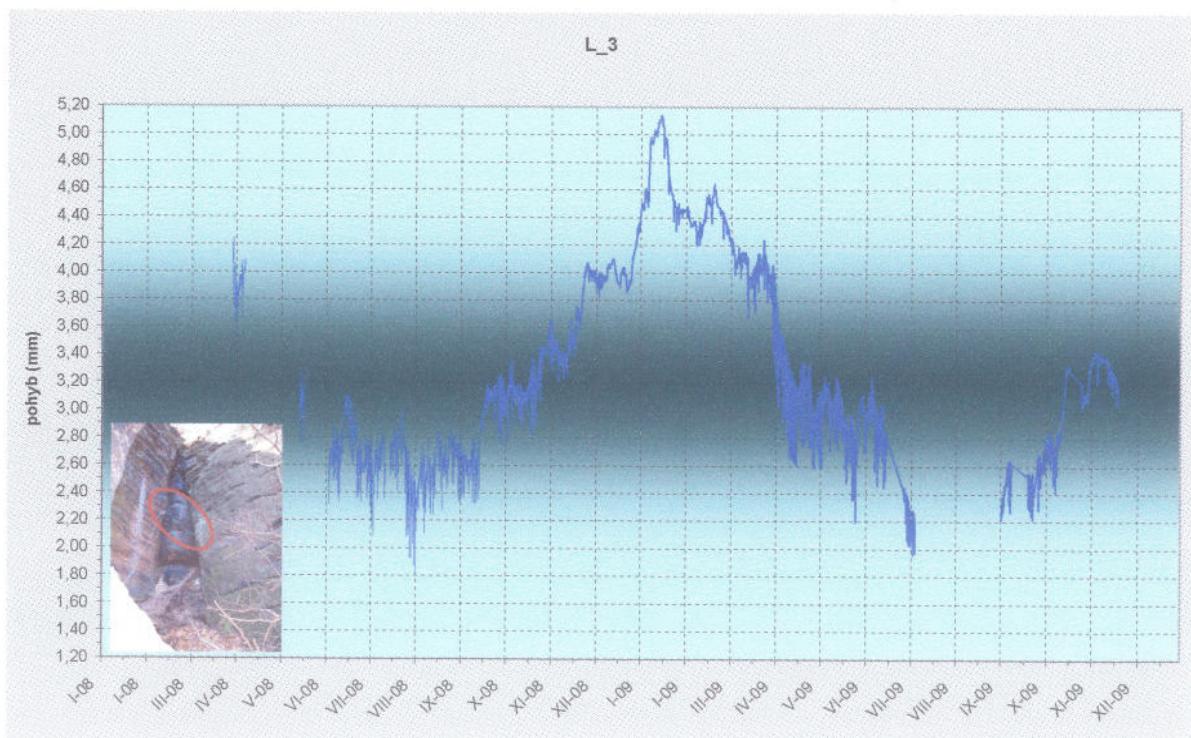
Celková interpretace pro pohyb bloku 32

S ohledem na celkovou podobnost a časovou synchronnost chodů změn měřené vzdálenosti na L1 a L2 je vysoce pravděpodobná i podobnost a synchronnost chodů a podobnost velikostí nevratných deformací. Proto se z rozsahu pravděpodobných velikostí celkové nevratné deformace na L1 spíše přikláníme k hodnotě -0,11 mm/rok. Tato hodnota je v dobré shodě k nejpravděpodobnější celkové deformaci na L2, a to -0,17 mm/rok.

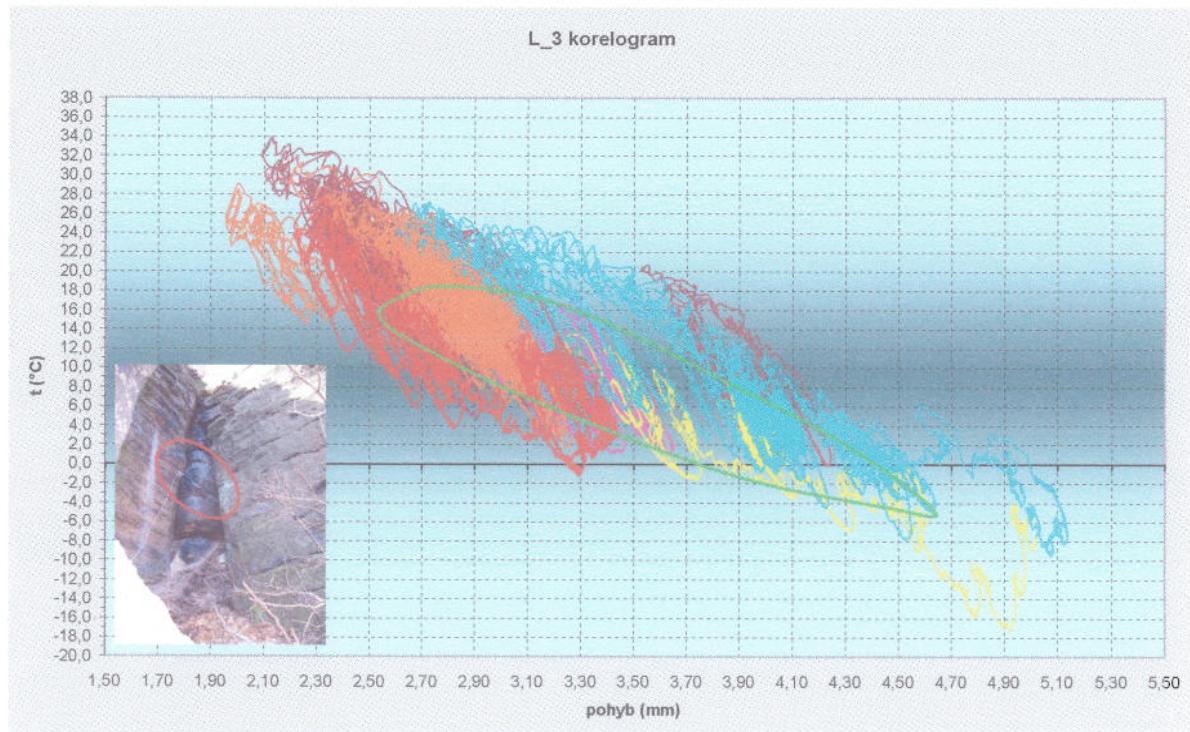
Blok 32 se nevratně vyklání do údolí s rychlosí 0,11 mm/rok na východním a 0,17 mm/rok na západním nároží.

Magnituda nevratné deformace je, s ohledem na velikost bloku, jeho geometrii a geometrii jeho uložení, značná. Proto doporučujeme uvažovat o sanaci bloku jeho stabilizací na místě, a to v časovém horizontu max. 1-3 let. Do té doby doporučujeme bezpečnost budov a osob před nenadálým zhoršením stability bloku 32 zajišťovat automatizovaným kontrolním sledováním s okamžitým srovnáváním naměřených hodnot s hodnotami pro automatické vyhlášení varovného či havarijního stavu.

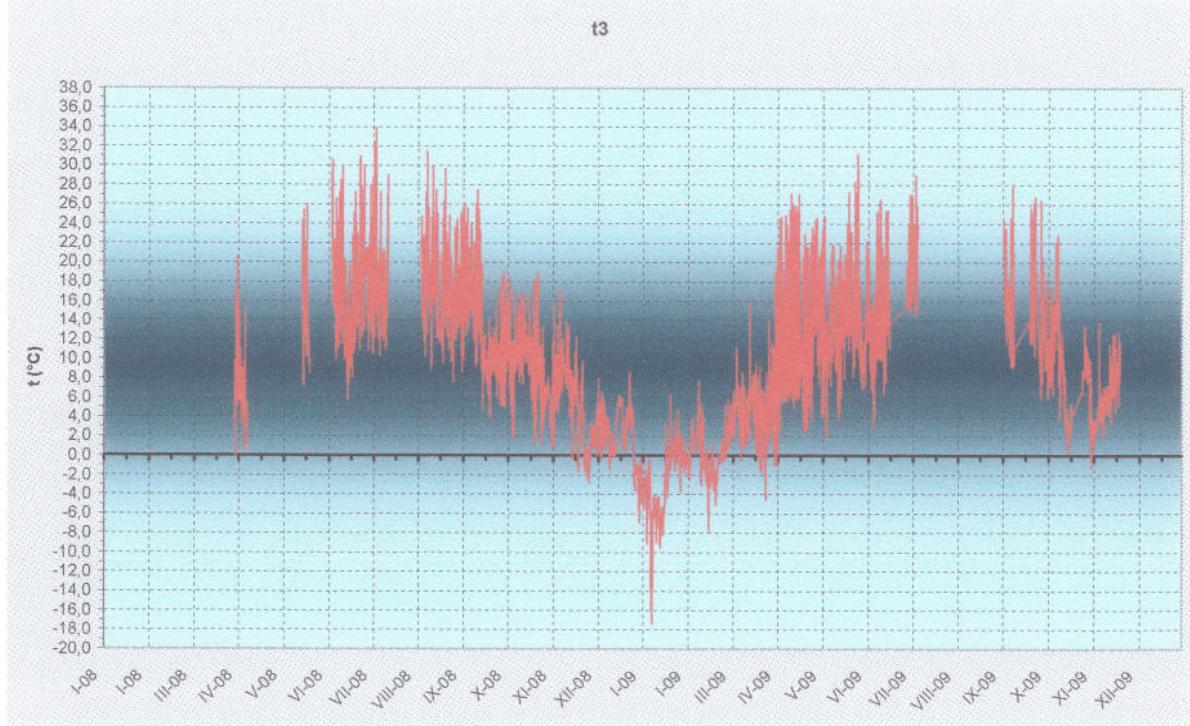
Západním bok pilíře dok. bod č. 739 - stanoviště L-3



Obr. 12 Chody deformací na západním boku objektu dok. bod. č. 739.



Obr. 13 Koreogram teplot a deformací na západním boku objektu dok. bod. č. 739.



Obr. 14 Chody teplot na západním boku objektu dok. bod. č. 739.

Graf časové série L3 (obr. 12) ukazuje pravidelnou křivku sledující denní a sezónní chody vratných deformací bloků v závislosti na změnách teploty vzduchu a oslunění.



Průběh změn tedy nesvědčí o přítomnosti nevratné deformace o magnitudě nad 0,10 mm/rok. Ze však upozorňujeme, že po 1,5 ročním měření však ještě nelze usoudit na existenci či neexistenci nevratných pohybů o rozpětí 0,01 až 0,05 mm/16 měsíců. K tomu je zapotřebí, aby souhrnná jimi dosažená nevratná změna přesáhla výše uváděnou horní hranici 0,05, ještě lépe pak 0,10 mm.

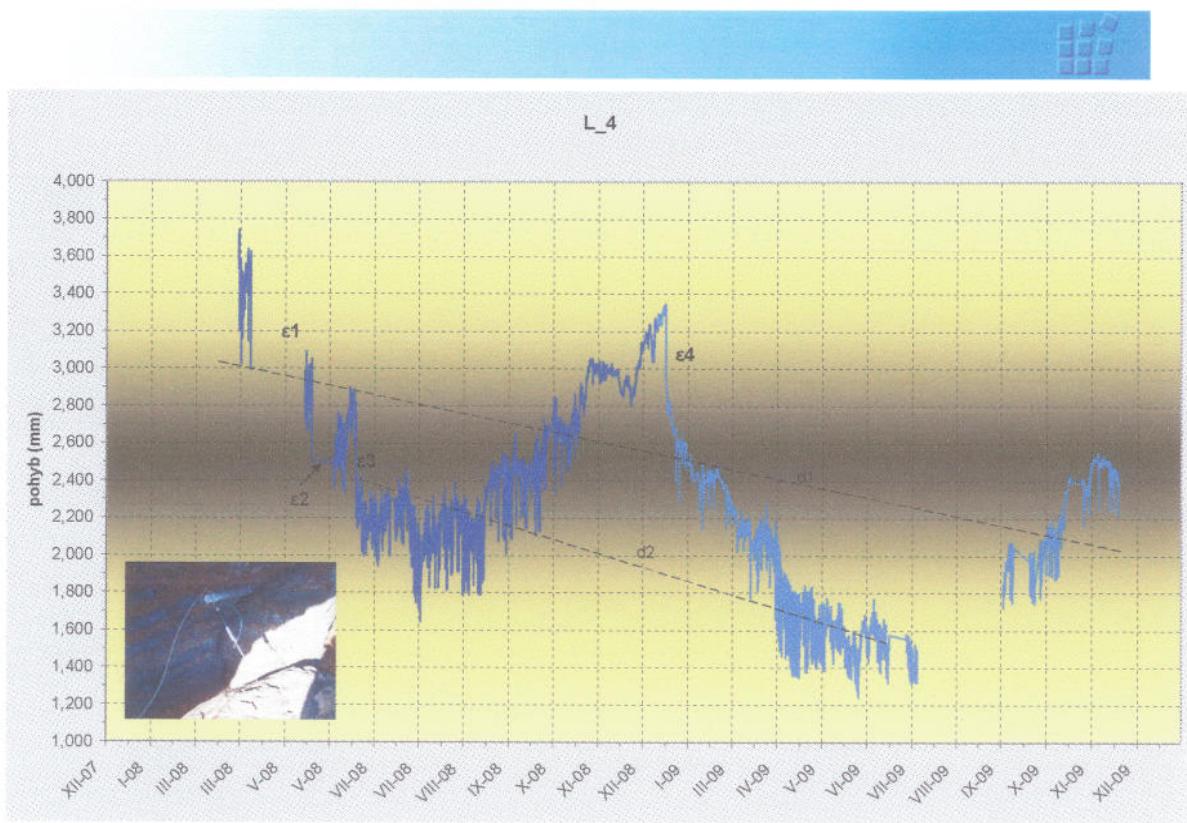
Koreogram chodů deformací na L3 a teploty t2 (obr. 13) pak rovněž neskýtá žádné vodítko pro hypotézu výskytu nevratné deformace. Křivka posunu jádra toru změn quasi-cyklů nižších úrovní v rámci celkového sezónního chodu tvoří ve 2D projekci uzavřený objekt.

Interpretace

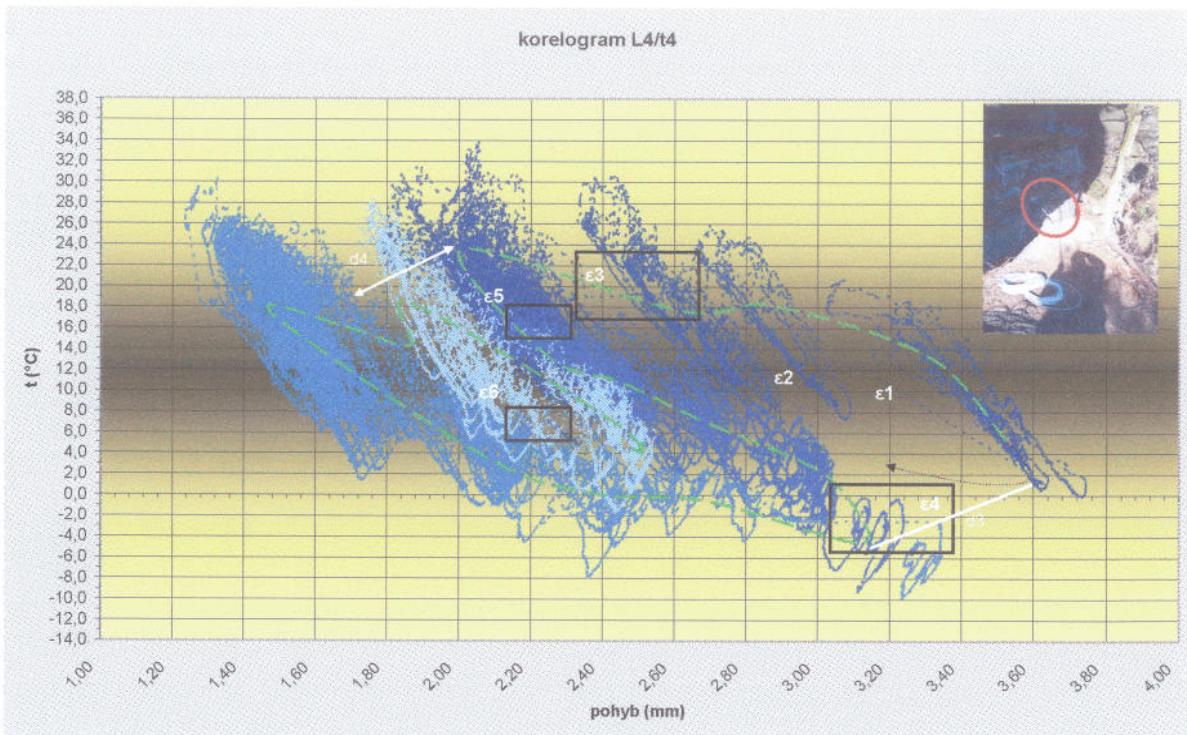
Oba způsoby vizualizace časové řady měření na L3 ukazují relativně klidný, teplotní změny bezprostředně, či jen s malým zpožděním sledující chod změn měřené vzdálenosti mezi zadním blokem středu hlavní stěny a západně od něj situovaným blokem hraničního pilíře lokality dok. bod č. 742. To znamená, že zde dosud nebyly zaznamenány žádné příznaky existence nevratného pohybu, a to ani v podobě výraznějších epizodických aktivací. Dosud získaná data zatím ale neumožňují vyloučit existenci velmi pomalého pohybu o magnitudě v rádu setin mm/rok.

Střední část stěny dok. bod č. 742 - stanoviště L4 a L5

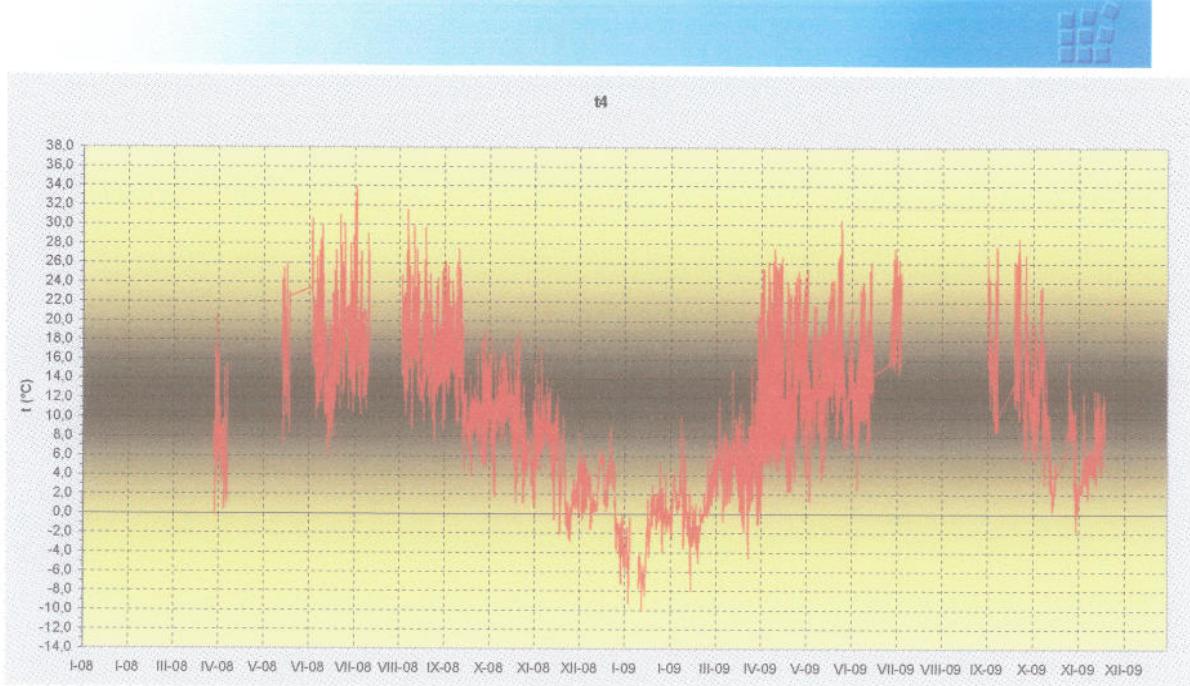
Stanoviště L4 a L5 jsou situována na východním a západním nároží mezi střední úpatím nejvyšší střední skalní šupiny objektu dok. bod č. 742.



Obr. 15 Chody deformací na úpatí východního boku střední šupiny objektu dok. bod. č. 742



Obr. 16 Koreogram chodů teplot a deformací na úpatí východního boku objektu dok. bod. č. 742.



Obr. 17 Chody teplot na východním boku objektu dok. bod. č. 742

Graf časové série L4 (obr. 15) ukazuje řadu přerušení křivky změn měřené vzdálenosti. Na obrázku jsou pro přehlednost jednotlivá přerušení a velké skoky změn, během obou mohlo dojít k prokluzům měřidla, označeny ε_1 až ε_5 a budou ověřovány za užití druhé ze znázorňovacích metod znázornění - korelogramu. Na stávajícím obrázku je dále vyznačen hrubý trend d1 nevratné deformace jak se jeví bez jakýchkoli eventuálně potřebných oprav; $d_1 = -1,00 \text{ mm}/16 \text{ měsíců}$.

Koreogram chodů deformací na L4 a teploty t4 (obr. 16) prezentuje velmi nepravidelný chod křivky sezónních a hierarchicky nižších změn. Z topologie korelační křivky je patrné, že během epizod ε_1 a ε_2 pravděpodobně nedošlo k žádnému nevratnému prokluzu. Ten se však pravděpodobně odehrál v epizodě ε_3 a podle korelogramu měl velikost do $-0,35 \text{ mm}$. Podle chodu křivky z běžného vynesení na obr. 15 pak jeho hodnota vychází na $0,30 \text{ mm}$. Dále je na korelogramu patrná deformační epizoda ε_4 . Odehrála se v lednu 09 a podle korelogramu měla velikost $-0,40 \text{ mm}$. Podle chodů změn z prezentace na obr. 15 pak $0,35 \text{ mm}$. V epizodě ε_5 pak došlo o zmenšení o $-0,15 \text{ mm}$. Dále byly nalezeny ještě dvě deformační epizody ε_5 a ε_6 . Změna během epizody jarní epizody ε_5 činila $-0,10 \text{ mm}$; během podzimní epizody ε_6 pak $-0,07 \text{ mm}$ a došlo k ní na podzim roku 09. Celkový trend d2 je tedy nutno opravit minimálně o hodnotu $-0,5 \text{ mm}$. Přes značné nepravidelnosti chodu křivky generalizující posuny středu obrazců nižšího stupně po toru sezónních změn, bylo možno z pozic zimního a letního extrému odvodit trendy $d_3 = -0,27 \text{ mm}/\text{rok}$ a $d_4 = -0,60 \text{ mm}/\text{rok}$. Nicméně, vzájemnou vzdálenost extrémů je dále třeba opravit na chybové deformační epizody. Po této opravě dostaneme $d_3' = -0,12 \text{ mm}$ a $d_4' = -0,20 \text{ mm}/\text{rok}$.

Integrace

Při integraci výše popsaných jevů zjištěných v grafech oba způsobů vizualizace chodů změn měření na stanovišti L4 byly dále provedeny následující úkony. S cílem co nejvíce zmenšit chyby vnesené opravami na možná nepřesně stanovené velikosti irrelevantních deformačních epizod byl stanoven další trend $d_2 = -0,85 \text{ mm}/12, 1 \text{ měsíce}$. Tento trend je ovšem nutno opravit o chyby vnesené během pravděpodobných prokluzů, které se v období reprezentovaného vybranou částí křivky odehrály, a to o $-0,50 \text{ mm}$ na $d'' = -0,35 \text{ mm}/12,1 \text{ měsíce}$. Tato hodnota je blízká opraveným hodnotám trendů

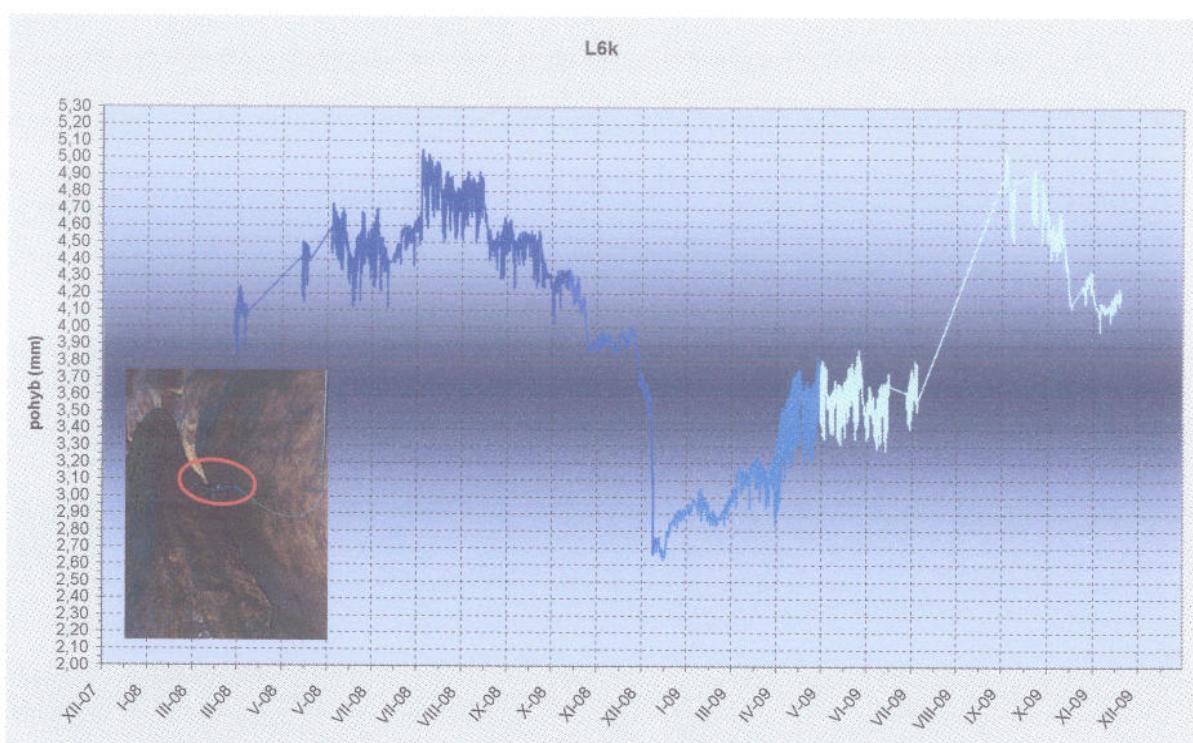
z korelogramu $d3' = -0,12$ mm a $d4' = -0,20$ mm/rok. Pravděpodobná hodnota nevratného trendu se tedy bude pohybovat blízko hodnoty $-0,22$ mm/rok.

Interpretace:

Na stanovišti L4 se pravděpodobně vyskytuje nevratná deformace. Její velikost bude činit cca $-0,20$ mm/rok. Protože dilatometrická měření jsou principiálně měřeními relativními, není zcela jasné, zda se jedná o pohyb paty nejvyšší střední skalní šupiny objektu dok. bod č. 742 nebo o pohyb horní části šupiny střední výškové úrovni.

L6 - Skalní šupina západně od objektu dok bod č. 742

Měření je situováno diagonálně směrem dolů na východním boku subvertikální skalní šupiny, jejíž spodní uložení vykazuje nulovou rezervu pro případné vytlačování této šupiny do údolí. Šupina se nachází západně od skalní stěny objektu dok. bod č. 742.

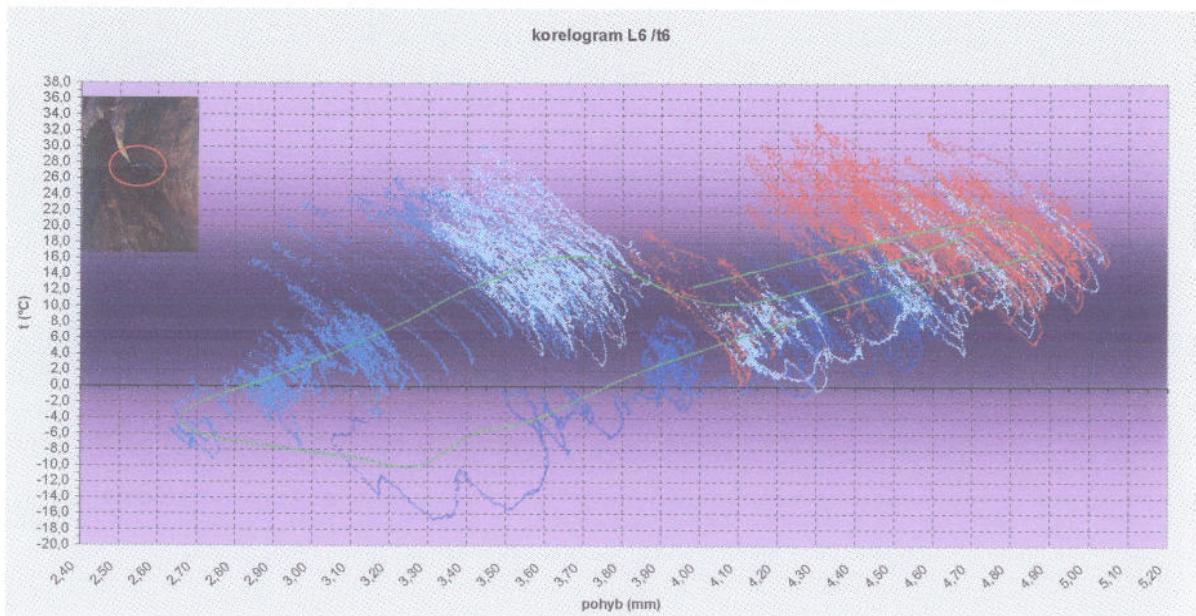


Obr. 18 Chody deformací na východním boku západní skalní šupiny

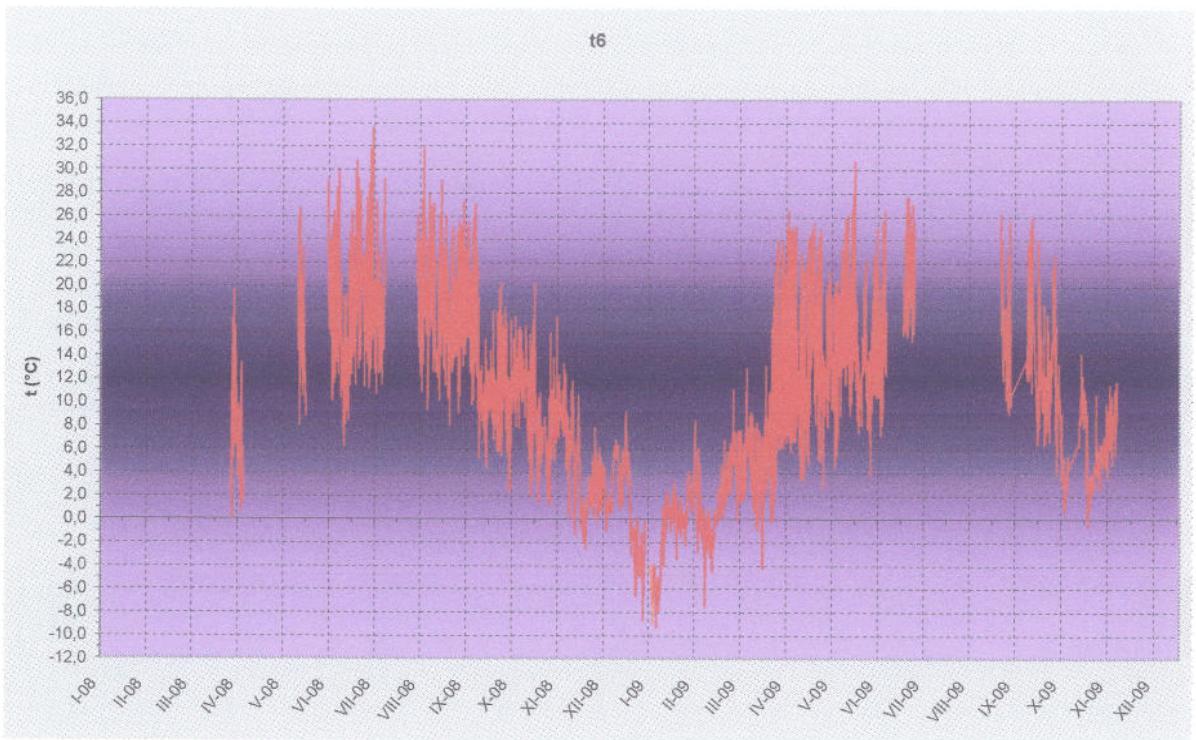
Graf časové série L6 (obr. 18) ukazuje řadu přerušení a skoků křivky změn měřené vzdálenosti. Sezónní i denní výkyvy křivky jsou relativně velké; její sezónní chod patří inverznímu typu. Nicméně, letní maximum inverzního chodu SCSA v roce 2009 se vrací do úrovně maxima roku 2008. To znamená, že na tomto objektu se pravděpodobně nevyskytuje nevratná deformace o magnitudě větší či rovné $0,10$ mm/rok. Upozorňujeme však, že, s ohledem na pouze na 16 měsíců trvající měření, ještě nelze usoudit na existenci či neexistenci nevratných pohybů o velikostech $0,01$ až $0,05$ mm.

Koreogram chodů deformací na L6 a teploty t6 (obr. 19) ukazuje uzavření sezónního quasi-cyklu, tj. vysokou pravděpodobnost existence pouze vratných změn chodů měřené vzdálenosti na L6. Topologie korelační křivky dále potvrzuje nepřímou úměru a velkou amplitudu měřených podélných změn šupiny ve vztahu ke změnám teploty. V měření se velmi dobře projevuje celý hierarchický systém quasi-cyklů vratných

změn měřené vzdálenosti v závislosti na změnách teploty a to díky svým relativně vysokým amplitudám. Změny měřené vzdálenosti přitom ve své většině probíhají v nepřímé úměře ke změnám teploty.



Obr. 19 Korelogram chodů teplot a deformací na východním boku západní skalní šupiny.



Obr. 20 Chody teplot na východním boku západní skalní šupiny.

Interpretace

Na stanovišti L6 velmi pravděpodobně neexistuje nevratný pohyb. Dosud získaná

data zatím ale neumožňují vyloučit existenci velmi pomalého pohybu o magnitudě v řádu setin mm/rok.

S ohledem na převládání nepřímé úměry v reakcích šupiny na změny teploty je třeba vyloučit chování desky jako viklanu vychylovaného objemovými změnami kamenů zapadlých v zadní hraniční trhlině. Velká amplituda pohybů je – navzdory relativně skromným rozměrům skalní desky, způsobována tepelným ohýbáním. Dochází k němu u velmi štíhlého skalního objektu, a to diferencovaným roztažením jeho teplejší čelní a chladné zadní stěny.

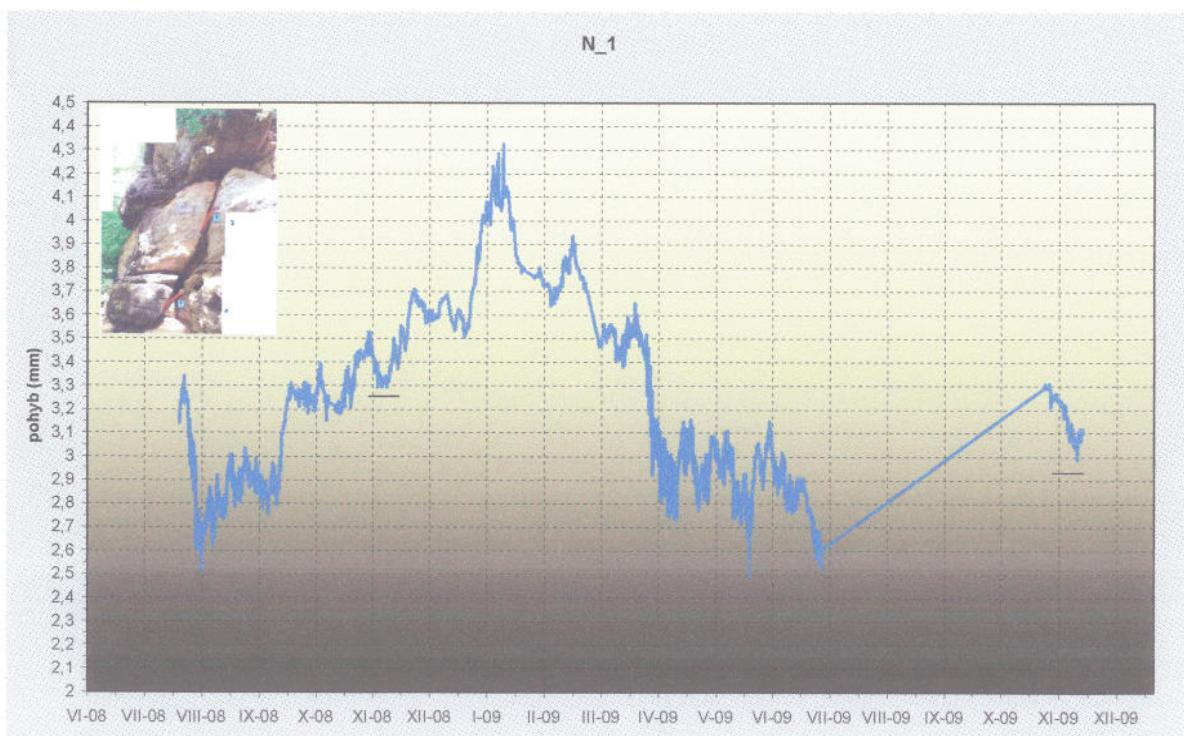
II.B. Lokalita N2

Jedná se silně rozvolněný skalní pilíř o celkové výšce cca 14 m. Až do poloviny své výšky je tvořen soustavou šupinovitých desek, které jsou zatěžovány váhou bloků v jejich nadložní. Desky i bloky jsou od mateřského masívu odděleny silně ukloněnou šikmou odlučnou (smykovou?) plochou. V minulosti již podle této plochy došlo ke skalnímu řícení v těsném severním sousedství pilíře.

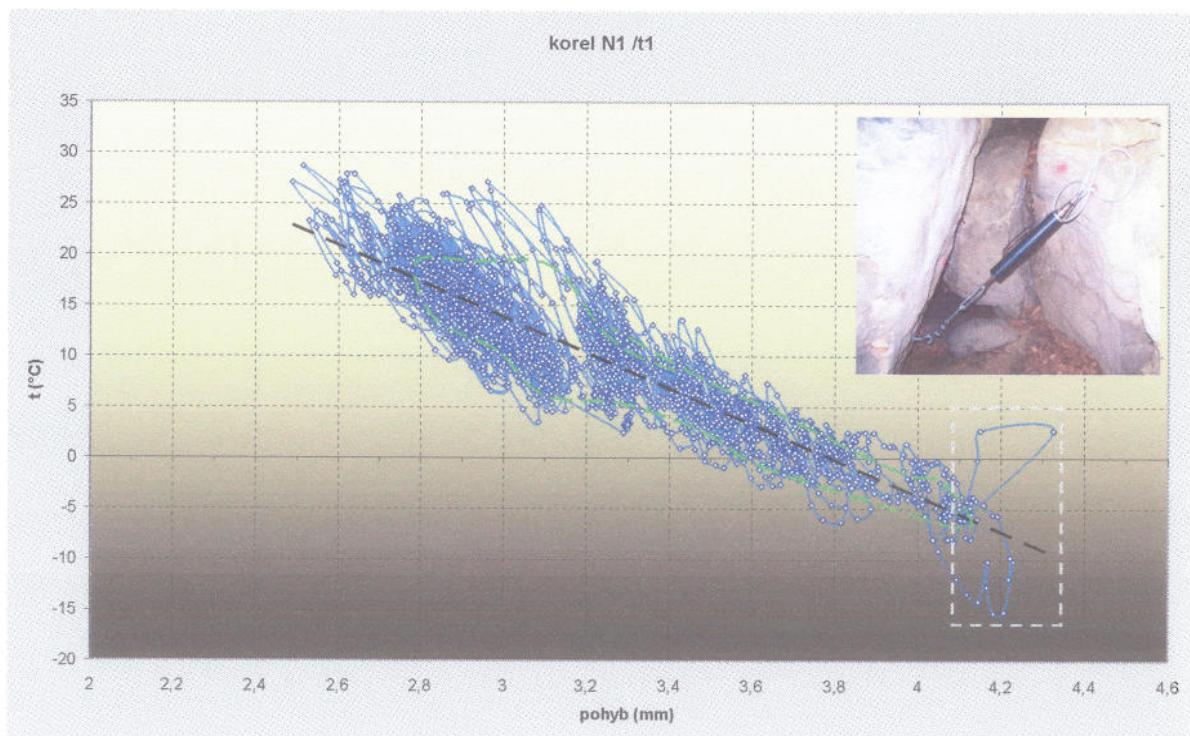
Celková délka měření je 16,1 měsíce, avšak v období mezi 4.7.09 až 4.11.09 byl na všech stanovištích výpadek měření. Důvodem bylo zničení ústředny vandaly.

Spodní část lokality - Stanoviště N1 a N2

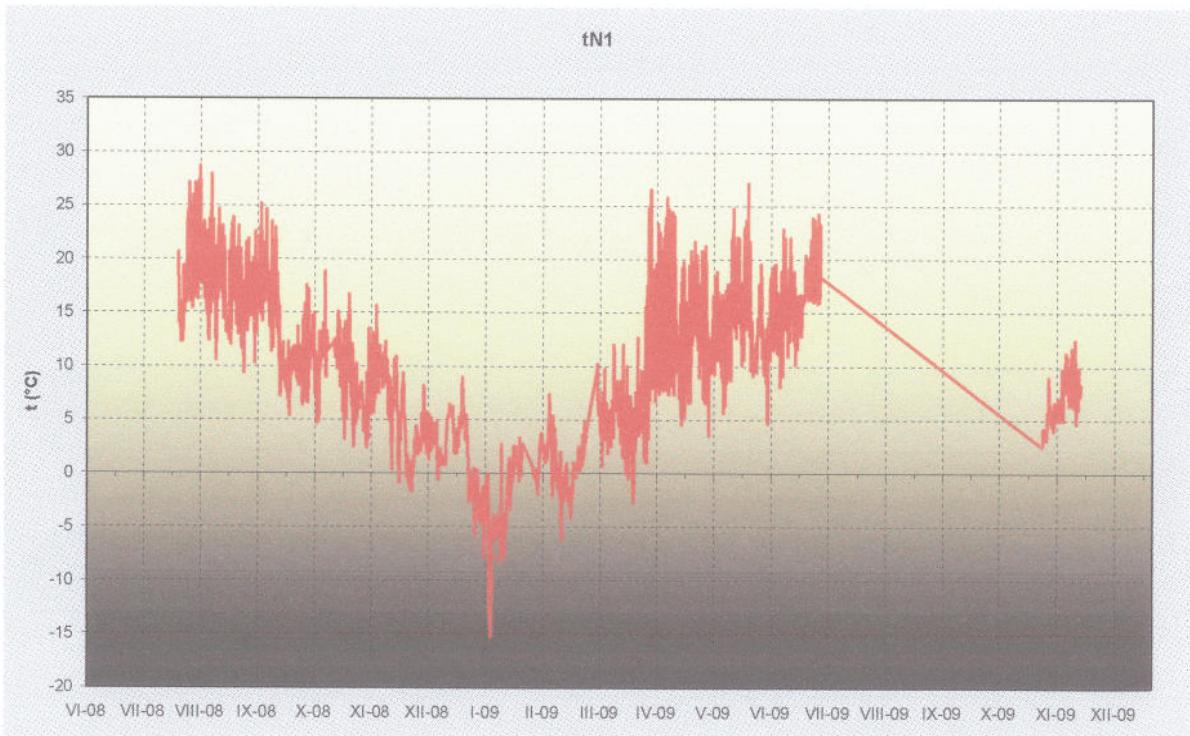
Spodní uložení desek jeví známky šikmého vytlačení do údolí provázeného rozevřením trhlin mezi nimi a výrazným vysunutím čelních partií z masívu (partie masívu A). Rovněž opření nejštíhlejších desek (šupiny B a C) o partii A vykazuje jen malé rezervy proti smykovému pohybu do údolí (případný pohyb by zde byl zachycen na N_2), eventuálně i šikmo k severu do niky již zmíněného sub-historického zřícení (měřické stanoviště N_1).



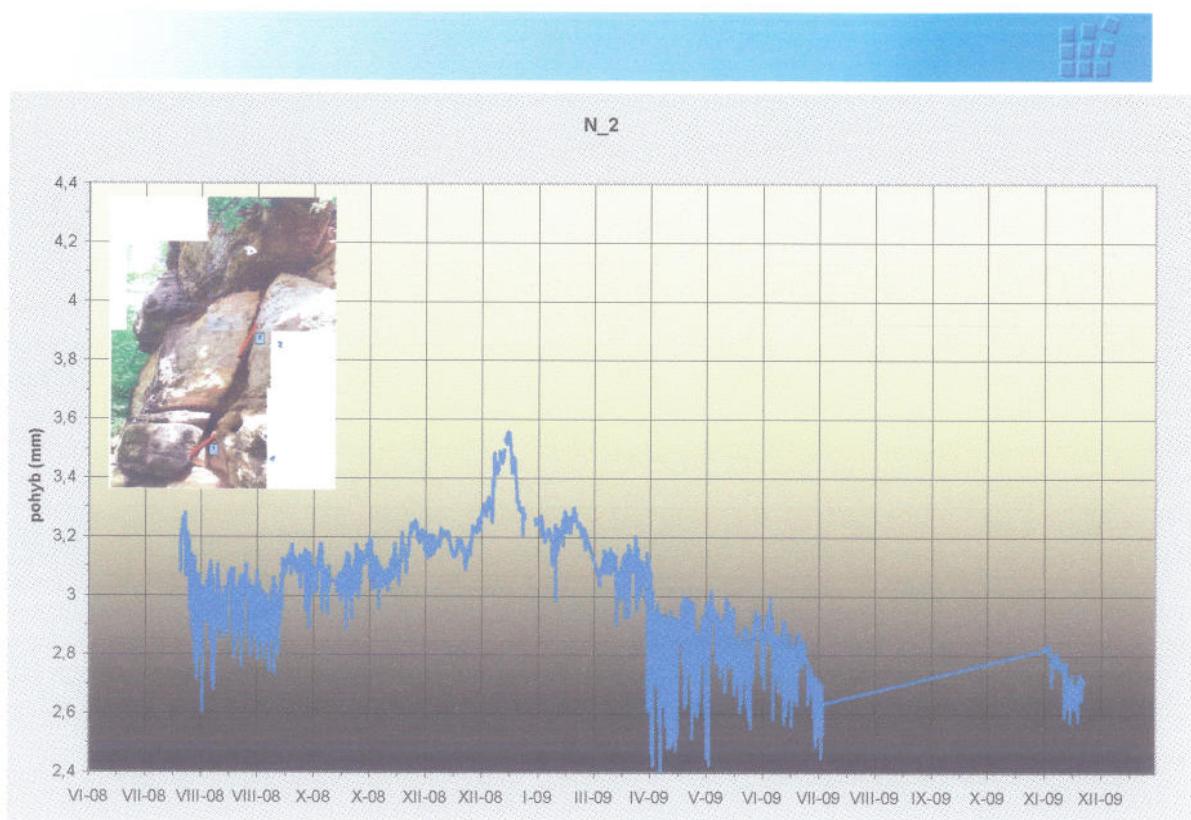
Obr. 21 Chody deformací na skalní šupině B ve spodní části západního boku pilíře N2.



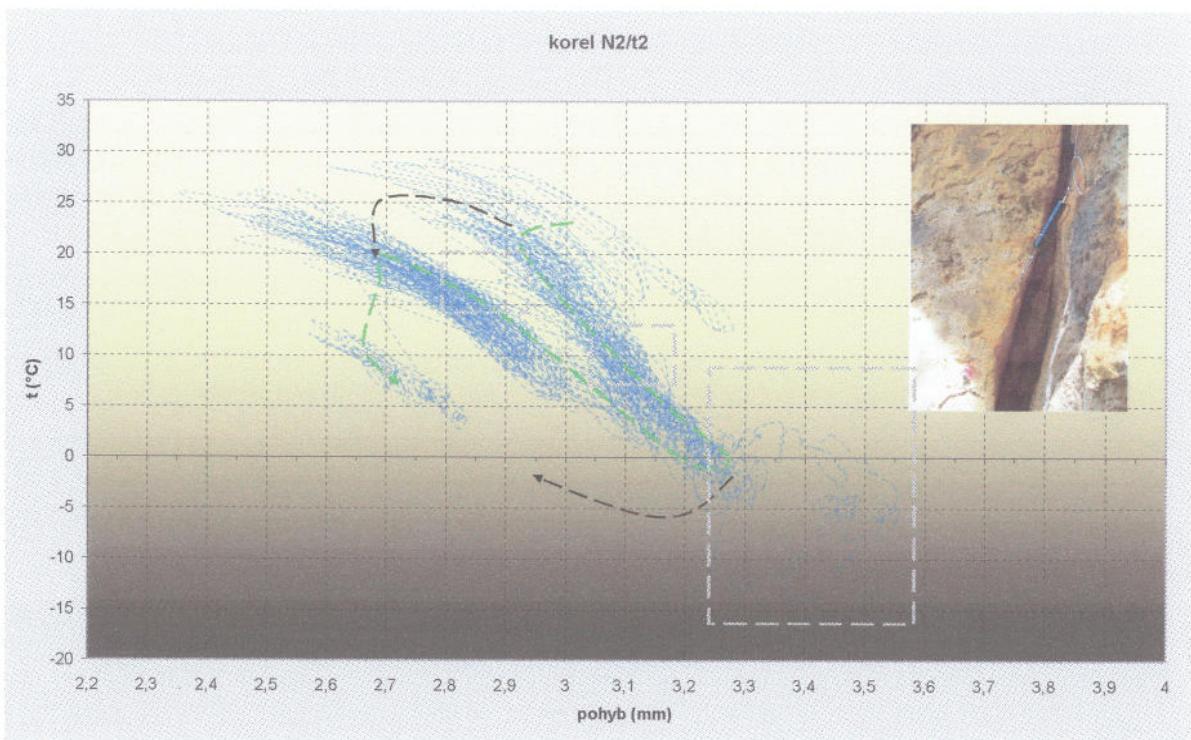
Obr. 22 Korelogram chodů teplot a deformací na skalní šupině B ve spodní části západního boku pilíře N2.



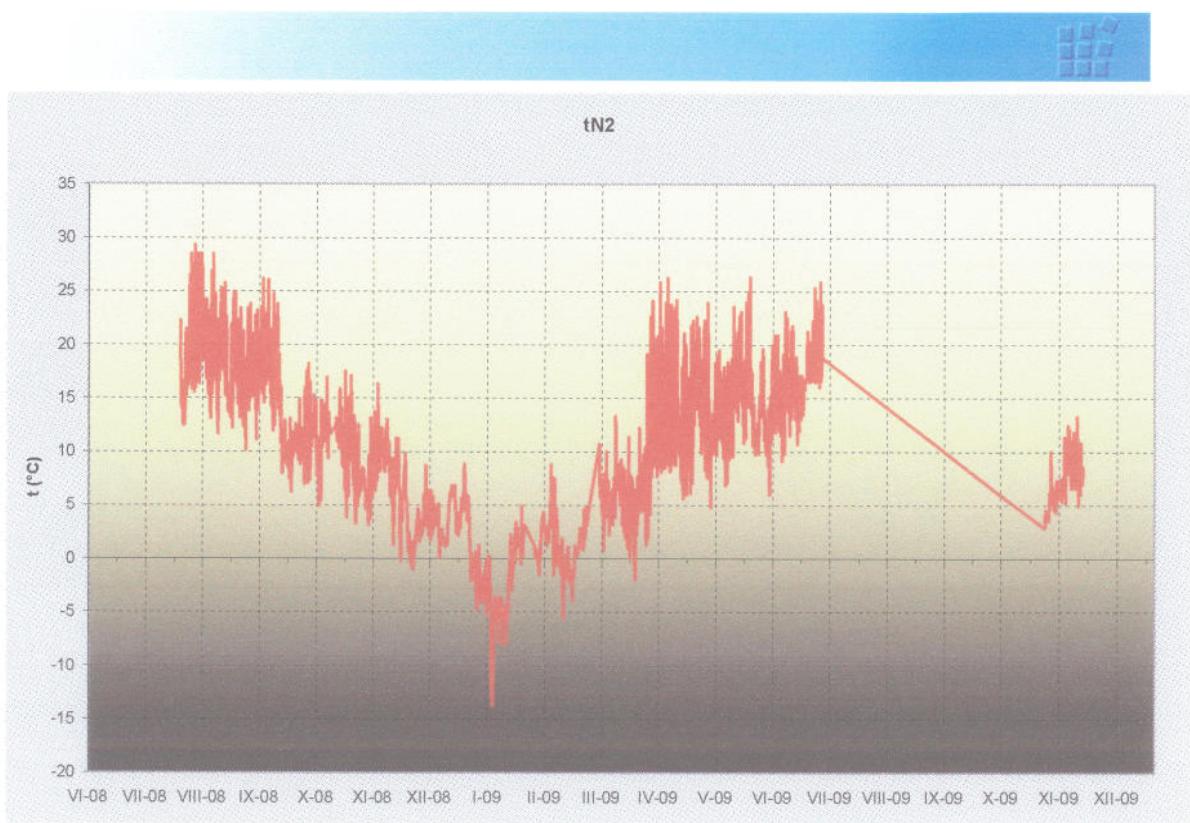
Obr. 23 Chody teplot na skalní šupině B ve spodní části západního boku pilíře N2.



Obr. 24 Chody deformací na skalní šupině C ve spodní části západního boku pilíře N2.



Obr. 25 Korelogram chodů teplot a deformací na skalní šupině B ve spodní části západního boku pilíře N2.



Obr. 26 Chody teplot na skalní šupině C ve spodní části západního boku pilíře N2.

Graf časové série N1 (obr. 21) ukazuje, že sezónní i denní chody SA mají, v porovnání s objemem čelní desky relativně velkou magnitudu. Z grafu je také patrná skutečnost, že úrovně chodů měřených v listopadu 08 a 09 jsou vzájemně posunuta o cca -0,2 mm/rok. Další indicie umožňující rozlišit existenci nevrané deformace a ventrálně stanovit její velikost již křivka neskýtá. Vyskytuje-li se zde nevratná deformace, měla by mít maximálně hodnotu -0,20 mm/rok..

Korelogram chodů deformací na N2 a teploty t2 (obr. 22) Topologie korelační křivky potvrzuje nepřímou úměru mezi deformací a teplotou. Ukazuje, že denní quasi-cykly mohou mít amplitudu až 0,15 mm. Amplituda sezónní pak je asi 1,60 mm. Chod změn umožňuje uzavření křivky sezónního quasi-cyklu, tj. indikuje vysokou pravděpodobnost existence pouze vratných změn chodů na L6 měřené vzdálenosti. Hodnoty zimního maxima mohou vykazovat chybu. Svědčí o tom zcela atypický chod korelační křivky. Na obr. 22 je vyznačen šedým rámečkem. V detailním chodu pak jsou viditelné občasné epizody přímo úměrných změn měřených hodnot - tj. jejich reakce na změny tepoty.

Interpretace: Na stanovišti N1 se pravděpodobně žádná nevratná deformace nevyskytuje. Rozdíl listopadových chodů v roce 2008 a 09 o -0,20 mm/rok je výsledkem rozdílů vývoje vratné deformace v obou ročních obdobích. Zkracování vzdálenosti na N1 je navíc kinematicky velmi nepravděpodobné.

Občasné drobné epizody přímo úměrné vývoje změny měřených hodnot na teplotě jevy interpretujeme jako projevy objemových změn dalších, v hraniční spáře za blokem B se vyskytujících kamenů. Protože v denních quasi-cyklech pro tento vztah převládá nepřímá úměra a protože sezónní quasi-cyklus také odpovídá vztahu nepřímé úměry („normální“ chod SCSA), jedná se zřejmě o malé kameny, které nejsou sto negativně svým klínovým účinkem ovlivnit celkovou stabilitu bloku B. Pokud dochází k intenzivnímu klínování, jsou jednotlivé kameny zřejmě rozdrrceny.



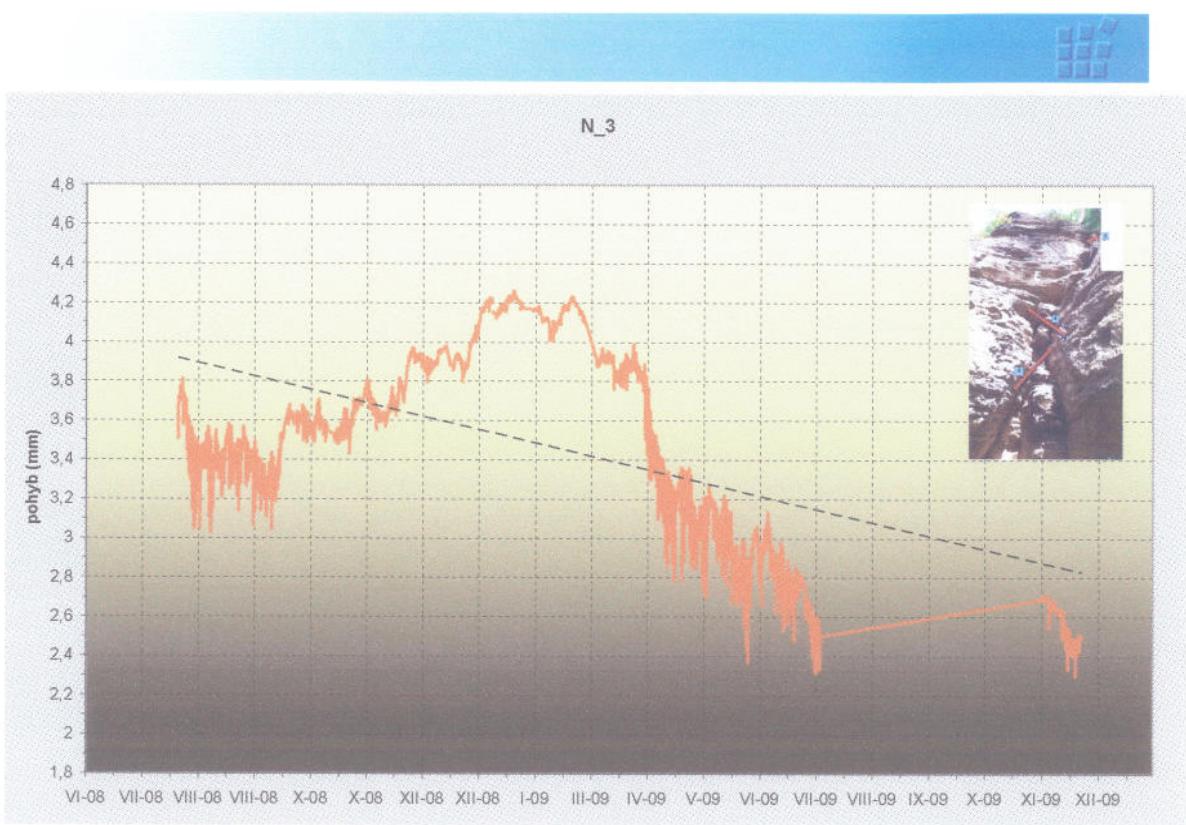
Graf časové série N2 (obr. 24) ukazuje, že vývoj naměřených hodnot byl v obdobích červenec až září 08 a poté i duben-květen 09 v detailu velmi nepravidelný. V obou těchto obdobích došlo k výrazným zmenšením měřených hodnot o -0,40, resp. -0,50 mm. Teoreticky by se mohlo jednat o projevy prokluzů měřidla, ale jejich existence by musela být indikována i topologií korelogramu. Z grafu je také patrný vzájemný posun pozice chodů měření v listopadu 08 a 09, a to o -0,40 až -0,50 mm/rok.

Koreogram chodů deformací na L6 a teploty t6 (obr. 25) Topologie korelační křivky ukazuje hlavně velmi výrazné smyčky denních změn měřené vzdálenosti až o 0,50 mm. Dále je velkým čtvercem vyznačena oblast zcela odlišné závislosti chodů změn délky na teplotě v období zimního maxima. Toto atypické chování je obdobné jako chování ve stejný čas zjištované na stanovišti N1. Proto jej nelze zcela jednoznačně označit za měření chybové. Menšími čtverci pak jsou vyznačeny oblasti výskytů prudkých zmenšení měřené vzdálenost, která proběhla nezávisle na teplotě. Tyto skoky by mohly být aktivitou svahového pohybu nebo pouze projevy prokluzu měřidla – tj. chybnými měřeními. K rozhodnutí mezi oběma variantami je nutno toto měření hodnotit v celkovém kontextu měření na lokalitě, rozdíl v míře oslunění, resp. míře prohřátí pískovce v této desce v léte a na podzim. V dosud naměřených datech se ani epizodicky neprojevil přímo úměrný vztah mezi teplotou a deformacemi.

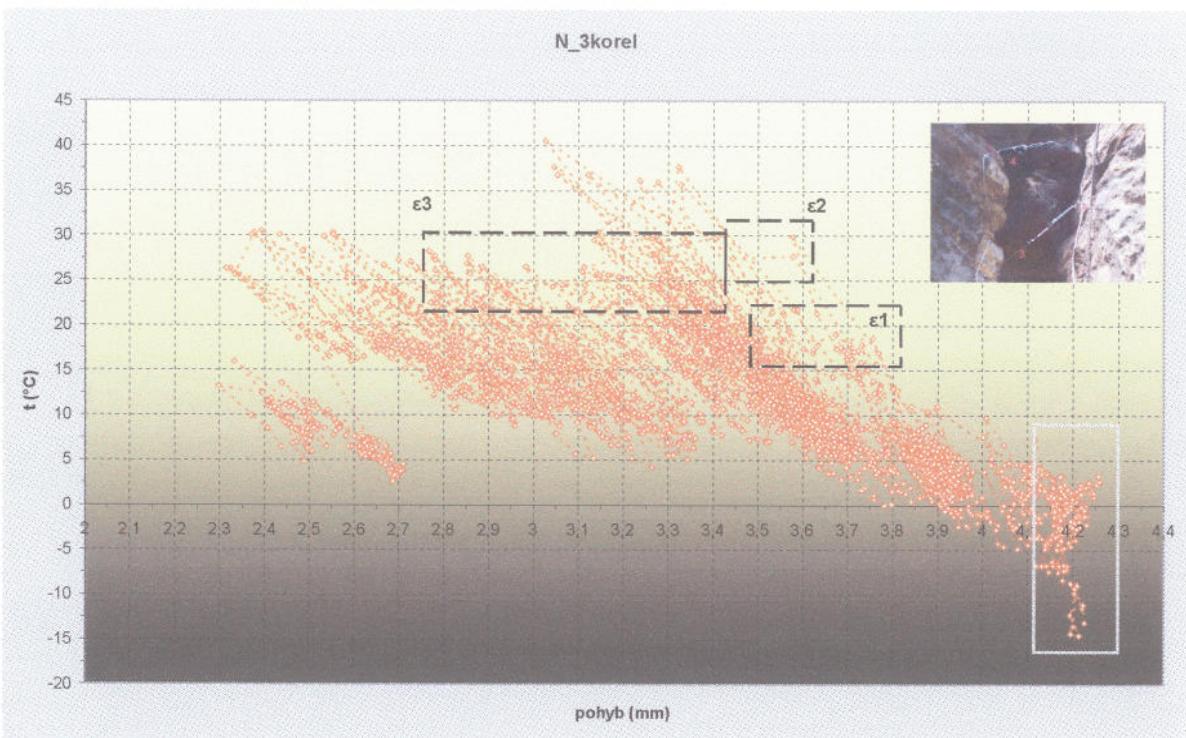
Interpretace: Na stanovišti N2 se žádná nevratná deformace pravděpodobně nevyskytuje. Rozdíl listopadových chodů v letech 2008 a 09 až o -0,50 mm/rok je výsledkem rozdílů vývoje vratné deformace v obou ročních obdobích a zejména nevratných prokluzů měřidla. Anomální chody změn měření jsou spíše výsledkem prokluzů měřidla než projevem aktivity svahového pohybu. Proti existenci nevratných deformačních epizod totiž svědčí jejich absence v měřeních stanoviště N1. Toto stanoviště je totiž situováno dole, prakticky však na stejně trhlinové zóně. Opravíme-li tento „trend“ z obr. 24 hodnotami anomálních chodů, docházíme naopak ke kladnému trendu +0,40 mm/rok. Stejně jako v předchozím případě však se jedná o hodnotu pouze hypotetickou. Protože na stanovišti N1 nebyl registrován žádný pohyb, nebude se ani na stanovišti N2 jednat o projev svahového pohybu. Část epizodických poklesů tedy nebyla tvořena prokluzami, ale vratnou deformační aktivitou masívu. Zkracování vzdálenosti na N2 je navíc rovněž kinematicky velmi nepravděpodobné. Z detailních změn v chodech měření pak vyvozujeme, že v oblasti šupiny B nedochází k jevu klínování a vytlačování její horní části do údolí. Rozdíly v pohybových tendencích spodní a horní části šupiny se pravděpodobně realizují, resp. jsou utlumeny na ložní ploše, která tyto části šupiny vzájemně odděluje.

Střední výšková část objektu – stanoviště N3 a N4

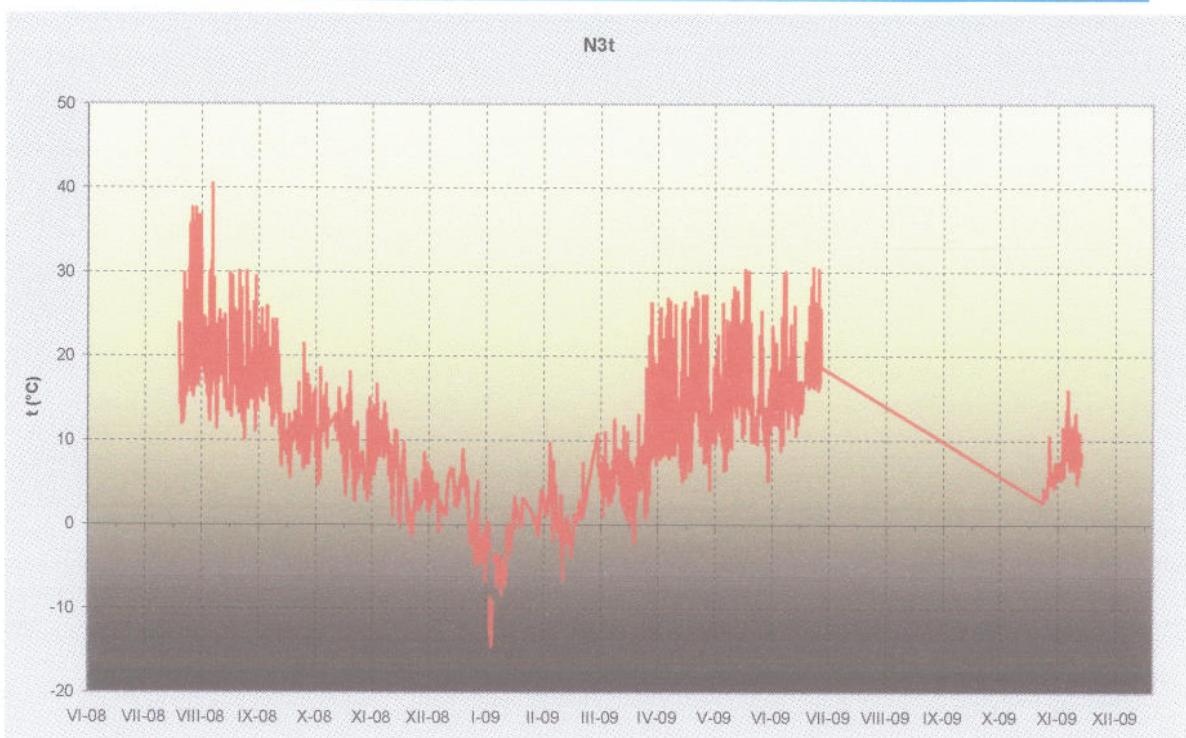
Ve výškově střední části pilíře představuje přechodnou partii. Tvoří ji ve směru do nitra masívu již relativně značně mocný blok C. Jeho smykový pohyb dolů zachycuje stanoviště N3. Eventuální odtlačování vrcholku bloku klínováním zapadlou sutí a dále i bloku D pak monitoruje stanoviště N4.



Obr. 27 Chody šikmé složky deformací na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.



Obr. 28 Korelace chodů deformací a teplot v místě měření šikmé složky deformací na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.



Obr. 29 Chody teplot v místě měření šikmé složky deformací na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.

Graf časové série N3 (obr. 27) ukazuje, že vývoj naměřených hodnot byl na přelomu července a srpna 08 a poté i v dubnu 09 v detailu velmi nepravidelný. V obou těchto obdobích došlo k výrazným zmenšením měřených hodnot o -0,30, resp. -0,80 mm. Teoreticky by se mohlo jednat o projevy prokluzů měřidla. Prokluz, existuje-li, by však zároveň měl být indikována i topologií korelogramu. Z grafu je také patrný vzájemný posun pozice chodů měření v listopadu 08 a 09, a to až o -1,10 mm/rok.

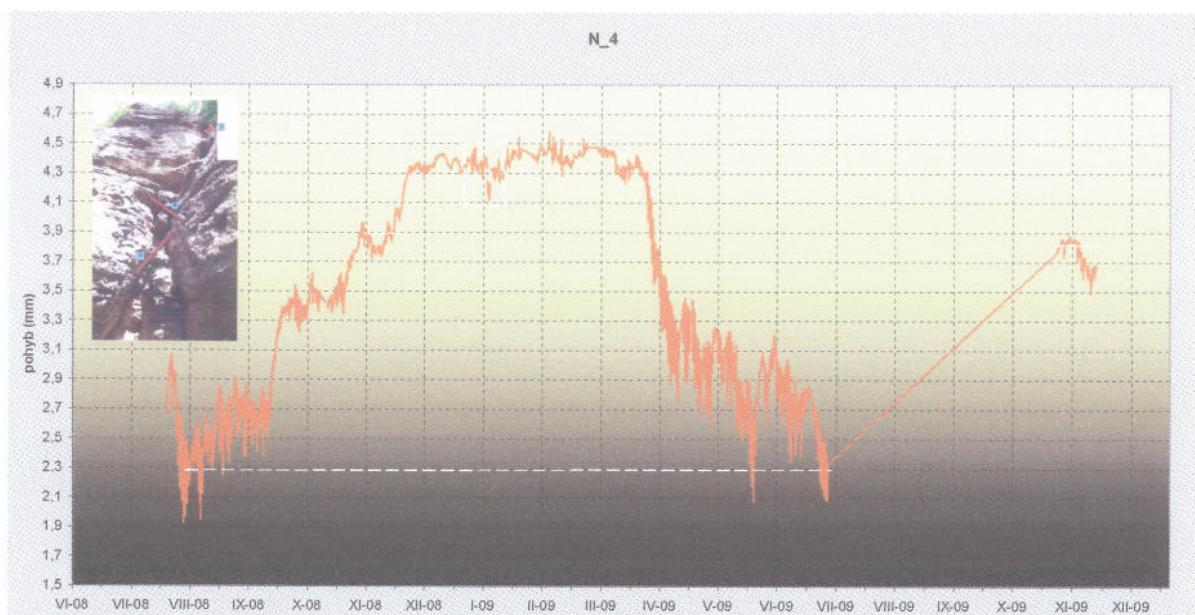
Koreogram chodů deformací na N3 a teploty t3 (obr. 28) Topologie korelační křivky je dána zejména velmi výraznými smyčkami změn měřené vzdálenosti nepřímo úměrných změnám teploty. Smyčky mají amplitudu 0,30 až 0,50 mm. Mezi letní a zimní polovinou roku existují ve velikosti amplitud denních smyček rozdíly – v letní polovině jsou větší a smyčky jsou celkově výraznější. Velkým čtvercem vyznačena oblast opačné závislosti chodů změn délky na teplotě v období zimního maxima. Toto atypické chování je obdobné a nastalo ve stejný čas jako stejný jev na stanovištích N1 a N2. Proto jej nelze zcela jednoznačně označit za měření chybové prokluzem měřidla. Poruchu převodníku ústředny však zatím vyloučit nelze. Menšími čtverci pak jsou vyznačeny oblasti výskytu prudkých zmenšení měřené vzdálenost, která proběhla nezávisle na teplotě. Tyto skoky o velikostech $\epsilon_1 = -0,35$ mm, $\epsilon_2 = -0,20$ mm a $\epsilon_3 = -0,45$ mm, by mohly být jak aktivitou svahového pohybu nebo pouze projevy prokluzu měřidla – tj. chybnými měřeními. K rozhodnutí mezi oběma variantami, resp. odhadnutí vzájemných podílů obou genetických složek v těchto epizodách, je nutno měření N3 hodnotit v celkovém kontextu všech měření na lokalitě, jakož i výsledku kompenzace „hrubého“ trendu z obr. 27 na plný rozsah těchto poklesů. vztah mezi teplotou a deformacemi. Vypočtený kompenzovaný trend by poté činil -0,10 mm/rok.

Interpretace: Na stanovišti N3 se pravděpodobně žádná nevratná deformace nevyskytuje. Rozdíl listopadových chodů v letech 2008 a 09 je výsledkem rozdílů vývoje

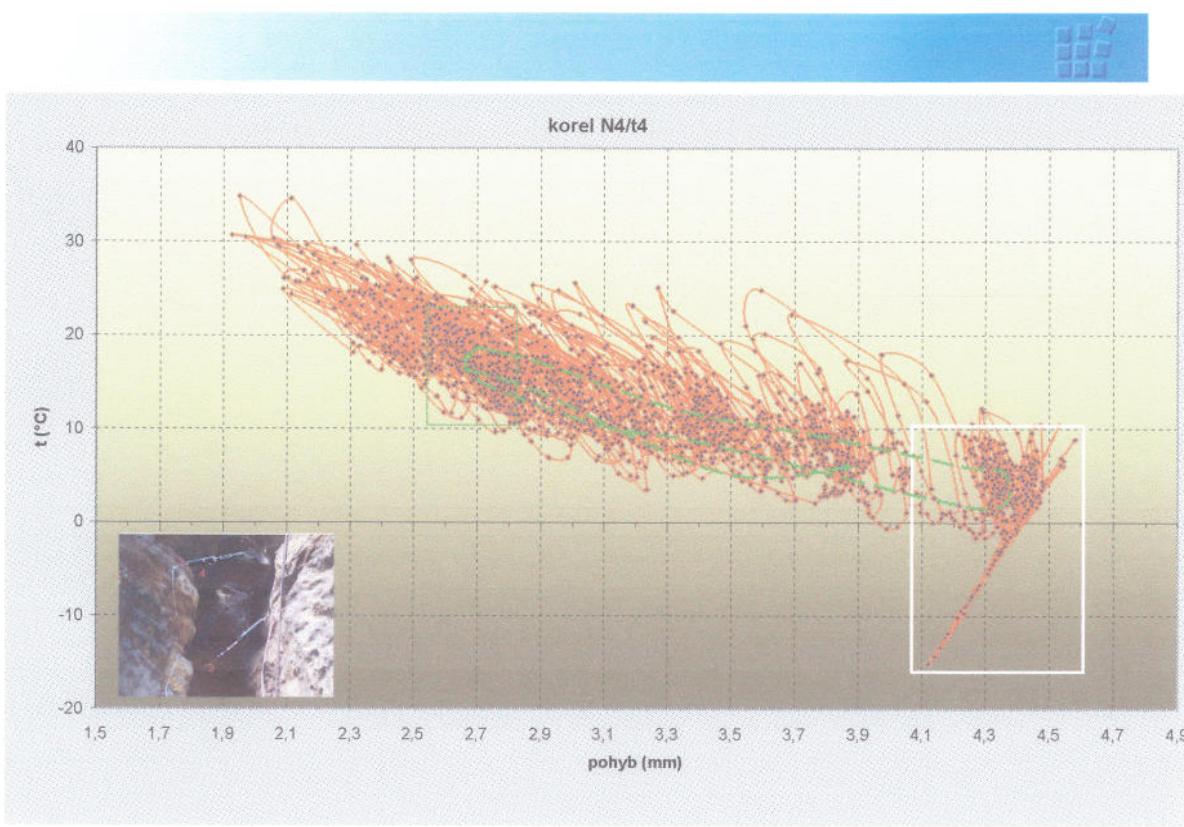


vratné deformace v obou ročních obdobích a zejména dílčích nevratných prokluzů měřidla. Zbytkový kompenzovaný trend o velikosti -0,10 mm/rok pak je z kinematického hlediska vysoko nepravděpodobný a vznikl zřejmě jako produkt nepřesného určení počtu a rozsahu nevarných prokluzů měřidla eventuálně spojených i s možným rozdílem individuální pozice křivky chodu měření v listopadu 08 a 09 díky poněkud odlišným předchozím chodům klimatických prvků.

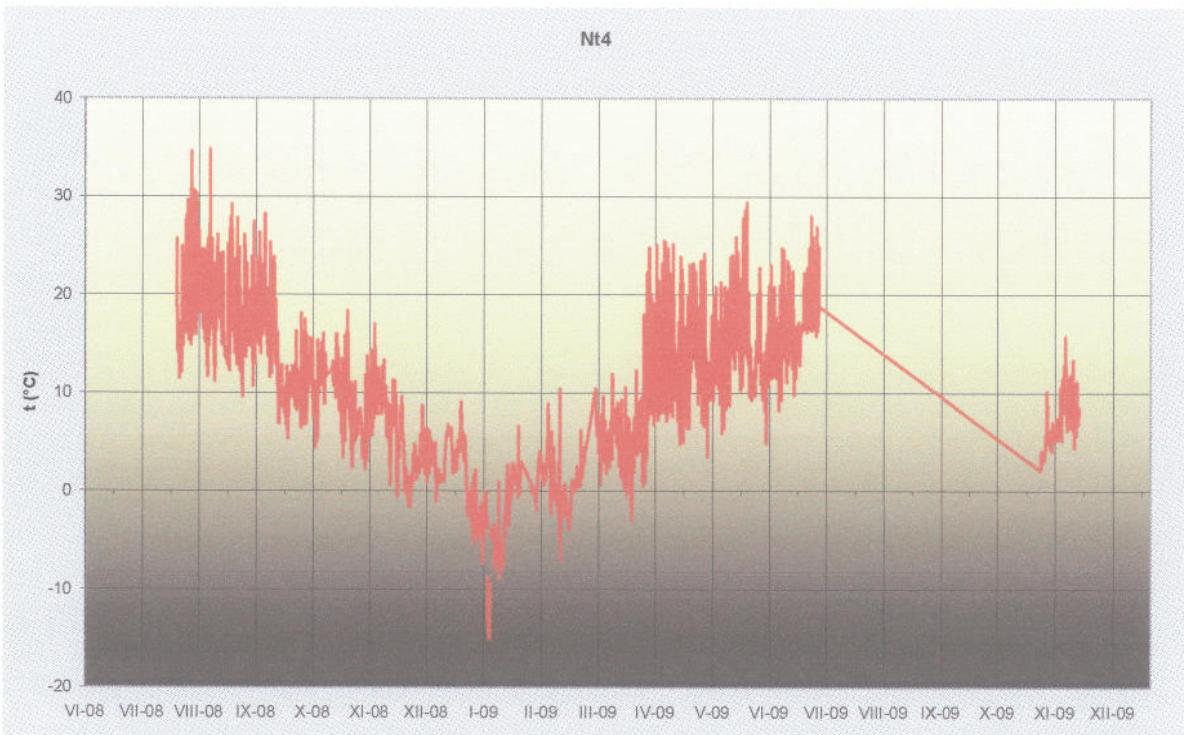
Sezónní rozdíly amplitudy denních quasi-cyklů jako rozdíl v míře oslunění, resp. míře prohřátí pískovce v této desce v létě a na podzim. Převládání nepřímé úměrnosti v celkových i detailních chodech změn délky a teploty pak ukazuje, že v oblasti bloku C nedochází k jevu klínování v zadní hraniční trhlině a vytlačování šupiny do údolí v této trhlině vzpříčenými sutěmi. Naopak se ale projevuje kinematické propojení obou bloků šupiny B a bloku C do jediného deformačního celku. Blok C je totiž unášen tepelným ohýbáním obou dílů podložní skalních šupiny



Obr. 30 Chody horizontální složky deformací na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.



Obr. 31 Korelace chodů deformací a teplot v místě měření horizontální složky deformací na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.



Obr. 32 Chody teplot u snímače N4 na skalní šupině D ve střední části západního boku pilíře N2.



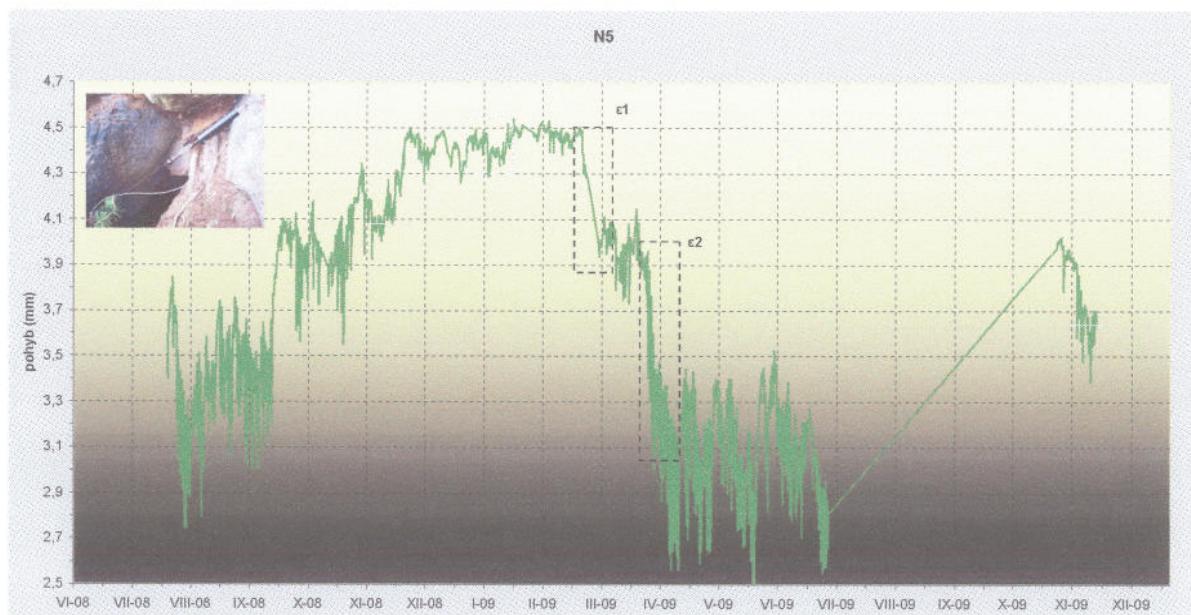
Graf časové série N4 (obr. 30) především ukazuje, že deformační hodnoty období listopad 08 a 09 jsou prakticky ve stejném úrovni. Jinými slovy, že křivka tohoto způsobu zobrazení neindikuje přítomnost nevratné deformace, resp. posunů čela pilíře N v podélném směru. Denní vratné výkyvy dokumentované křivkou N4 jsou menší než na šikmém N3 a mají amplitudy cca 0,20 až 0,30 mm.

Korelogram chodů deformací na N4 a teploty t4 (obr. 31) Topologie korelační křivky je dána jednak smyčkami denních a sezónní změny měřené vzdálenosti. Oba uvedené quasi-cykly jsou nepřímo úměrné ke změnám teploty. Smyčky denních cyklů mají amplitudu 0,30 až 0,40 mm. Velký čtverec vyznačuje oblast opačné závislosti denních chodů změn délky na teplotě v období zimního maxima. Toto atypické chování je obdobné a nastalo ve stejný čas jako stejné jevy na stanovištích N1, N2 i N3. Proto jej nelze zcela jednoznačně označit za měření chybové prokluzem měřidla. Porucha převodníku ústředny však se touto koincidencí stává ještě o něco pravděpodobnější. Chod sezónních změn vytváří celkem pravidelnou, v listopadu 09 již téměř uzavřenou křivku. Tento vývoj jen potvrzuje závěr, že ani na stanovišti N4 se nevratná deformace nevyskytuje.

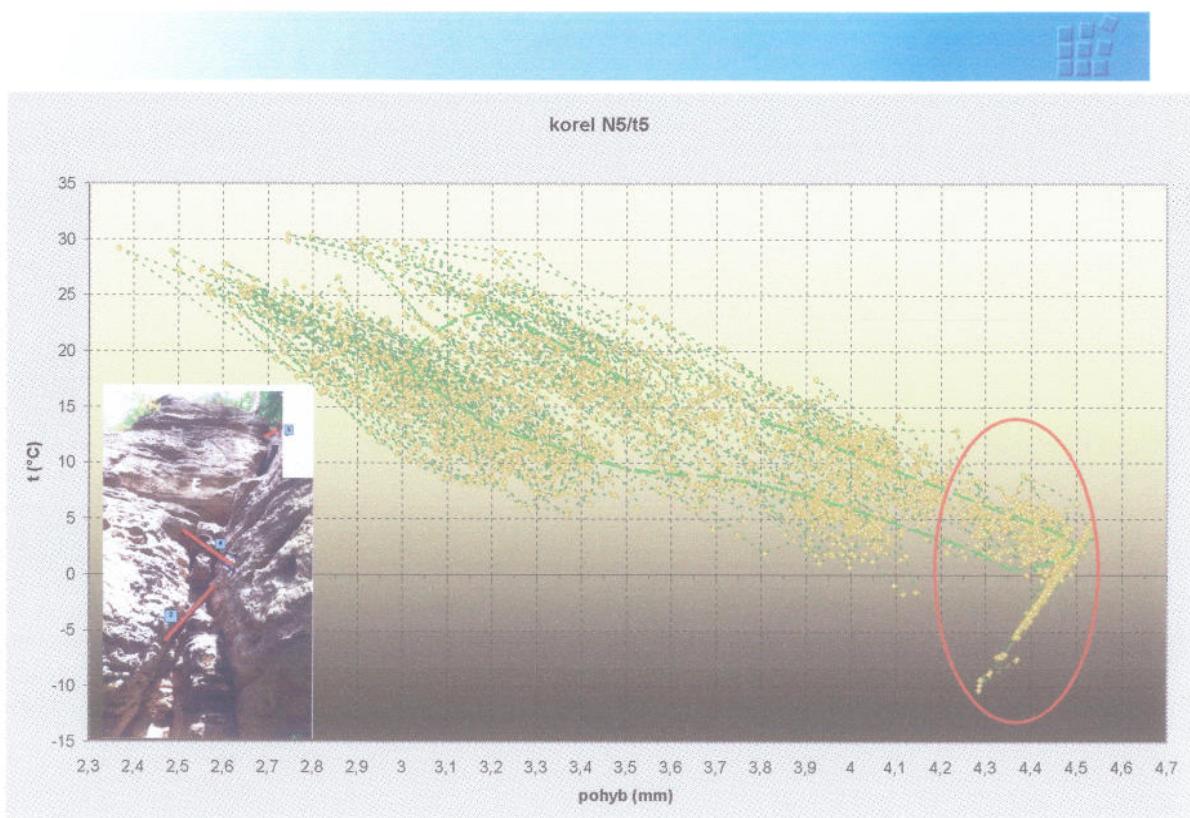
Interpretace: Na stanovišti N4 se pravděpodobně žádná nevratná deformace nevyskytuje. Hypotéza z roku 2008 o existenci podélné nevratné deformace tedy nebyla dalším měřením potvrzena.

Horní partie objektu – N5 a N6.

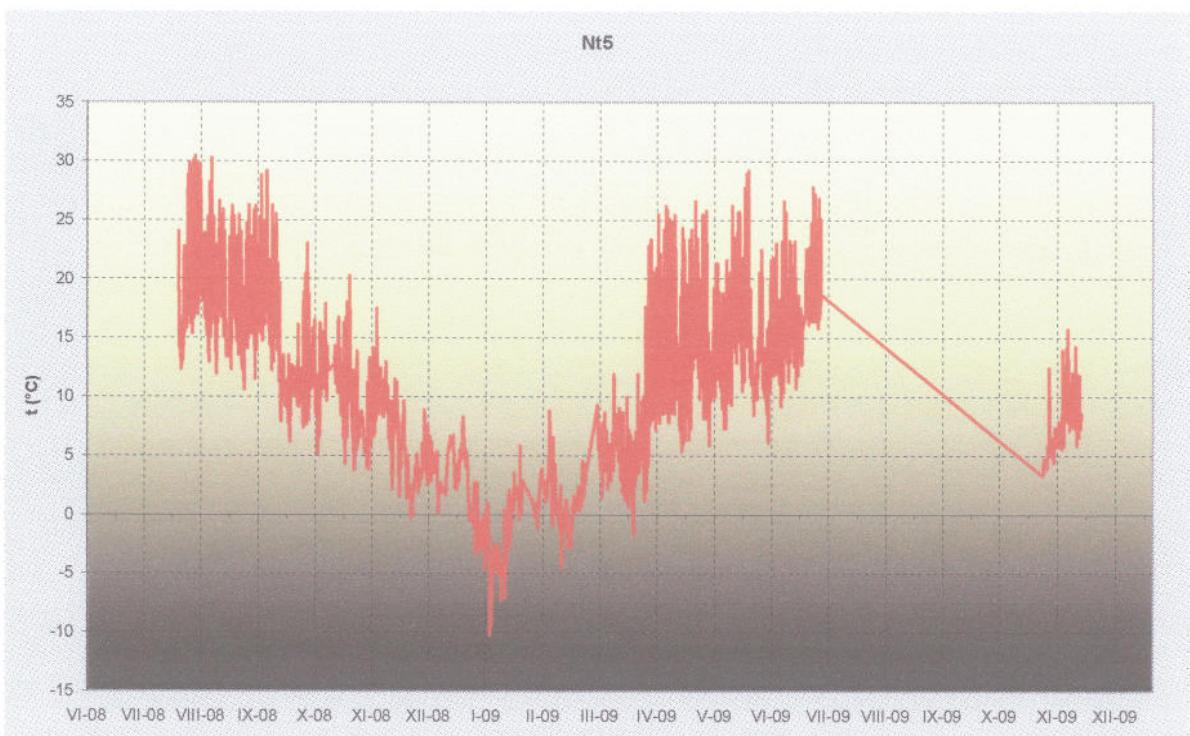
Pohyb nejvyššího bloku D po smykové ploše zachycuje stanoviště N5, jeho eventuální stranové vyklánění pak N6.



Obr. 33 Chody šikmé složky deformací na skalním bloku E ve vrcholové části západního boku pilíře N2.



Obr. 34 Korelace chodů deformací a teplot v místě měření šíkmé složky deformací na skalní šupině E ve vrcholové části západního boku pilíře N2.



Obr. 35 Chody teplot v místě měření šíkmé složky deformací na skalním bloku E ve vrcholové části západního boku pilíře N2.

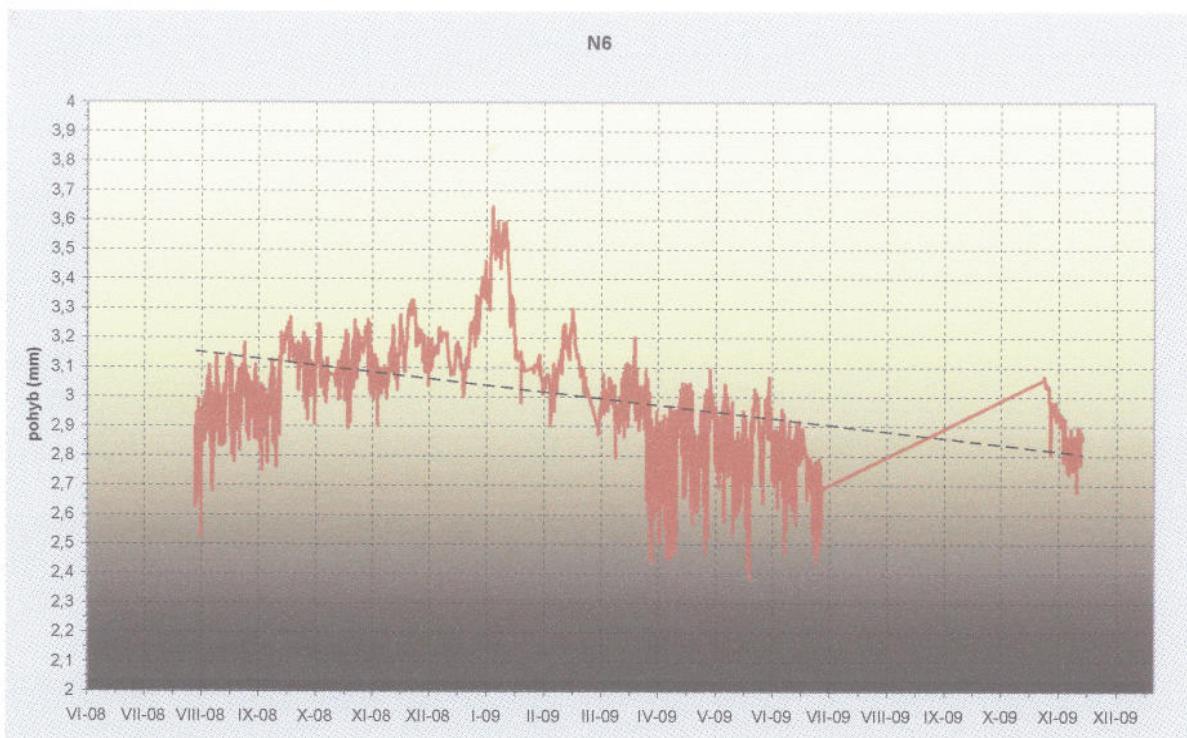
Graf časové série N5 (obr. 33) především ukazuje, že deformační hodnoty období listopad 08 a 09 jsou oproti sobě posunuty o -0,45 mm. Jinými slovy, že křivka tohoto



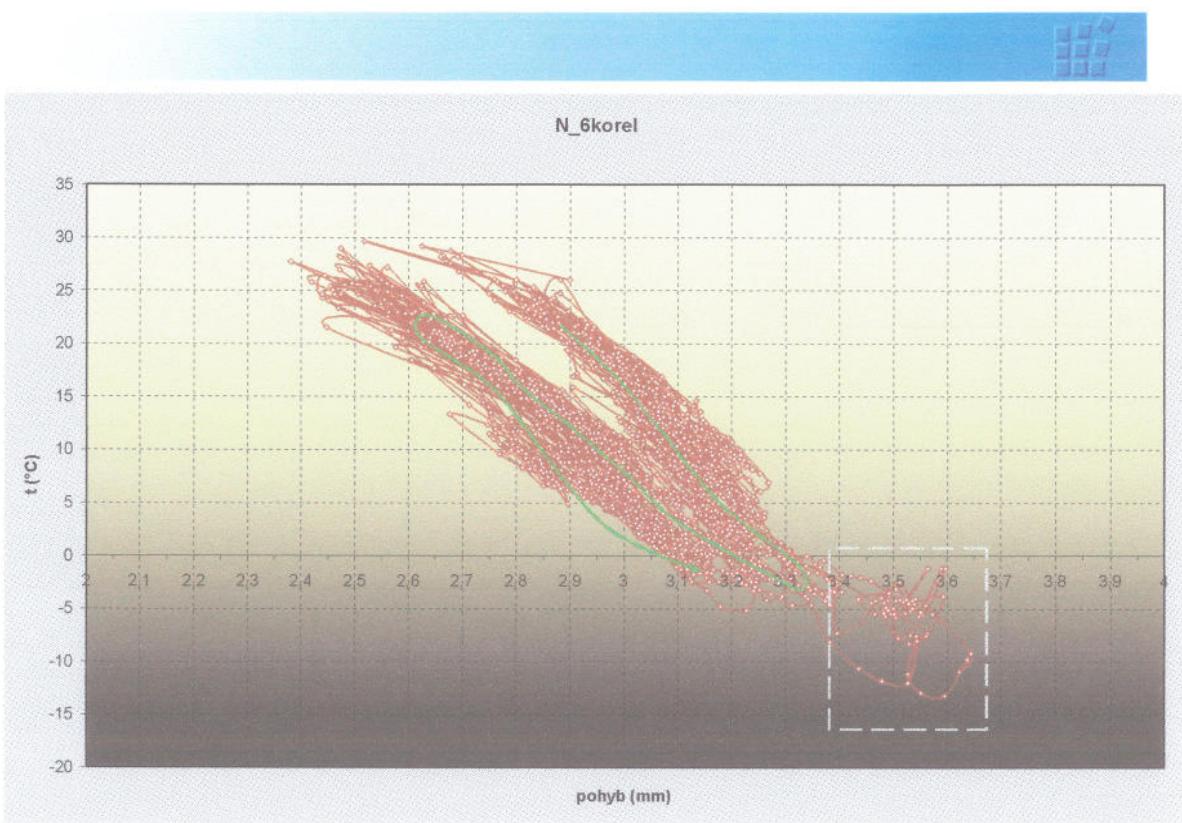
způsobu zobrazení indikuje přítomnost nevratné deformace odehrávající se podél hlavní smykové plochy. Denní vratné výkyvy dokumentované křivkou N5 mají amplitudy cca 0,10 až 0,30 mm. Dva černé čtverce označují období, v nichž došlo ke velmi výrazným skokovým poklesům o -0,20 a -0,35 mm. Kompenzovaný trend poté činí +0,10 mm.

Koreogram chodů deformací na N4 a teploty t4 (obr. 34) Topologie korelační křivky je dána jednak smyčkami denních a sezónní změny měřené vzdálenosti. Oba uvedené quasi-cykly jsou nepřímo úměrné ke změnám teploty. Smyčky denních cyklů mají amplitudu 0,40 až 0,50 mm. Velký čtverec vyznačuje oblast opačné závislosti denních chodů změn délky na teplotě v období zimního maxima. Toto atypické chování je obdobné a nastalo ve stejný čas jako stejné jevy na stanovištích N1 až N4. Proto jej nelze zcela jednoznačně označit za měření chybové prokluzem měřidla. Porucha převodníku ústředny však se touto koincidencí stává ještě o něco pravděpodobnější. Chod sezónních změn vytváří celkem pravidelnou, v listopadu 09 již téměř uzavřenou křivku. Tento vývoj však nesouhlasí s možnou existencí kompenzovaného trendu.

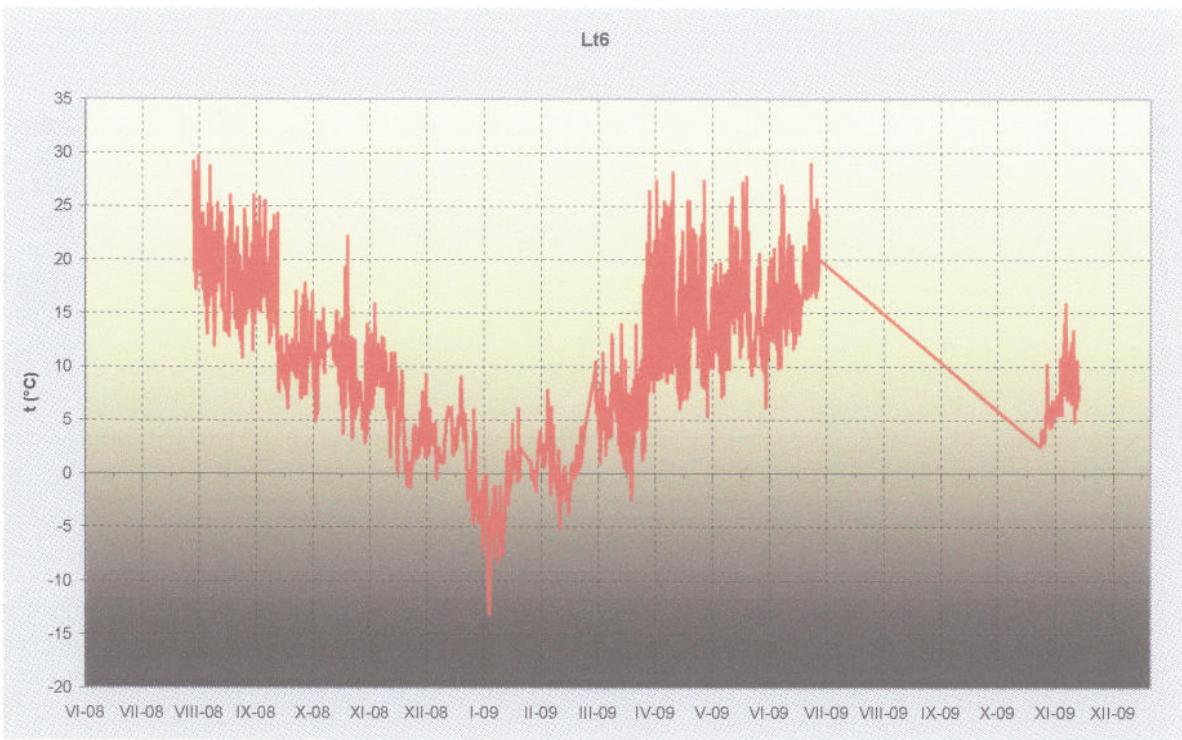
Interpretace: Na N5 naměřené hodnoty nelze interpretovat odděleně od výsledků měření podél celé smykové zóny. V kontextu těchto měření se existence nevratného pohybu (jeho indicie závisí na tom zda kompenzace byly provedena správně) – poklesání bloku D podél smykové zóny musí odehrávat jen v rámci bloku D, resp. jejím hnacím motorem nejspíše bude drcení na kontaktu bloků C a D.



Obr. 36 Chody deformací ve vrcholové části západního boku pilíře N2.



Obr. 37 Korelace chodů deformací a teplot ve vrcholové části západního boku pilíře N2.



Obr. 38 Chody teplot v místě měření šikmé složky deformací na skalním bloku E ve vrcholové části západního boku pilíře N2.

Graf časové série N6 (obr. 36) především ukazuje, že deformační hodnoty období listopad 08 a 09 jsou oproti sobě posunuty o -0,35 mm. Žádná období výrazných poklesů se na křivce nevyskytuje. Jinými slovy, že křivka tohoto způsobu zobrazení indikuje



přítomnost nevratné deformace odehrávající se šikmo do jižního boku objektu. Denní vratné výkyvy dokumentované křivkou N6 mají amplitudy cca 0,10 až 0,30 mm.

Koreogram chodů deformací na N6 a teploty t4 (obr. 37) Topologie korelační křivky je dána jednak smyčkami denních a sezónní změny měřené vzdálenosti. Oba uvedené quasi-cykly jsou nepřímo úměrné ke změnám teploty. Smyčky denních cyklů mají amplitudu cca 0,30 mm. Velký čtverec vyznačuje oblast opačné závislosti denních chodů změn délky na teplotě v období zimního maxima. Toto atypické chování je obdobné a nastalo ve stejný čas jako stejné jevy na stanovištích N1 až N5. Proto jej nelze zcela jednoznačně označit za měření chybové prokluzem měřidla. Porucha převodníku ústředny však se touto koincidencí stává ještě o něco pravděpodobnější. Chod křivky sezónních změn pak nevytváří uzavřenou smyčku. Naopak jednotlivé, sezónně si odpovídající části křivky jsou vzájemně posunuty o -0,10 (letní část) až -0,25 mm. Tak je i v tomto typu zobrazení indikována existence nevratné deformace o výše specifikovaném rozpětí roční rychlosti.

Interpretace: Na podélne orientovaném N6 se pravděpodobně vykypuje nevratná deformace o velikosti mezi -0,10 až -0,35 mm/rok. Spolu s měřením N5 pak výsledky z N6 interpretujeme jako projev šíkmého vyjíždění bloku D do jižního boku objektu. Hnacím motorem této deformace přitom pravděpodobně je porušování v kontaktní zóně bloků D a C.

Závěry:

Časové řady získané během 16 měsíců automatizovaného měření již dovolují některé velmi závažné interpretace. Pro lokalitu Lugano, kde jsou výsledky bezpečnostně nezávažnější, je zapotřebí interpretace automatizovaných měření porovnat s dlouhodobými výsledky ručních dilatometrických měření.

Na lokalitě Lugano je registrován nevratný pohyb ve dvou dílčích podoblastech lokality.

x) Jedná se o blok dok. bod č. 32, který se nachází těsně na horní hraně skalní stěny bezprostředně nad objekty obce, se vyklání do údolí. Blok 32 se nevratně vyklání do údolí s rychlosí 0,11 mm/rok na východním (stanoviště L1) a 0,17 mm/rok (stanoviště L2) na západním nároží. xx) Mezi úpatím horní a vrcholkem střední skalní šupiny dochází ke zužování vzdálenosti o 0,22 mm/rok. Kinematika blokových pohybů generujících tento pohyb zatím není známa.

Dynamika chodů hodnot měření zatím nenaznačuje nástup exponenciálního zrychlování závěrečné fáze přípravy zřícení bloku. upozorňujeme však, že s ohledem na velikost a geometrii uložení tohoto bloku může být nástup této fáze relativně velmi rychlý a její trvání krátké, řádově dny, max. týdny. Již teď je však velikost nárůstu nevratné deformace značná.

Opatření: Doporučujeme uvažovat o sanaci bloku jeho stabilizací na místě, a to v časovém horizontu max. 1-3 let. Do té doby doporučujeme bezpečnost budov a osob před nenadálým zhoršením stability bloku 32 zajišťovat automatizovaným kontrolním sledováním s okamžitým srovnáváním naměřených hodnot s hodnotami pro automatické vyhlášení varovného či havarijního stavu. K získání dalšího bezpečnostního kritéria pro vyhlašování varovných stavů zároveň doporučujeme proto přistoupit k podrobnému zaměření a statickému rozboru s cílem stanovit prahovou hodnotu deformace na stanovištích L1 a L2 na mezi překlopení bloku.



xx) Mezi patou nejvyšší střední skalní šupiny objektu dok. bod č. 742 horní části šupiny střední výškové úrovni dochází k nevratnému zužování měřené vzdálenosti o cca - 0,20 mm/rok. S ohledem na relativnost dilatometrických měření však bez dalšího způsobu monitoringu, či dalších stanovišť dilatometrických nelze stanovit, zda se jedná o pohyb paty nejvyšší šupiny do údolí či přiklánění vrcholku šupiny střední.

Dynamika chodů naměřených hodnot zatím nevykazuje indicie brzkého nástupu závěreční fáze přípravy řícení – tj. nástupu bezprostředního nebezpečí jeho vzniku. Velikost narůstání je však relativně vysoká.

Opatření: S ohledem na povahu rozvolnění celé skalní stěny dok. bod č. 742 proto opakujeme loňské doporučení k podrobné dokumentaci a statickému rozboru celé lokality s cílem obdobným jako u bloku dok. bod č. 32. Navíc je třeba zkontolovat, zda jsou všechna kinematicky a staticky klíčová místa stěny osazena stanovišti automatizovaného kontrolního sledování ať již referovaných, či osazených ve druhém sledu prací v roce 2009.

Na zbývajících stanovištích lokality Lugano, a to včetně stanoviště L6 na východním boku skalní šupiny západně od intenzivně hloubkově rozvolněné stěny dok. bod č. 742, zatím nebyla registrována žádná nevratná deformace. Výjimkou je stanoviště L5 jehož data nelze pro opakování poruch snímače rigorózně vyhodnotit.

Opatření: Pokračovat v automatizovaném kontrolním sledování a znova zprovoznit měření na stanovišti L5. Dále podrobná dokumentace, statický rozbor a přeměna měření v automatizovaný varovný systém.

Přesto, že bezprostřední nebezpečí řícení objektu dok. bod č. 32 a 742 nehrozí, znova doporučujeme výhledové zpracování projektů sanace obou objektů. S ohledem na jejich relativně menší objemy lze totiž předpokládat, že závěrečná fáze přípravy řícení bude krátká, spíše o trvání týdnů. To by, po jejím nástupu, mohlo vést ke zbytečnému časovému tlaku a zkomplikování realizace nápravných opatření.

B. Na lokalitě N2 zatím výsledky měření indikují klid nevratných pohybů v dolní a střední části smykové zóny. Pro vrcholový blok C však je naznačena přítomnost šikmo do jižního boku probíhajícího smyku o dosud obtížně určitelné magnitudě. Předběžně ji lze lokalizovat do rozpětí -0,10 až -0,35 mm/rok. Tento závěr potvrzuje hypotézu vyslovenou při interpretaci měření již v listopadu 2008.

Zdrojem pohybu je pravděpodobně porušování probíhající na kontaktní ploše bloků D a C.

Opatření: Pokračovat v automatizovaném kontrolním sledování s cílem zpřesnit magnitudu nevratné deformace v nejvyšší části potenciálně nestabilního skalního objektu. Dále navrhujeme provést detailní ohledání objektu cílené na kontakt bloků C a D, jakož i provedení příprav pro eventuální přeměnu systému měření v automatizovaný varovný systém.



Literatura:

Zvelebil, J. Paluš, M. Novotná, D. (2006): Nonlinear Science issues in the dynamics of unstable rock slopes: New tools for rock fall risk assessment and early warning. In: Cello, G. Malamud, B. (eds.): Fractal Analysis for Natural Hazards. Geological Society Special Publication No. 261, Chap. 6, 79-93. The Geological Society Publishing House, London.

Zvelebil, J. Vařilová, Z. Paluš, M. (2008): New challenges for mathematics in Safety Monitoring of Rock slopes. Sborník "Geotechnické dny 2008" ČKAIT, ČAIG, Ústí n/L.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "J. Zvelebil" followed by a stylized surname.