

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



**Kláster Osek – posouzení poruch stavebních objektů z hlediska inženýrské geologie**

**Osek Monastery - Engineering Geology Assessment of Structural Damage**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Pavλίna Pourová**

Vedoucí: Ing. Jan Boháč, CSc.

Praha, září 2008

Diplomovou práci jsem vypracovala na Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky, pod vedením Ing. Jana Boháče, CSc. Prohlašuji, že jsem ji vypracovala samostatně a převzaté prameny jsem řádně citovala. Souhlasím s jejím zapůjčením ke studijním účelům.

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří umožnili vznik této práce. Chtěla bych poděkovat Ing. Janu Boháčovi, CSc. za druhou šanci a velkou trpělivost.

Dále bych chtěla poděkovat Doc. Ing. Karlu Drozdovi, CSc. za rady a pomoc při identifikaci příčin poruch na stavbách a RNDr. Janu Markovi, CSc. za pomoc při tvorbě geologických řezů.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutá klimatická data a PhDr. Elišce Králové ze Státního oblastního archívu v Litoměřicích, pracoviště Most za pomoc při pátrání po dosahu historické těžby hnědého uhlí. Především děkuji rodičům a přátelům.

*Paola Jan*

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá posouzením škod na budovách kláštera v Oseku. Nejprve byla provedena rešerše starších geologických průzkumů z této oblasti. Dále byly posuzovány škody na objektech. Škody jsou zde rozdělené podle příčiny vzniku. Posuzuje se, jak se projevil vliv konstrukce a vliv geologie základové půdy. Dále se zde řeší problémy ohledně vlhkosti budov – posouzení, kde měl vliv poškozený historický vodní systém a kde se projevil vliv od vztlínivosti podzemní vody.

Nebyl zjištěn vliv poddolování hlubinnou těžbou hnědého uhlí na stavby kláštera.

## **Abstract**

The Thesis is dealing with structural damage of the buildings of Osek Monastery from the point of view of engineering geology. First the previous engineering geology and geotechnical investigations are reviewed, then a catalogue of found damage is presented. The influence of ground water, and especially the malfunction of the historic water system of the monastery is considered to contribute to the structural damage. The nearby mining activity however was found to have no effect on the buildings.

## Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2. CÍL PRÁCE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>6</b>
3.1. GEOGRAFICKÉ POMĚRY – GEOMORFOLOGIE A OROGRAFIE.....	6
3.1.1. <i>Geomorfologie zájmové oblasti</i> .....	6
3.2. GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	6
3.2.1. <i>Východní část Krušných hor</i> .....	6
3.2.2. <i>Podkrušnohorské pánve</i> .....	7
3.2.3. <i>Tektonika</i> .....	9
3.3. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY .....	10
3.4. KLIMATICKÉ POMĚRY .....	11
3.5. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST OKOLÍ .....	12
<b>4. PODDOLOVÁNÍ.....</b>	<b>19</b>
<b>5. SOUSTAVA VODNÍCH OBJEKTŮ A ODVODNĚNÍ KLÁŠTERA .....</b>	<b>23</b>
5.1. HYDROLOGICKÁ SITUACE .....	23
5.2. HISTORICKÝ VODNÍ SYSTÉM KLÁŠTERA .....	23
5.3. HYDROLOGICKÝ PRŮZKUM .....	24
5.3.1. <i>Režim podzemní vody</i> .....	25
<b>6. TERÉNNÍ PRÁCE .....</b>	<b>27</b>
6.1. MAPOVACÍ KURZ .....	27
6.2. ODBĚR VZORKŮ PŘI VRTNÝCH PRACÍCH.....	27
6.3. TVORBA GEOLOGICKÝCH ŘEZŮ .....	28
6.4. SESTAVENÍ KATALOGU ŠKOD.....	28
<b>7. LABORATORNÍ PRÁCE .....</b>	<b>29</b>
<b>8. KATALOG ŠKOD .....</b>	<b>31</b>
8.1. TRHLINY .....	31
8.1.1. <i>Budovy kláštera</i> .....	31
8.1.2. <i>Kostel</i> .....	34
8.1.3. <i>Zahradní stavby</i> .....	35

8.2. VLHKOST .....	38
<b>9. DOPORUČENÍ.....</b>	<b>42</b>
<b>10. ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
<b>11. LITERATURA .....</b>	<b>44</b>

## Seznam příloh

Příloha č. 0	Popis jednotlivých částí areálu kláštera
Příloha č. 1	Inženýrskogeologická mapa
Příloha č. 2	Geologický řez č. 1 (A-A')
Příloha č. 3	Geologický řez č. 2 (B-B')
Příloha č. 4	Geologický řez č. 3 (C-C')
Příloha č. 5	Geologický řez č. 4 (D-D')
Příloha č. 6	Geologický řez č. 5 (E-E')
Příloha č. 7	Situace historického vodního systému
Příloha č. 8	Situace kláštera, sklepů, vodního systému a míst ovlivněných vlhkostí
Příloha č. 9	Katalog fotografií - Situace fotografické dokumentace
Příloha č. 10	Výsledky laboratorních zkoušek
Příloha č. 11	Situace převzatých geologických sond a hloubek založení jednotlivých objektů kláštera
Příloha č. 12	Převzaté geologické sondy

## 1. Úvod

Tato práce je součástí projektu Průzkum a obnova historických budov, zahrad a vodního systému cisterciáckého kláštera v Oseku, na kterém spolupracovaly od září 2005 do února 2007 Univerzita Karlova v Praze a Technische Universität Bergakademie Freiberg.

Město Osek se nachází v okrese Teplice, na hranici Severočeské hnědouhelné pánve a Krušných hor. Osecký klášter byl založen koncem 12.století a během staletí byl několikrát přestavován. Dnešní klášter tvoří rozsáhlý komplex objektů, budovaných od doby románské až po baroko. Většina budov je dnes postižena nějakým druhem poškození.

Tato práce vznikla za účelem objasnění vzniku poškození, která se na budovách kláštera nacházejí. Vyskytly se názory, že škody na budovách jsou způsobené hlavně poddolováním oblasti hlubinnou těžbou hnědého uhlí. Cílem práce je toto tvrzení potvrdit nebo vyvrátit.

## **2. Cíl práce**

Cílem této práce je objektivní posouzení příčin vzniku poruch na budovách kláštera. A to jak z hlediska vlivu inženýrskogeologického, tak z hlediska poddolování. Do této doby se předpokládalo, že poruchy jsou způsobené sedáním vlivem historické hlubinné těžby hnědého uhlí, které v okolí areálu kláštera probíhalo od 18. do 20.století.

Dále se práce zabývá problémem historického vodního systému a podzemní vody, které různým způsobem poškozují historické části klášterních budov. Cílem je zmapovat místa postižená vlhkostí a posoudit vliv zemní vlhkosti a historického kanalizačního systému.



### **3. Charakteristika zájmového území**

#### **3.1. Geografické poměry – geomorfologie a orografie**

Na jihozápadě se Krušné hory stýkají s Doupovskými horami, na jihu jsou ohraničené terciárními pánvemi a na východě navazují na část České křídové tabule, geomorfologicky tvořící Děčínskou vrchovinu, jejíž součástí jsou geomorfologicky výrazné pískovcové Děčínské stěny.

Zbývající plochu území, lemovanou uvedenými geomorfologickými celky, zaujímá Severočeská hnědouhelná pánev.

Krušné hory začaly vystupovat z tektonicky porušeného paleogenního parovinného reliéfu mezi paleogénem a neogénem. Souběžně poklesla příkopová propadlina severočeských hnědouhelných pánví. Z morfologického hlediska je to tektonicky snížená deprese Mostecké kotliny, která se člení na kotlinu Chomutovskou, Litvínovskou, Duchcovskou a Teplickou. Koncem jezerní sedimentace v hnědouhelných pánvích byl reliéf poměrně plochý, k hlavnímu vyklenutí krušnohorské soustavy došlo počátkem kvartéru, kdy se vytvořily strmé jižní svahy Krušných hor. Ve vrcholové části Krušných hor se zachovala parovina, na níž vznikají častá rašeliniště. Pánevní části a přilehlá část Českého středohoří byly geomorfologicky formovány hlavně během kvartéru erozí řek. Významným prvkem dnešní morfologie je výrazný členitý stupeň krušnohorského zlomového pásma o výšce až 500m (Hazdrová a kol., 1972).

##### **3.1.1. Geomorfologie zájmové oblasti**

Město Osek i s areálem kláštera leží pod jižními svahy Krušných hor na plochem území s mírným sklonem k jihovýchodu. Celková plocha klášterních pozemků činí cca 13,5ha. Z toho asi jedna třetina severně položené plochy je zastavěna klášterními objekty. Ostatní plochy jsou vyhrazeny ve východní a západní části sadům a v jižní části zahradám (Svoboda, 1967).

#### **3.2. Geologické poměry**

Na území vystupují dva základní geologické celky: starý zvrásněný a metamorfovaný podklad (proterozoikum – algonkium) a epivariská platforma. V podloží platformních sedimentů probíhá tektonické rozhraní mezi geologickými strukturálními oblastmi – soustavou krušnohorskou, zónou západosudetskou a tepelsko-barrandienskou (Škvor, 1975).

##### **3.2.1. Východní část Krušných hor**

Krušné hory jsou součástí saxoturingika, které z hlediska geosynklinálního vývoje Českého

### **3. Charakteristika zájmového území**

#### **3.1. Geografické poměry – geomorfologie a orografie**

Na jihozápadě se Krušné hory stýkají s Doupovskými horami, na jihu jsou ohraničené terciárními pánvemi a na východě navazují na část České křídové tabule, geomorfologicky tvořící Děčínskou vrchovinu, jejíž součástí jsou geomorfologicky výrazné pískovcové Děčínské stěny.

Zbývající plochu území, lemovanou uvedenými geomorfologickými celky, zaujímá Severočeská hnědouhelná pánev.

Krušné hory začaly vystupovat z tektonicky porušeného paleogenního parovinného reliéfu mezi paleogénem a neogénem. Souběžně poklesla příkopová propadlina severočeských hnědouhelných pánví. Z morfologického hlediska je to tektonicky snížená deprese Mostecké kotliny, která se člení na kotlinu Chomutovskou, Litvínovskou, Duchcovskou a Teplickou. Koncem jezerní sedimentace v hnědouhelných pánvích byl reliéf poměrně plochý, k hlavnímu vyklenutí krušnohorské soustavy došlo počátkem kvartéru, kdy se vytvořily strmé jižní svahy Krušných hor. Ve vrcholové části Krušných hor se zachovala parovina, na níž vznikají častá rašeliniště. Pánevní části a přilehlá část Českého středohoří byly geomorfologicky formovány hlavně během kvartéru erozí řek. Významným prvkem dnešní morfologie je výrazný členitý stupeň krušnohorského zlomového pásma o výšce až 500m (Hazdrová a kol., 1972).

##### **3.1.1. Geomorfologie zájmové oblasti**

Město Osek i s areálem kláštera leží pod jižními svahy Krušných hor na plochém území s mírným sklonem k jihovýchodu. Celková plocha klášterních pozemků činí cca 13,5ha. Z toho asi jedna třetina severně položené plochy je zastavěna klášterními objekty. Ostatní plochy jsou vyhrazeny ve východní a západní části sadům a v jižní části zahradám (Svoboda, 1967).

#### **3.2. Geologické poměry**

Na území vystupují dva základní geologické celky: starý zvrásněný a metamorfovaný podklad (proterozoikum – algonkium) a epivariská platforma. V podloží platformních sedimentů probíhá tektonické rozhraní mezi geologickými strukturálními oblastmi – soustavou krušnohorskou, zónou západosudetskou a tepelsko-barrandienskou (Škvor, 1975).

##### **3.2.1. Východní část Krušných hor**

Krušné hory jsou součástí saxoturingika, které z hlediska geosynklinálního vývoje Českého

masívu představuje periferní jednotku mezihorského masívu, reprezentovaného zde moldanubikem a bohemikem. Tato jednotka je omezena na severovýchodě středosaským zlomem, na jihovýchodě litoměřickým hlubinným zlomem, na jihozápadě franckým zlomem; na severozápadě se noří pod karbonské a permské sedimenty (Malkovský a kol., 1985).

Krušnohorské krystalinikum vystupuje jako vlastní Krušné hory, ale z převážné části je skryté pod svrchnokřídovými a neogenními sedimenty a vulkanity. V horské části Krušných hor je budováno ortorulami, migmatity a pararulami, včetně žulových masívků (flájský na západě, telnický biotitický granodiorit na východě), žil žulového porfyru a extruze křemenného porfyru. V podloží křídových sedimentů je krystalinikum budováno biotitickými a dvojslídnyými rulami a migmatity, které bývají při povrchu fosilně navětralé a lokálně tektonicky postižené (Hazdrová a kol., 1972).

Karbonské sedimenty byly zjištěny v oblasti teplického křemenného porfyru u Mikulova. Nachází se zde šedé arkózy s písčítými jílovci a vrstvičkami antracitového uhlí. Permokarbonské sedimenty jsou překryty svrchnokřídovými sedimenty, které vznikly jako kontinentální uložení. Jedná se o výplně intermontánních depresí na rozhraní vestfálu B a C. Zdejší permokarbon se dělí na 4 souvrství: spodní šedé, spodní červené, svrchní šedé a svrchní červené.

Křídová sedimentační pánev byla formována zvláště pohyby na poruchách SZ-JV směru. V depresích reliéfu došlo nejprve k sedimentaci sladkovodního cenomanu. Následující mořské sedimenty se ukládají na předchozí sladkovodní sedimenty nebo přímo na permokarbon či krystalinikum. Křídové sedimenty pselitické, psamitické i pelitické jsou značně proměnlivé ve vertikálním i plošném směru. Uložení České křídové pánve jsou překryty neogenními uloženinami Severočeské hnědouhelné pánve, které zakrývají okraj původního sedimentačního prostoru. V Českém středohoří jsou křídové uložení proniknuta nebo překryta neovulkanity.

### **3.2.2. Podkrušnohorské pánve**

Vznik pánví severozápadních Čech souvisí s odezvou na alpské horotvorné procesy. Po vyklenutí došlo v severozápadní části Českého masívu k tektonickému kolapsu – vznikla poklesová zóna (příkop) SV - JZ směru – podkrušnohorský zlom (oherský rift). Některé hlubinné zlomy – hlavně litoměřický, měly hloubkový dosah až do svrchní části zemského pláště a podél nich došlo k oživení vulkanismu.

### **Severočeská hnědouhelná pánev**

Severočeská hnědouhelná pánev o celkové rozloze 1000km<sup>2</sup> je největší a nejvýznamnější

podkrušnohorskou pánví. Rozkládá se mezi Doupovskými horami a Českým středohořím, do něhož svými sedimenty zasahuje, severozápadní omezení tvoří geologicky zmlazené pásmo krušnohorského zlomu.

Severočeská hnědouhelná pánev se od ostatních pánví liší větší rozlohou a mocností terciérních sedimentů. Do pánve od jihovýchodu ústily říční toky, které zřejmě v miocénu odvodňovaly značnou část středních a západních Čech. Došlo k vytvoření žatecké a bílinské delty. V těchto místech říční sedimentace rozštěpila nebo zcela nahradila uhelnou sloj. V ostatních oblastech se vyvinula víceméně souvislá hnědouhelná sloj o mocnosti 25 až 45 metrů (Severočeské doly a.s., 2008).

### **Vývoj pánve**

Podloží pánve je budováno převážně proterozoickými rulami krušnohorského krystalinika, teplickým ryolitem a na Žatecku permokarbonskými písčitojílovitými sedimenty. V nadloží těchto hornin se často nacházejí velmi mocné polohy křídových slínovců a pískovců.

Bazální starosedelské souvrství (jíly až písky) nebylo přímo v pánvi prokázáno, ale byly zjištěny výskyty v podloží vulkanitů Doupovských hor a Českého středohoří (Chlupáč a kol., 2002).

Vlastní pánev vznikala postupně v závislosti na poklesech. Podle výzkumů A. Elznice a dalších se nejprve vytvořilo několik menších sedimentačních prostorů, které se poté spojily v jezero, kam byl splavován jílovitý a písčité materiál a rozložené produkty vulkanické činnosti (střezovské souvrství). S pokračujícím poklesem se hloubka pánve zvyšovala a mocnost sedimentů dosáhla až 125m. Před uložením hlavních uhelných slojí se jezero rozšířilo až do areálu Českého středohoří, kde byla vulkanická činnost od svrchního eocénu až do konce oligocénu. Po ukončení hlavní vulkanické fáze se jezero dočasně rozšířilo a po usazení málo mocných jílovitých sedimentů a zvětralin (spodní část mosteckého souvrství) došlo ke změně vodního režimu v pánvi. Poklesem hladiny se jezero změnilo v rašelinisté a uhlotvorné močály a došlo k zarůstání pánve vegetací (hlavně jehličnaté stromy). Do této doby (spodní miocén) spadá tvorba hlavní hnědouhelné sloje, která má široké rozšíření a mocnost 10 – 30m (výjimečně až 50m). Sloj je s podložím spjata pozvolným přechodem s polohami uhelných jílu, horní hranice je ostrá a svědčí o náhlém ukončení uhelné sedimentace zvýšením vodní hladiny. V nadloží sloje spočívá místy až 350m mocný sled jílovitých a písčitých uloženin, který dokazuje změnu režimu na jezerní. Během tvorby hlavní sloje docházelo k paleogeografickým změnám a od jihu a jihovýchodu bylo přinášeno velké množství klastického materiálu – tvorba delt, které porušovaly a omezovaly uhelnou sedimentaci hlavně v jižní části pánve (Žatec, Most, Bílina). V dosahu delt převládají ve

spodním miocénu písčité a jílovité uloženiny s různou zrnitostí a s diagonálním zvrstvením, které svědčí o rychlé sedimentaci (Chlupáč a kol., 2002).

Největší je žatecká delta, která pravděpodobně vznikla vyústěním mohutného toku, který ústí u Žatce a jehož vliv se projevil na ploše 500km<sup>2</sup>. Menší bílinskou deltu tvoří uloženiny méně stálého toku s proměnlivou intenzitou. Obě delty vytvořily toky, které směřovaly od jihovýchodu z rozsáhlé sběrné oblasti středních a západních Čech, což dokazují i výskyty valounů hornin barrandienského proterozoika a paleozoika (Chlupáč a kol., 2002).

### **Lomské souvrství**

V centrální části Severočeské hnědouhelné pánve v oblasti Lom u Mostu - Osek je vyvinuta ještě jedna svrchní sloj. Jedná se o samostatný pánevní útvar, který je tvořen šedými jíly s proměnlivým podílem prachové a písčité složky, časté jsou pelokarbonáty a ve spodní části souvrství jsou nepravidelně vyvinuté uhelné slojky a uhelné jíly. Do sedimentačního prostoru lomského souvrství, někdejšího jezera, byl přinášen od severu písčité materiál, takže v okolí Salesiovy výšiny u Oseka je jílovitá a uhelná sedimentace nahrazena písčitou. Jedná se o hydrogeologicky a hydrotechnicky významné polohy zvodnělých písků. Pískovce jsou výborným kolektorem jak pro vody přicházející z krystalinika, tak pro povrchové a kvartérní vody stékající se svahů hor do pánve.

Miocénní sedimenty v oblasti pod Krušnými horami jsou z velké části překryty vrstvou proluviálních štěrků krystalinického původu. Tyto sedimenty vznikaly erozí svahů Krušných hor v glaciálních a periglaciálních dobách. Úlomky hornin se kupily v údolích a při přívalových srážkách byly vyplavovány směrem do pánve. Je pro ně typická nevytříděnost a zahliněnost. Hlinitá složka směrem do pánve ustupuje a proluvia plynule přechází do fluviálních sedimentů. Dalšími kvartérními pokryvnými sedimenty, které se tu vyskytují, jsou svahové sutě, hlíny, písky a antropogenní materiály (Absolon, 1986).

### **3.2.3. Tektonika**

Severočeská hnědouhelná pánev je součástí významné mobilní hluboce založené struktury označované jako oherský (=ohárecký) rift. Výplň pánve je většinou horizontálně až subhorizontálně uložena. Výjimkou je území podél severozápadního okraje pánve, kde následkem výzdvihu Krušných hor došlo ke zpříkření pánevních sedimentů, provázenému místy i jejich přetržením. Nejdůležitějším a zároveň i hodně diskutovaným zlomem této pánve je krušnohorský zlom, který omezuje na severozápadě pánevní výplň proti krystaliniku Krušných hor. Podle současných názorů jde o komplikovanou až několik set metrů širokou zónu tvořenou místy systémem paralelních severovýchodních zlomů o malé výšce skoku,

kteře například u Oseka způsobily pokles dna pánve, respektive relativní zdvih krušnohorského hřbetu až asi o 1200m. Jinde však, například mezi Janovem a Litvínovem, se předpokládá bezzlomový styk obou jednotek. Lokálně se krušnohorský zlom stáčí do směru V-Z. Nelze vyloučit, že tato struktura byla formována zdvihem Krušných hor koncem terciéru a začátkem čtvrtohor, které v tomto období teprve získaly svoji dnešní podobu, takže v příčném řezu orientovaném ve směru SZ-JV dělá pánve dojem ploché synklinály se strmým až překocným severozápadním ramenem (Bouška, Dvořák, 1997).

Tektonické postižení pánve není rovnoměrné. Nejméně byla postižena západní (chomutovská) část pánve. V mostecké části většina zlomů zvýrazňovala centrální depresi a je často kosá k ose pánve. Nejintenzivněji je zlomovou tektonikou postiženo nejužší území této pánve na lahošťském hřbetu, kde je podloží sedimentární výplně tvořeno teplickým ryolitem. Překvapují tam zlomy s úklonem ke Krušným horám. Výška sklonů dosahuje často až několika desítek metrů (Bouška, Dvořák, 1997).

### 3.3. Hydrogeologické poměry

Krystalinikum je charakterizováno puklinovou propustností a živějším oběhem podzemní vody. Pramenní vývěry drobných vydatností jsou časté v erozních rýhách. Vydatnost je závislá na množství srážek.

Slabá vrstva svahových sedimentů Krušných hor je hydrogeologicky téměř bezvýznamná, což znamená, že se v ní nevytváří sestupné cesty podzemní vody z hor do pánve. Tyto sestupné cesty jsou omezeny pouze na údolní výplně, ale ani tady není průtočný profil nijak velký – průměrná mocnost výplně je 2–3 metry, přitom hlíny se štěrky mají koeficient filtrace v řádu  $10^{-6}$  m/s, hlinité štěrky  $10^{-5}$  m/s. V řadě horských údolí jsou vybudovány jednoduché jímací systémy pro níže ležící obce – studně a zářezy využívající prameniště, aluviálních vod nebo břehové infiltrace. Teploty pramenů kolísají od 6 do 11°C, což je typické pro vody mělkého oběhu. Též je pro ně typická nízká mineralizace (Absolon, 1986).

Pro terciérní sedimenty je charakteristické střídání sedimentů s vlastnostmi kolektoru a sedimentů s vlastnostmi izolátoru. Nadložní jíly a písky lomského souvrství jsou relativně nepropustné s výjimkou psamitické facie při okraji pánve u krušnohorského zlomu. Hydrogeologické poměry neogenních sedimentů výrazně ovlivňuje těžba hnědého uhlí. Dochází ke vzniku podzemních vod, specifických pro toto území a odlišných od ostatních podzemních vod svým oběhem, režimem a chemismem, které se označují jako důlní vody.

Propustnost nadložních souvrství v peltickém vývoji u lomského souvrství je velmi nízká, koeficient filtrace je  $10^{-7}$  m/s (Hazdrová a kol., 1972).

Absolon (1986) dále uvádí, že v deluviálních hlínách na terciéru a ve spraších se zvedeň

nevytváří. V mocných písčitých deluviích je zvodněna jen báze, protože tu zřejmě dochází k přímé dotaci lomského souvrství.

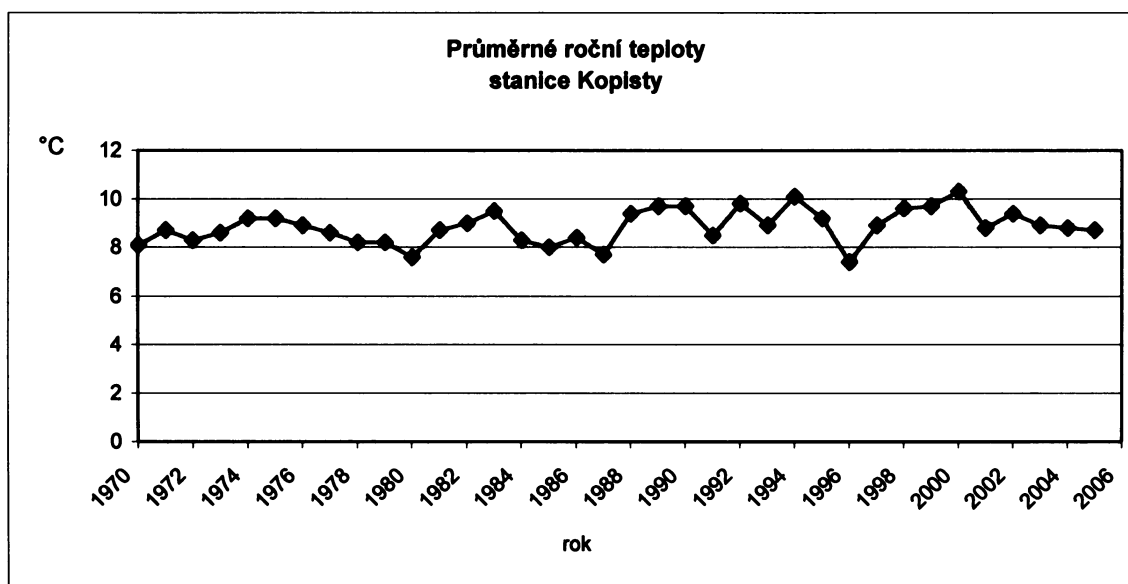
Terasové štěrky na terciérních hřbetech prozrazují své vyšší stáří zvětráním rulových valounů, čímž se zvyšuje hlinitý podíl a snižuje propustnost. Terasové akumulace mají málo mocnou zvodněň nebo vůbec žádnou.

Proluviální štěrky nelze jednoznačně charakterizovat. Jsou zde velké rozdíly, které souvisí s procesy ukládání. Pokud byl materiál transportován na delší vzdálenost, je více vytříděn a zbaven hlinité složky, čímž se zvyšuje propustnost. Platí to např. pro proluvium Šumného dolu. Protikladem je proluvium Loučenského potoka. Štěrky jsou uloženy bezprostředně pod vyústěním údolí z hor v mocnosti až 20m. Nejsou dobře vytříděné, jsou hlinité a snížená propustnost vede ke zvýšení hladiny podzemní vody.

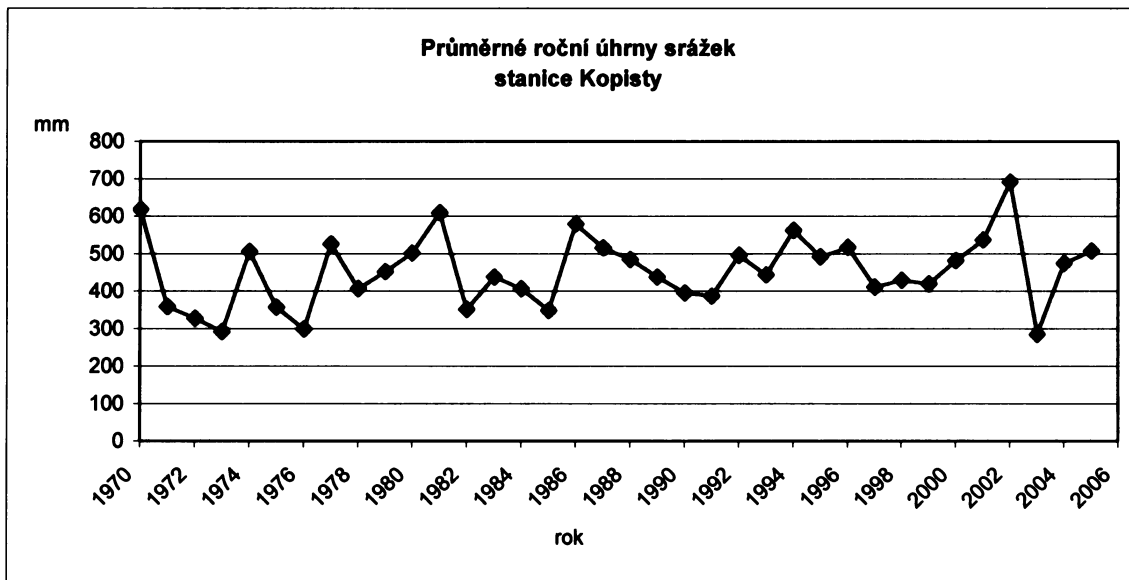
### 3.4. Klimatické poměry

Podle Atlasu podnebí Česka (Tolasz a kol, 2007) řadíme zájmové území do oblasti mírně teplé. Průměrná roční teplota vzduchu je 8 - 9°C (obr. 1), průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období 16 – 17°C a průměrný počet mrazových dní v roce 110 – 120.

Krušné hory patří do oblasti chladné. Průměrná roční teplota vzduchu je 4 – 5°C, průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období 14 – 16°C a průměrný počet mrazových dní v roce 140 – 160. Průměrné roční úhrny srážek dosahují až 900mm. Krušné hory způsobují tzv. srážkový stín v oblasti podkrušnohorských pánví, kde spadne jen kolem 500mm srážek za rok (obr. 2).



Obr.č. 1 Průměrné roční teploty (Český hydrometeorologický ústav, Praha)



Obr.č. 2 Průměrné roční úhrny srážek (Český hydrometeorologický ústav, Praha)

### 3.5. Inženýrskogeologická prozkoumanost okolí

Díky tomu, že zájmové území je součástí severozápadního okraje Severočeské hnědouhelné pánve a město Osek prošlo postupnou zástavbou, bylo zde v minulosti vypracováno dostatečné množství inženýrskogeologických a hydrogeologických posudků, které lze využít.



Obr.č. 3 Situace inženýrskogeologické prozkoumanosti, 1 – areál kláštera, 2 – Meziboří-Střelná, 3 – přeložka silnice LOM-OSEK, 4 – výstavba sídliště Osek, 5 – nové městské centrum



**Meziboří – Střelná, zpráva o výsledcích geologickoprůzkumných prací, R. Příbyl, Stavební geologie, n.p., Praha 1988**

Účelem průzkumu bylo ověření geologických a geotechnických poměrů v trase vodovodu. Trasa byla dlouhá 12km a hloubky výkopů se pohybovaly v rozmezí 1,5 – 3m. Během průzkumu bylo provedeno 60 jádrových vrtů do hloubky cca 3m. Jádrové vrty umožnily proniknout i do předpokládaného tvrdšího předkvartérního podkladu. Bylo odebráno 15 porušených vzorků zemin a 10 vzorků vod pro zkrácený chemický rozbor.

V úseku, kde trasa vodovodu kopíruje cestu k hornímu oseckému nádraží železnice Most – Moldava, byly zjištěny jednoduché geologické poměry. Po vrstvě humózní hlíny (0,1 – 0,4m) se vyskytuje poloha rulových sutí charakteru písčité hlíny s drobným šterkem a místy s úlomky rul přes průměr vrtu. S hloubkou přibývá množství úlomků ruly. Jedinou výjimkou je okolí vrtu J 30, kde byl zastížen písek až pískovec. Jedná se pravděpodobně o rozplavený materiál Salesiovy výšiny. Podzemní voda nebyla v této části úseku trasy zastížena.

**Podrobný inženýrskogeologický průzkum pro přeložku silnice II/254 OSEK – LOM, V. Köllner, Pragoprojekt s.p., Praha 1989**

Průzkum se zabývá realizovatelností silniční přeložky z inženýrskogeologického hlediska. Během průzkumu bylo provedeno celkem 44 jádrových vrtů, ze kterých byly odebrány vzorky zemin a vod, které byly předány do laboratoře mechaniky zemin a vod s.p. Geoindustrie.

Průzkum zastihl dva různé typy základové půdy.

1) V místech, kde byla trasa vozovky vedena v úrovni terénu nebo v zářezech do hloubky 3m, bylo podloží silniční komunikace tvořeno převážně jílovitou hlínou a jílem pevné konzistence.

Tyto materiály byly dle ČSN 721002 podle vhodnosti silniční komunikace zařazeny do VII.-VIII. skupiny; materiál je nebezpečně namrzavý, podléhá objemovým změnám, je rozbídný a nestabilní, po napojení vodou klesá značně jeho únosnost.

Laboratorně byla zjištěná zhutnitelnost podle Proctor standard, kde  $\rho_{dmax} = 1550 - 1820\text{kg/m}^3$ ,  $w_{opt} = 15 - 23,5\%$ . Únosnost CBR = 4,6 - 8%, po 95% saturaci vodou klesá na CBR = 2,9 - 10%, převážně se ale pohybuje okolo CBR = 4%.

Z výsledků vyplynuly závěry pro ochranu konstrukce vozovky proti přístupu srážkové vody a vhodné opatření proti promrzání podloží konstrukce vozovky.

2) Druhým zastíženým materiálem byly hlinitopísčité šterky fluviodeluviálního původu. Jsou to materiály rozsáhlých dejekčních kuželů Krušných hor, s obsahem málo opracovaných úlomků rul krušnohorského krystalinika. Sondami byly zjištěny do hloubky 4 - 4,5m. V jejich

podloží se nacházejí jíly pevné konzistence.

Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 0,7 – 0,9m pod povrchem terénu. Při laboratorních zkouškách byla u vod zjištěna uhličitá agresivita na stavební hmoty.

Základové poměry byly vzhledem k mělkému výskytu agresivní podzemní vody klasifikovány podle ČSN 731001 (1987) jako složité.

Projektovaná přeložka byla z inženýrskogeologického hlediska realizována bez náročných sanačních opatření. Podloží bylo nutné ochránit účinkům promrzání a muselo se zamezit přístupu srážkové vody do podloží.

### **Výstavba sídliště Osek – průzkum staveniště, Hušek, SHR Báňské projekty Teplice, 1969**

Během průzkumu staveniště pro nové sídliště bylo provedeno 32 vrtaných sond, které sahaly do hloubky 9 – 15m.

Vrtné práce probíhaly bez výplachu, ale pod hladinou podzemní vody. Docházelo ke styku s vodou a ke změně konzistence na povrchu vzorků. V případě značného přívalu vod docházelo k rozvrtání jádra.

Nejblíže klášteru byla část průzkumu zabývající se centrem města. Z vrtu S0-48 byly odebrány vzorky jílu s těmito vlastnostmi: tuhá konzistence,  $w_L = 58,81\%$ ,  $w_P = 22,87\%$ ,  $I_P = 35,94$ ,  $I_C = 0,93$ . Oedometrický modul přetvárnosti  $M_0 = 35,4\text{kp/cm}^2$  (3,47MPa) pro rozmezí tlaků 0,8–1,5kp/cm<sup>2</sup> a  $M_0 = 44,1\text{kp/cm}^2$  (4,32MPa) pro rozmezí tlaků 0,8–3 kp/cm<sup>2</sup>.

Základovou půdu tvoří tuhé nadložní jíly, které jsou překryty vrstvou hlíny pevné konzistence. Vrstvy nejsou vodorovně uloženy a na celém staveništi byla zjištěna úroveň podzemní vody blízko terénu.

### **Předběžný stavebně-geologický průzkum na staveništi nového městského centra v Oseku u Duchcova, O. Pazderník, Stavební Geologie n.p., 1976**

Na základě výsledku průzkumu se mělo rozhodnout o definitivním výběru staveniště dostavby městského centra. Průzkum byl zaměřen na ověření fyzikálních a mechanických vlastností zemin kvartérního pokryvu a svrchních partií nadložního miocenního souvrství, které se nacházejí v pravděpodobné aktivní zóně podzákladí projektovaných staveb.

Z vrtů byly odebrány 4 neporušené a 6 porušených vzorků zemin a 5 vzorků podzemní vody ke zkrácenému chemickému rozboru.

Podle zrnitostní zkoušky byly kvartérní štěrkové zeminy označeny jako hlinito-písčité štěrky. Soudržné kvartérní zeminy byly určeny jako jíly a písčité hlíny se štěrkem.

Miocenní jílovité zeminy patří dle své zrnitosti mezi jíly, popř. jílovité hlíny. V průběhu

vrtných prací byly rozlišeny 3 faciální jednotky: jíly, uhelné jíly s proplásky uhelného detritu a prachovité písky. Svrchní miocénní partie mají konzistenci tuhou, se vzrůstající hloubkou až pevnou. Kompaktnější horniny byly pozorovány až v hloubce 10 m pod terénem.

Jíly mají střední až vysokou plasticitu ( $w_L = 40 - 60\%$ ). Dále byly stanoveny objemové hmotnosti, měrná hmotnost, pórovitost a stupeň nasycení. Pro posouzení stlačitelnosti byly zjištěny oedometrické moduly přetvárnosti  $M_0$ , pro zatížení  $0,5 - 1 \text{ kp/cm}^2$  lze počítat s modulem  $M_0 = 50 \text{ kp/cm}^2$  (4,9MPa) a pro zatížení  $1 - 2 \text{ kp/cm}^2$  s hodnotou  $M_0 = 60 \text{ kp/cm}^2$  (5,8MPa).

Vrt; hloubka [m]		J1; 4,0	J2; 5,0	J5; 2,6
Zemina		jíl šedý	jílov. hlína	jíl šedý
Konzistence		tuhá-pevná	tuhá	tuhá
Přir. vlhkost váhová $w_n$ [%]		25,30	21,90	20,50
Přir. vlhkost objemová $w_o$ [%]		41,23		36,12
plasticita	Mez tekutosti $w_L$ [%]	60,80	40,30	47,70
	Mez plasticity $w_p$ [%]	22,20	21,60	21,50
	Číslo plasticity $I_p$	38,60	18,70	26,20
Číslo konzistence $I_c$		0,92	0,98	1,04
Objemová hmotnost zeminy	suché $\rho_d$ [ $\text{g/cm}^3$ ]	1,63		1,62
	za přiroz. vlhkosti $\rho_n$ [ $\text{g/cm}^3$ ]	2,04		1,98
Měrná hmotnost $\rho_s$ [ $\text{g/cm}^3$ ]		2,73		2,73
Pórovitost $n$ [%]		40,29		40,66
Oedomet. modul přetvárnosti $M_0$ [ $\text{kp/cm}^2$ ]	stupeň zatížení [ $\text{kp/cm}^2$ ]			
	0,5 - 1,0	50		54
	1,0 - 2,0	77		61

Tab.č. 1 Výsledky zkoušek u některých vzorků odebraných během průzkumu

Autor zatřídil odebrané vzorky z vrtu J1 a J5 dle ČSN 731001 (1966) jako jíly spadající do skupiny D21, méně plastické jíly z vrtu J2 do skupiny D20.

Zatímco jílovité miocénní podloží i nejmladší kvartérní jílovité náplavy jsou velmi omezeně propustné, štěrky mají dobrou průlinovou propustnost. To je příčinou mírné napjatosti mělkého horizontu podzemní vody. Mimo ojedinělých aktivních vývěřů na pravém břehu Oseckého potoka nebyly na staveništi naraženy výrazné vztlakové vodní horizonty.

Podle laboratorních zkoušek patří podzemní voda do skupiny středně tvrdých vod se slabě kyselou reakcí. Podle ČSN 731001 (1966) jeví voda silnou uhlíčitou agresivitu na cementové stavební hmoty.

S postupující bytovou zástavbou bylo třeba řešit otázky nové městské občanské vybavenosti. Ta byla projektována na levém břehu Oseckého potoka. V souladu s ČSN 731001 (1966) bylo zkoumané území označeno jako podmíněčně vhodné až nevhodné pro realizaci výstavby,

a to hlavně z důvodu silného povrchového zvodnění, popř. zamokření terénu, malé únosnosti často nestejněměrně stlačitelných základových zemin a vysoké úrovně hladiny podzemní vody, která se vyznačuje silnou uhličitou agresivitou.

**Zpráva o výsledku stavebně-geologického průzkumu v areálu cisterciáckého kláštera v Oseku u Duchcova – Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum, L. Svoboda, n. p. Žilina, 1967**

Účelem průzkumu bylo ověření stavu svodné kanalizace od jednotlivých stavebních objektů, zjištění příčin podmáčení kostela a hospodářských budov, ověření hloubky a způsobu založení objektů určených k sanaci a stavu základového zdiva těchto objektů.

Během průzkumu bylo provedeno 43 kopaných pažených sond profilu 125x200cm. Z kopaných sond bylo odebráno 32 neporušených vzorků zemin k laboratorním zkouškám: vlhkost, indexové hodnoty, stlačitelnost, úhly vnitřního tření a soudržnosti. Dále bylo odebráno 16 vzorků podzemní vody, u kterých byl proveden zkrácený chemický rozbor, zaměřený na agresivitu podzemní vody na stavební hmoty.

Laboratorní smykové zkoušky u odebraných vzorků zemin vykazaly hodnoty  $\tan \varphi = 0,32 - 0,74$  ;  $\varphi = 17^{\circ}50' - 36^{\circ}30'$  ;  $c = 0,10 - 0,44\text{kp/cm}^2$ . Z uvedených rozsahů přísluší vyšší hodnoty  $\varphi$  zeminám ulehlejším s nižší vlhkostí.

Ze zkoušek stlačitelnosti pro rozmezí tlaků 1 – 2kp/cm<sup>2</sup>, tj. pro přetížení  $\Delta p = 1\text{kp/cm}^2$  vyšel součinitel stlačitelnosti v rozsahu  $C = 34 - 95$  a oedometrický modul přetvárnosti pro totéž rozmezí tlaků a přetížení  $M_0 = 49 - 115\text{kp/cm}^2$  (4,8 – 11,3MPa).

Jednotlivé mechanické a fyzikální vlastnosti vybraných vzorků zemin jsou uvedené v tab.č. 2 a 3 (str. 17).

Několik dvojic vzorků zemin bylo záměrně odebráno ze stejné sondy a hloubky, ale jeden byl odebrán bezprostředně zpod základu objektu a druhý z protější strany sondy. Tímto odběrem se měla zjistit odchylka v hodnotách mechanických vlastností zemin zatížených a nezatížených.

Chemické rozborů provedené na odebraných vzorcích podzemní vody vykazovaly vyluhující, uhličitou a síranovou agresivitu na stavební hmoty (ČSN 731001, 1966).

V závěru průzkumu bylo uvedeno, že povrch území areálu kláštera tvoří převážně hlinitokamenité navážky, vesměs ulehlé. Všechny objekty, u kterých byly vyhloubeny ověřovací sondy, jsou založeny na pevných miocénních jílech lomského souvrství. Hloubky založení jednotlivých objektů kláštera se liší. Rozmezí hloubek založení se pohybuje od 1,1 – 3,6m od terénu. Jednotlivé hloubky založení, které byly zjištěny během průzkumu, jsou uvedeny jako součást přílohy č. 11.

Vrt; hloubka [m]		K1; 3,7 *	K1; 3,7 **	K4; 1,0	K5; 2,0
Zemina		sv.hnědý jíł	sv.hnědý jíł	sv.hnědý jíł	sv.hnědošedý jíł
Konzistence		pevná	pevná	pevná	pevná
Přir. vlhkost váhová $w_n$ [%]		17,60	17,50	16,20	23,50
Přir. vlhkost objemová $w_o$ [%]		30,40	30,90	29,30	37,70
plasticita	Mez tekutosti $w_L$ [%]	41,00	47,50	46,50	68,10
	Mez plasticity $w_p$ [%]	20,70	21,20	20,80	23,60
	Číslo plasticity $I_p$ [%]	20,30	26,30	25,70	44,50
Číslo konzistence $I_c$		1,16	1,14	1,18	1,00
Součinitel stlačitelnosti C pro zatížení	1 - 2 kp/cm <sup>2</sup>	34,00	64,00	95,00	47,00
	2 - 3 kp/cm <sup>2</sup>	28,00	42,00	70,00	29,00
Pórovitost $n$ [%]		36,70	35,00	40,66	37,50
Oedomet. modul přetvárnosti $M_o$ [kp/cm <sup>2</sup> ]	stupeň zatížení [kp/cm <sup>2</sup> ]				
	0,5 - 1,0	38	87	94	84
	1,0 - 2,0	49	76	73	68

Vrt; hloubka [m]		K32; 1,8*	K32; 1,8**	K27; 3,5	K27; 3,6
Zemina		tmavý jíł	žlutavěšedý jíł	šedohn. písč. hlína	šedohn. jíł. hlína
Konzistence		tuhá	tuhá	tuhá	tuhá
Přir. vlhkost váhová $w_n$ [%]		36,70	30,10	26,40	27,20
Přir. vlhkost objemová $w_o$ [%]		45,80	42,90	39,40	40,60
plasticita	Mez tekutosti $w_L$ [%]	90,50	78,80	78,80	78,80
	Mez plasticity $w_p$ [%]	36,60	30,30	30,50	33,00
	Číslo plasticity $I_p$ [%]	53,90	48,50	24,50	24,60
Číslo konzistence $I_c$		1,00	1,00	0,93	0,92
Součinitel stlačitelnosti C pro zatížení	1 - 2 kp/cm <sup>2</sup>	44,00	37,00	80,00	88,00
	2 - 3 kp/cm <sup>2</sup>	32,00	29,00	80,00	55,00
Pórovitost $n$ [%]		46,50	45,60	42,00	44,20
Oedomet. modul přetvárnosti $M_o$ [kp/cm <sup>2</sup> ]	stupeň zatížení [kp/cm <sup>2</sup> ]				
	0,5 - 1,0	74	50	115	121
	1,0 - 2,0	63	53	116	127

pozn.: \* vzorek odebraný zpod základu, \*\* vzorek odebraný z protější strany sondy

Tab.č. 2 a 3 Výsledky laboratorních zkoušek na vzorcích odebraných během průzkumu (Svoboda, 1967)

Z uvedených posudků vyplývá, že se nacházíme při hranici Severočeské hnědouhelné pánve a Krušných hor, což s sebou nese různorodost geologických poměrů. Prolínají se tu dva hlavní typy základové půdy: proluviální štěrky a miocénní jíly lomského souvrství.

### Proluviální štěrky

Pro tyto sedimenty bývá často charakteristické neorganizované ukládání, malá vytříděnost, místy vyšší zahliněnost, neurovnaná báze a nerovný povrch. Mohou dosahovat mocnosti až přes 10m. Tyto štěrky bývají často sezónně zvodnělé.

## **Miocénní jíly**

Tyto sedimenty tvoří převážnou část základových poměrů celé oblasti. Všechny objekty kláštera jsou na nich založeny. Podle zrnitosti se jedná o jílovité hlíny a jíly, které podle ČSN 731001 (1987) řadíme do třídy F7 a F8. Plasticita je rozdílná. Vyskytují se jak jíly se střední plasticitou, tak i jíly s velmi vysokou až extrémní plasticitou. Konzistence bývá nejčastěji ve stupni tuhá až pevná.

Z tabulky směrných normových charakteristik jemnozrnných zemin (ČSN 731001, 1987) můžeme vyčíst další parametry. Z nich vyplývá, že k případným výpočtům můžeme použít tyto parametry.

Pro třídu F7, tuhá konzistence:  $E_{def} = 3 - 5 \text{MPa}$ ,  $c_u = 50 \text{kPa}$ ,  $\gamma = 21 \text{kN/m}^3$ ,  $\nu = 0,40$

Pro třídu F8, tuhá konzistence:  $E_{def} = 2 - 4 \text{MPa}$ ,  $c_u = 40 \text{kPa}$ ,  $\gamma = 20,5 \text{kN/m}^3$ ,  $\nu = 0,42$

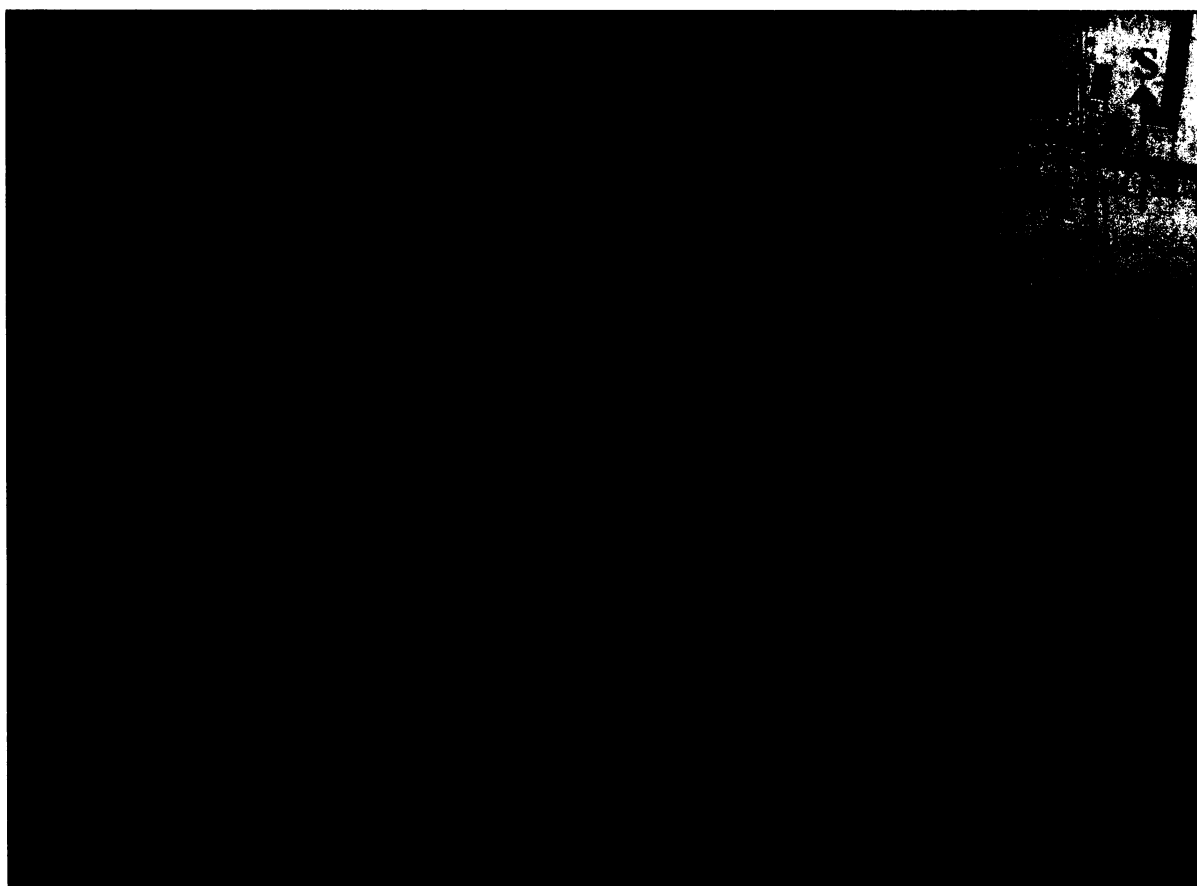
Pro třídu F8, pevná konzistence:  $E_{def} = 4 - 6 \text{MPa}$ ,  $c_u = 80 \text{kPa}$ ,  $\gamma = 20,5 \text{kN/m}^3$ ,  $\nu = 0,42$

Všechny zprávy se zmiňují o zvýšené uhličitě agresivitě mělké podzemní vody na stavební hmoty.

## 4. Poddolování

### Stručná historie těžby hnědého uhlí

Už hluboko ve středověku lidé používali hnědé uhlí, ale opravdové dějiny a historie těžby hnědého uhlí v zájmové oblasti začínají až na přelomu třicátých a čtyřicátých let 18.století. První dobývací metodou bylo chodbicování. S ohledem na tehdejší stav hornictví se dobývalo jen kolem výchozů uhelné sloje. Uhlí v té době těžili převážně sedláci, proto se také nazývá selské dobývání. Úroveň hladiny podzemní vody byla základní hranicí dosahu. Když se šachtice zavalila nebo zatopila, tak se opustila a otevřela se poblíž jáma nová. Největší rozmach dolování hnědého uhlí je v padesátých letech 19.století. V této době se těžilo převážně hlubinným způsobem, ale postupně se přecházelo na povrchové lomové provozy.



Obr.č. 4 Situace podzemních chodeb a poddolování z roku 1932 (Státní oblastní archiv v Litoměřicích, pracoviště Most)

Nejbližší důlní dílo je jáma Nelson V, které bylo provozováno do roku 1925 a dosáhlo hloubky 285m. Tato jáma se nachází cca 200m jižním směrem vzdušnou čarou od hranice pozemků kláštera a cca 400m od západního křídla kláštera. Ze situace (obr.č. 4) vyplývá, že území kláštera je postižené pouze chodbami, které pravděpodobně sloužily jako průzkumné

chodby, později také třeba jako chodby větrné (větrací). Tyto chodby se nacházejí v hloubce přes 200m. Poddolované území se nachází jižně a jihovýchodně od areálu kláštera, na situaci je toto území znázorněno šedou plochou. Tato území patří k poddolovanému území Hrdlovka.

### **Pokles území**

Pro ověření, zdali poddolované území poklesává, jsem si zvolila metodu porovnání historické mapy s mapou současnou. Chtěla jsem zjistit, zda existuje nějaký rozdíl ve vrstevnicích, popřípadě v kótách.

Historická mapa (obr.č. 5) byla vytvořena v letech 1876 – 1878. Vznikla při III. vojenském mapování - Františko-josefském. Podkladem tohoto mapování se staly katastrální mapy, které byly použity již při II. vojenském mapování, ale oproti mapám II. vojenského mapování byly novější mapy vylepšeny znázorněním výškopisu – nejen šrafami, ale také vrstevnicemi a kótami. Tyto mapy jsou vázány na tzv. jadranský výškový systém s počátkem podle střední hladiny Jaderského moře na molu Sartorio v Terstu. Po druhé světové válce přešly československé vojenské mapy na baltský výškový systém se základnou na hladině Baltského moře u ostrova Kronštadt poblíž dnešního Sankt Peterburgu. Finální podoba, systém „baltský po vyrovnání“, začala fungovat v roce 1957, před tím však bylo nutné provést složité přepočty nadmořských výšek (vyrovnání) – např. nadmořská výška bodu Lišov v systému Bpv je o 388,6mm menší než v systému jaderském (u dalších bodů v Česku činí rozdíl 350–420mm) (Maršíková, Maršík, 2006).

Hora Špičák – v historické mapě – 669 m n.m.

v současné mapě – 662 m n.m.

Salesiova výšina – v historické mapě – 424 m n.m

v současné mapě – 421 m n.m

Kóta jižně od jižní hranice klášterního areálu – v historické mapě – 292 m n.m.

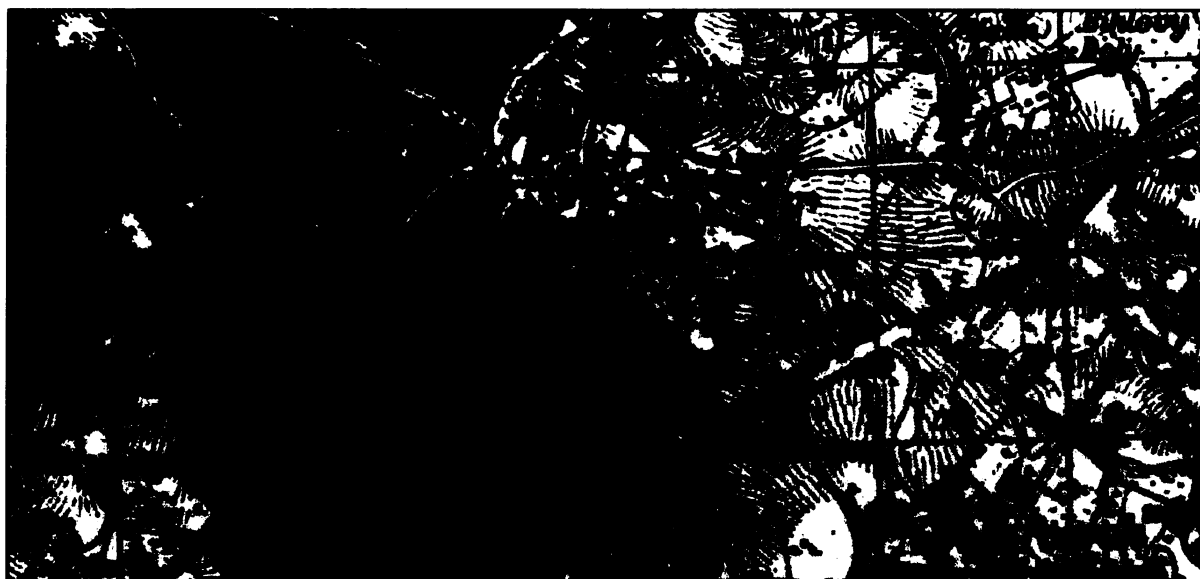
v současné mapě – 285 m n.m.

Kóta u cesty do Lomu – v historické mapě – 325 m n.m

v současné mapě – 315 m n.m

I když vezmeme v úvahu přepočet mezi výškovými systémy a pravděpodobně méně přesné měření v 19. století, tak je tu patrný zvětšující se rozdíl mezi nadmořskými výškami směrem do pánve. Z toho usuzuji, že poddolované území poklesávalo, ale nemyslím si, že tak dramaticky, jak by naznačovaly rozdíly nadmořských výšek.





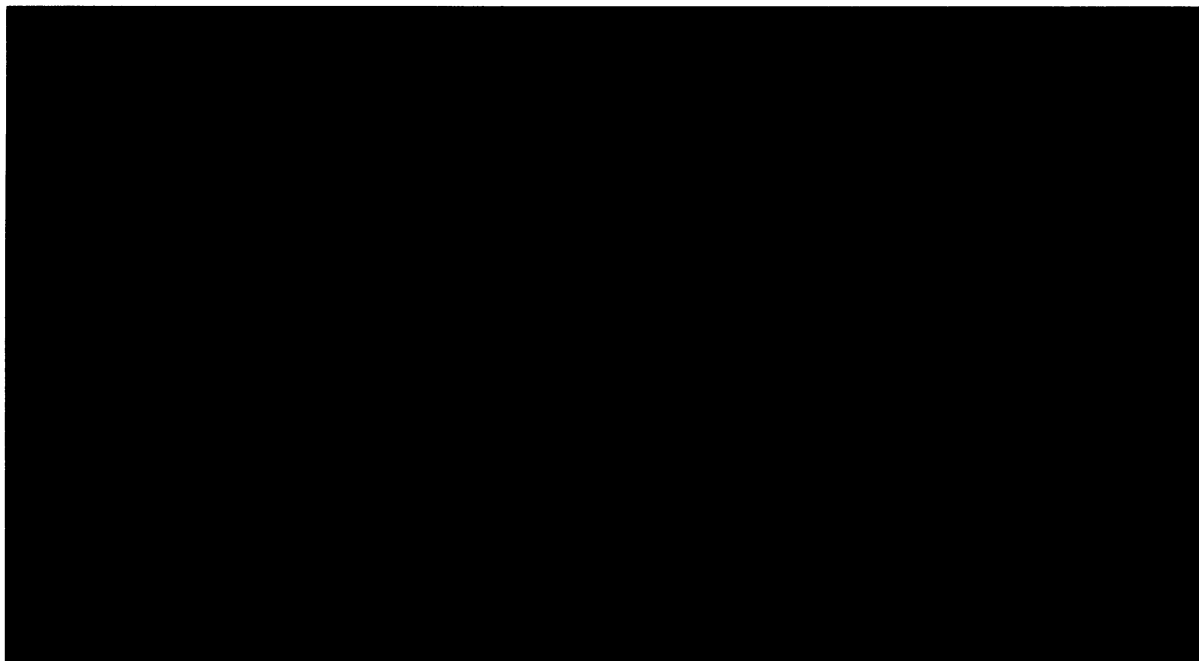
Obr.č. 5 Historická mapa Oseka a okolí (Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně, 2008)



Obr.č. 6 Současná mapa Oseka a okolí (PLANstudio, 2008)

Moji teorii potvrdila práce Havlíka a kol. (1996), která se zabývala klasifikací a kategorizací ploch Severočeské hnědouhelné pánve postižených poklesy terénu po hlubinné těžbě uhlí. V této práci byly plochy povrchu postižené vlivem poddolování rozděleny do tří skupin podle mocnosti nadloží – mocnost nadloží do 50m, mocnost nadloží 50-100m a mocnost nadloží větší než 100m. Podle obr.č. 7 se město Osek i klášter nachází na ochranném pilíři Osek. V okolí tohoto pilíře se nachází jen třetí třída rozdělení podle mocností nadloží – mocnost nad

100m (znázorněno přerušovanou kosou šrafou). Zával komor se tu projevuje tvorbou souvislé poklesové kotliny plošného charakteru. Při mocnosti nadloží přes 300m je projev poklesové kotliny velmi pozvolný. Ve většině případů takový dodatečný zával výrazně neovlivňuje povrch.



Obr.č. 7 Situace vlivu poddolování na povrch (Havrlík a kol, 1996)

Také v práci Svobody (1967) se uvádí, že jediné zjištěné poddolování tvoří systém chodeb probíhající pod částí kostela, bývalou nemocnicí a křížovou chodbou (obr. č. 4). Dále se podobné chodby nacházejí v části zahrady. Dále se v práci uvádí, že rozrážky procházející pod areálem kláštera byly vybudovány před rokem 1900 a že nemají vliv na stabilitu stavebních objektů kláštera. Výška nadloží hlavní sloje je přes 250m. I v případě úplného zhroucení rozrážky se vliv závalu v horních vrstvách jílu vůbec neprojeví.

Další výskyt uhlí se nachází v lomském souvrství. Toto uhlí bylo v minulosti dobýváno v nedalekém lomu, ale nikdy se nedobývalo v areálu kláštera. Ani nejsou známky toho, že by došlo k samovolnému vznícení, či vyhoření (RNDr. Jan Marek, CSc., ústní sdělení).

Z uvedených pramenů vyplývá, že stavební objekty v celém areálu kláštera nemohou být ovlivněny poddolováním od těžby hnědého uhlí.

## **5. Soustava vodních objektů a odvodnění kláštera**

### **5.1. Hydrologická situace**

Areál kláštera je situován na nevýrazném plochém hřbetu na úpatí Krušných hor. Generelní sklon terénu je k jihovýchodu a této situace bylo využito při výstavbě kanalizačních sítí, vodovodů, rybníků, okrasných nádrží a fontán. Do areálu kláštera byla přiváděna dvojí voda – pitná a užitková.

Pitná voda pro účely zásobování kláštera a některých fontán byla přiváděná potrubím ze dvou pramenišť – kopec Pramenáč severně od kláštera a Lesní pramen západně od kláštera. Tyto vody po svém použití odtékaly do nádrží a jezírek, kde se z nich staly vody užitkové.

### **5.2. Historický vodní systém kláštera**

Cisterciáci, kteří byli známí svým uměním v zacházení s vodou, také při zakládání kláštera v Oseku zohlednili přírodní vodní poměry tak, aby vodu mohli využít ve svůj prospěch.

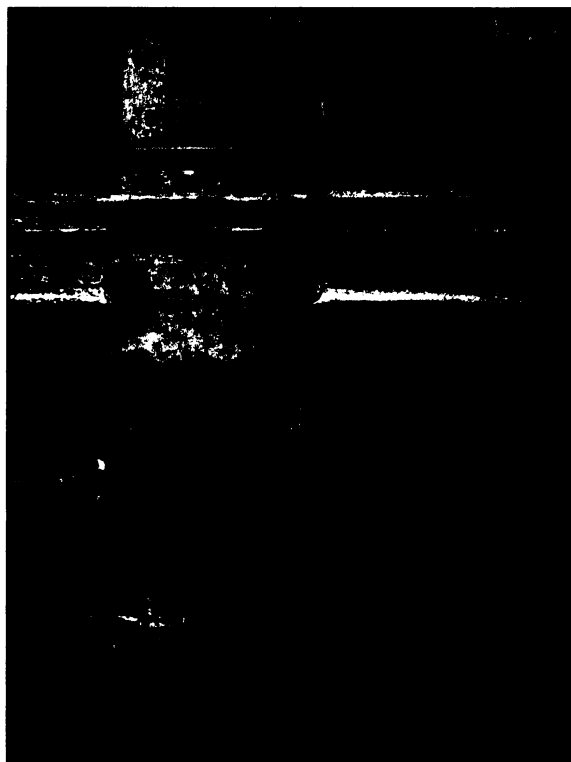
Vznikl tak důmyslně promyšlený vodní systém, jehož základní funkčnost zůstala zachována až do dnešní doby.

Pro zásobování vodou byly využity dva zdroje: na jedné straně sloužil klášteru Osecký potok, pramenící severně od kláštera, kde byla díky strmosti terénu vytvořena kaskáda rybníků pro lepší jímání vody. Druhý zdroj tvořily prameny v bezprostřední blízkosti.

Řehák (1993) uvádí, že z historických zápisů z roku 1898 vyplývá, že vlivem těchto dvou vodních zdrojů vznikly i dva samostatné vodní systémy. Jeden vodní systém přiváděl pitnou vodu z pramenů do kláštera podzemním potrubím, druhý přiváděl užitkovou vodu z Oseckého potoka. Tento vodní systém sestával z otevřených kanálů a struh. Užitkové vody byly důležitou a nezbytnou součástí kláštera. Jejich hlavním zdrojem byl Osecký potok a Osecký rybník, který formou otevřených náhonů napájí všechny osecké rybníky, i tovární rybník nad klášterem, ze kterého je zásobována horní klášterní nádrž. Z této nádrže byla dále voda velice důmyslně rozvedena po celém areálu kláštera a klášterních zahrad. Sloužila k zalévání trávníků a záhonů, proplachování kanalizačních štol, k zemědělskému hospodářství a k napájení dalších okrasných bazénů, které dále měly veliký význam pro pohon klášterního mlýna.

Třetí systém tvořily odvodnění a kanalizace, sestávající z podzemních štol a kanálů, které odváděly dešťovou a odpadní vodu ze všech částí kláštera. Dešťové vody ze střech kláštera byly zachycovány do kamenných nádrží, z nichž pak byly jednorázově vypouštěny do odpadních štol a kanálů (Řehák, 1993). Ještě před tím, než voda opustila klášterní pozemek,

byla vedena přes tzv. čistící (vyhnívací) nádrže a nakonec přes okrasné jezírko. Situace historického vodního systému je uvedena jako příloha č. 7. Malé sběrné kanálky dešťové vody o rozměrech 30x30cm se nacházejí do 1m pod povrchem. S větším objemem splaškových vod narůstají i rozměry kanálů. Kanály dosahují rozměrů až 70x120cm s hloubkou 3-5m od terénu.



Obr.č. 8 Pozůstatek historického svodu dešťové vody. Zachycená voda byla sváděna povrchoým kanálkem do hlavního kanálu odpadní kanalizace, který je vidět ve vzdálenější části fotografie

Vodní systém Oseckého kláštera sloužil až do poloviny 20.století. Z barokního odvodňovacího systému se zachovala jen část, neboť v roce 1978 bylo původních 1700m délky kanálů a štol zredukováno na 674m a vytvořen nový kanalizační systém (Neoficiální stránky Oseckého kláštera, 2008).

### 5.3. Hydrologický průzkum

Za účelem získání informací o režimu podzemních vod byl na jaře roku 2007 proveden hydrologický průzkum, který byl společnou prací Technische Universität Bergakademie Freiberg a Univerzity Karlovy v Praze. Za tímto účelem bylo vyhloubeno 11 hydrogeologických vrtů, které zasahují hlavně do miocénních jíílů.

### 5.3.1. Režim podzemní vody

V důsledku nízkého koeficientu filtrace miocénních hlín nebylo možné provést čerpací zkoušky. Proto byl koeficient filtrace určen pomocí nálevových zkoušek (Bíba a kol., 2007).

Vrt	$k_f$ [m/s]	Vrt	$k_f$ [m/s]
S4	$9,01 \cdot 10^{-7}$	S8	$1,39 \cdot 10^{-5}$
S5	$1,68 \cdot 10^{-5}$	S9	$2,35 \cdot 10^{-6}$
S7	$8,37 \cdot 10^{-7}$	S10	$4,80 \cdot 10^{-5}$

Tab.č. 4 Hodnoty koeficientu filtrace miocénních hlín vypočtené na základě nálevových zkoušek (Bíba a kol., 2007)

Stanovené hodnoty ukazují, že se jedná o kolektor s nízkým a velmi nízkým koeficientem filtrace.

### Vlastnosti povrchových a podzemních vod

Podle hydrogeologické mapy (1:200 000 – List 2) je v oblasti Oseka podzemní voda typu Ca-SO<sub>4</sub> s celkovou mineralizací větší než 1g/l. Podzemní voda severněji přiléhajících Krušných hor je stejného chemického typu, ale celková mineralizace je menší než 0,3g/l.

Podle údajů získaných z mapy se v údolí Oseckého potoka vyskytuje anomální oblast s podzemní vodou typu Ca-HCO<sub>3</sub>.

Následující tabulka ukazuje naměřené základní parametry povrchových vod.

Parametr	Přírodní vývěr, 10 m západně od pramene	Severní pramen v lese, jižně od koupaliště	Koupaliště	1. nádrž východně od koupaliště	2. nádrž východně od koupaliště
Teplota	8,1	7,5	4,9	5	4,3
pH	6,98	8,01	8,73	8,69	8,63

Parametr	Nádrž v novické zahradě	Horní nádrž	Spodní nádrž	Velká nádrž v opatské zahradě	Trubka před velkou zdí v opatské zahradě před schodištěm
Teplota	4,8	6,3	5	6	8
pH	8,94	8,65	8,1	8,42	8,4

Tab.č. 5 Fyzikální a chemické parametry povrchové vody v Oseku a v areálu kláštera - měřeno v listopadu 2006 (Bíba a kol., 2007)

Složka [mg/l]	Nádrž - novická zahrada	S2	S3	S4	S7	S8
Sodík (Na)	28,10	127,00	139,00	27,30	143,00	52,70
Draslík (K)	4,10	8,10	19,30	3,30	27,20	15,20
Hořčík (Mg)	9,10	138,00	144,00	13,70	320,00	80,20
Vápník (Ca)	26,40	213,00	207,00	38,30	466,00	151,00
Železo - Fe <sup>2+</sup>	0,22	0,66	0,02	0,25	4,76	0,10
Mangan - Mn <sup>2+</sup>	0,03	14,90	1,18	1,08	4,84	8,46
Amonný kation - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,10	1,83	0,85	0,10	3,67	0,30
Chloridy - Cl <sup>-</sup>	46,60	94,10	86,80	12,10	216,00	26,50
Dusičnany - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,50	0,50	0,80	4,20	5,30	0,70
Sírany - SO <sub>4</sub>	33,00	724,00	820,00	95,90	1780,00	640,00
Hydrogenuhlíčitany - HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	74,40	558,00	487,00	107,00	853,00	193,00

Tab.č. 6 Chemické parametry vody z nádrže v novické zahradě a vybraných vrtů (Bíba a kol., 2007)

## **6. Terénní práce**

### **6.1. Mapovací kurz**

Na přelomu srpna – září 2005 proběhl mapovací kurz 4.ročníku Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy pod vedením RNDr. Jana Marka, CSc. a Mgr. Davida Mašína. Mapování bylo zaměřeno především na území města Osek a na jeho nejbližší okolí. Také bylo zmapováno úpatí Krušných hor.

Mapování v Oseku předcházela seznamovací část v Geofondu ČR (Praha 7, Kostelní 26). Zde se celá mapovací skupina scházela a vyhledávala podklady, které by se při mapování daly použít. Posudky, které nebyly v Geofondu k dispozici, získal RNDr. Marek za pomoci soukromých kontaktů.

Nejvíce jsme vycházeli z práce RNDr. Adolfa Absolóna (Velkolom Koh-i-noor, inženýrskogeologické mapování, Geindustria, Praha 1986). Využili jsme mapu dokumentačních bodů, kterou jsme doplnili o další sondy a vrty z dalších posudků.

Práci jsme si rozdělili na dvě části. Nejdříve jsme se věnovali území horní části mapovacího listu, takže jsme prošli úpatí Krušných hor. Tady jsme si nejvíce všímali výchozů skalního podkladu, mocností kvartérního pokryvu a vývěřů pramenů. Dále jsme prováděli mapování směrem do pánve a přibližovali se k městu. Na západní části jsme mapovali Salesiovu výšinu. Jednalo se o pískovce a křemence lomského souvrství. Na hranici mezi Krušnými horami a severočeskou pánví jsme zastihli část krušnohorského zlomového pásma. V této oblasti jsme také často naráželi na pozůstatky po hlubinné těžbě - opuštěné průzkumné jámy (pinky), průzkumné a těžební štoly, větrací šachty.

V oblasti města a kláštera jsme dokumentovali polohy kvartérních sedimentů. Ty byly ovlivněny antropogenní činností.

### **6.2. Odběr vzorků při vrtných pracích**

Na jaře 2006 proběhly v areálu kláštera vrtné práce, které byly součástí spolupráce Univerzity Karlovy a Technische Universität Bergakademie Freiberg. Na jaře 2006 bylo provedeno 11 hydrogeologických a 17 inženýrskogeologických vrtů, které zasahují hlavně do miocénních hlín. Během vrtání byly odebrány porušené vzorky zemin pro laboratorní zkoušky. Odebrané vzorky byly uloženy do plastových, neprodyšných nádob a převezeny do Prahy, do laboratoře mechaniky zemin Přírodovědecké fakulty, kde jsem na nich provedla laboratorní indexové zkoušky. Situace a geologické popisy vrtů jsou uvedeny jako příloha č. 11 a 12.

### **6.3. Tvorba geologických řezů**

Jako podklad pro tvorbu geologických řezů sloužila inženýrskogeologická mapa území kláštera a jeho nejbližšího okolí, která vznikla při mapovacím kurzu (příloha č. 1). Vytvořila jsem 5 geologických řezů. Geologické řezy č. 1 a 2 jsou navrženy tak, aby zastihly okolí kláštera a jsou doplněny údaji z vrtů, které zastihly i uhelnou sloj. Tyto řezy jsou v měřítku 1:2000 délky, 1:2000 výšky a jsou uvedeny jako příloha č. 2 a 3. Při tvorbě řezů byly využity vrty z prací Absolon, A. (1986) a Krupica, J., Rzonos, A. (1960). Hranice poddolování je převzata z inženýrskogeologické mapy, PřF UK z roku 2006.

Geologické řezy č. 3, 4 a 5 jsou v měřítku 1:1000 délky, 1:500 výšky a zachycují území areálu kláštera a zahrad. Pro tvorbu těchto řezů jsem využila vrty z prací Svoboda (1967) a Bíba a kol. (2007). Řezy jsou navrženy tak, aby zachytily místa, kde byly zjištěny poruchy na budovách. Tyto poruchy jsou blíže popsány v kapitole č. 8. Řezy jsou uvedeny jako příloha č. 4, 5 a 6.

Všechny geologické řezy byly vytvořeny pomocí počítačového programu AutoCad.

### **6.4. Sestavení katalogu škod**

Na podzim roku 2007 jsem požádala o odbornou pomoc při identifikování vzniku poškození klášterních budov Doc. Ing. Karla Drozda, CSc. Společně jsme prošli téměř celý areál kláštera, kostel i přilehlé budovy. V nejvíce trhlinami postiženém západním křídle jsme navštívili sklep, pokoje v přízemí i v dalších patrech a půdu. Při prohlídce kostela jsme neprošli jen hlavní loď, ale dostali jsme se i nad stropní klenbu, až na ochoz lucerny. Z přilehlých hospodářských budov jsme nejvíce času věnovali bývalému pivovaru, kde jsme našli jednu šikmou trhlinu, jejíž prozkoumání nás zavedlo do sklepů pivovaru.



## 7. Laboratorní práce

V laboratoři mechaniky zemin Přírodovědecké fakulty UK byly provedeny indexové zkoušky na materiálech odebraných při vrtných pracích. Indexové zkoušky byly provedeny pro ověření vlhkosti, zrnitosti, meze plasticity a meze tekutosti.

Při laboratorních zkouškách jsem měla k dispozici 8 porušených vzorků jílovitých zemin. U všech vzorků byla zjištěna zrnitost a přirozená vlhkost. U 3 vybraných vzorků byly určeny meze plasticity pomocí kuželové zkoušky. Výsledky zrnitostních a kuželových zkoušek jsou uvedeny jako příloha č. 10.

Měření vlhkosti a zrnitostní zkoušky byly provedeny dle Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin (1987). Kuželové zkoušky byly provedeny dle ČSN CEN ISO/TS 17892-6 (2004).

U všech zrnitostních zkoušek bylo zjištěno procentuální zastoupení jemných částic větší než 65%, takže se podle ČSN 731001 (1987) jedná o jemnozrnné zeminy.

Vzorek z vrtu S16 - tento vzorek byl odebraný z hloubky 6m od terénu a jedná se o žlutohnědý jíl.

Ze zrnitostní křivky vyplývá, že procentuální zastoupení jemných částic je větší než 65%, vlhkost na mezi tekutosti  $w_L = 41\%$ , vlhkost na mezi plasticity  $w_P = 22\%$ , index plasticity  $I_P = 19\%$  a index konzistence  $I_C = 0,6$ .

Z těchto hodnot vyplývá, že se jedná o jemnozrnnou zeminu třídy F6 – jíl se střední plasticitou a plastickou konzistencí (ČSN 731001, 1987).

Vzorek z vrtu S19 – tento vzorek byl odebraný z hloubky 0,55m od terénu a jedná se o šedohnědý jíl

Procentuální zastoupení jemných částic > 65%

Vlhkost na mezi tekutosti  $w_L = 38\%$

Vlhkost na mezi plasticity  $w_P = 20\%$

Index plasticity  $I_P = 18\%$

Index konzistence  $I_C = 1,1$

Dle ČSN 731001 (1987) se jedná o jemnozrnnou zeminu třídy F6 – jíl se střední plasticitou a pevnou konzistencí.

Vzorek z vrtu S14b – tento vzorek byl odebraný z hloubky 4,5 – 5m od terénu a jedná se o hnědý až černo šedý jíl

Procentuální zastoupení jemných částic > 65%

Vlhkost na mezi tekutosti  $w_L = 51\%$

Vlhkost na mezi plasticity  $w_P = 23\%$

Index plasticity  $I_P = 28\%$

Index konzistence  $I_C = 1,3$

Dle ČSN 731001 (1987) se jedná o jemnozrnnou zeminu třídy F8 – jíl s vysokou plasticitou a pevnou konzistencí.

Základovou půdu zde tvoří jemnozrnné zeminy, které jsou náchylné na nepříznivé účinky okolního prostředí. Zakládání na takovýchto jemnozrnných zeminách s sebou nese určitá omezení, ve většině případů spojených s klimatickými vlivy. Jedná se zejména o promrzání, vysychání a bobtnání základové půdy. Dle ČSN 731001 (1987) se v případě promrzání doporučuje hloubka založení minimálně 0,8m pod upraveným terénem, v případě vysychání se u jemnozrnných zemin třídy F7 a F8 doporučuje hloubka založení minimálně 1,6m pod upraveným terénem. Další problémy, které při zakládání v jemnozrnných zeminách nastávají, jsou obtížné zemní práce vlivem rozbíjení a nalepování zeminy na stavební stroje. Od rozbíjení či vysychání se musí chránit základová spára, s čímž souvisí i problematické odvodňování základové spáry a problematická dlouhodobá stabilita výkopu. V neposlední řadě je také problematická nemožnost použití zeminy z výkopu pro jakékoli stavební účely.

## **8. Katalog škod**

### **8.1. Trhliny**

#### **8.1.1. Budovy kláštera**

##### **Trhliny vzniklé vlivem rozdílné tepelné roztažnosti pískovcového nadokenního překladu nebo pískovcového parapetu vůči okolnímu zdivu**

Změny objemu jsou vyvolány především změnou teploty, změnou vlhkosti a často i chemickými reakcemi. Změna je buď objemová, délková nebo plošná. Na takovéto změny má vliv i rozdílná roztažnost materiálu, která se projevila trhlinami na budovách kláštera v oblasti oken. Vytvořením oken dochází k oslabení zdi. Pokud se k tomuto oslabení přidá vliv tíhy nadokenního překladu a parapetu, tvořených v případě Oseckého kláštera celistvými pískovcovými kvádry, a vliv rozdílné tepelné roztažnosti pískovce vůči okolnímu zdivu, dochází často na budovách kláštera k vytvoření trhlin, které vedou od horního nebo dolního rohu okna (foto č. 1). Některé trhliny se postupně vytrácejí směrem od okna, ale jsou i případy, kdy dochází k propojení trhlinou více oken nad sebou nebo trhlina zasahuje až ke střešní konstrukci. Jedním z případů tohoto typu je trhlina na budově západního křídla. Tady došlo ke spojení jak vlivu oslabení zdi oknem, různou tepelnou roztažností pískovce od okolního zdiva, ale i vlivem zatékání vody od nefunkčního okapu. Ve spodní části vidíme, že byl ještě dodatečně v oslabené a pravděpodobně již trhlinou postižené části vytvořen větrák, který napomáhá k rozvíjení trhliny. Foto č. 2

##### **Trhliny vzniklé popuštěním vazných trámů ve střešních krovech**

Tento typ trhliny se na budovách Oseckého kláštera nachází pouze na jednom místě, a to v západním křídle areálu. Tady došlo k potrhání čelní stěny objektu. Popuštění vazných trámů mezi pozednicemi ve střešních krovech způsobilo vytvoření horizontálních sil tíhou střechy na obvodové zdi, které se začaly vychylovat, až došlo k potrhání čelní stěny, která obě obvodové zdi spojuje (foto č. 3). Po vložení táhel, které můžeme vidět na foto č. 4, se zdá, že už k žádným větším pohybům nedochází. Pravděpodobně byla při vkládání táhel i vyspravena zeď budovy. Při důkladném prozkoumání těchto oprav jsem zjistila, že opravená místa jsou postižena pouze nitkovitými trhlinkami, které nejsou na první pohled vidět. Pravděpodobně se jedná jen o dodatečné pohyby po vložení táhla. K žádným dalším výrazným pohybům tady nedochází.

### **Tahové trhliny na vnitřních příčkách pokojů západního křídla**

V prvním patře objektu jsem objevila trhliny na stěnách jednotlivých pokojů. Na první pohled se zdálo, že jsou to šikmé trhliny způsobené sedáním podloží. Proti této domněnce byl fakt, že se tyto trhliny nenacházejí také v přízemí objektu. Po prozkoumání půdorysu přízemí a prvního patra vyšlo najevo, že pokoje přízemí a prvního patra nejsou přesně nad sebou, tj. že stěna pokoje v prvním patře je nad stropem pokoje v přízemí. Tím dochází k průhybům stropů přízemních pokojů, které se projevují trhlinami stěn v prvním patře. Foto č. 5

### **Trhliny vzniklé vlivem mírného povolání opěr kleneb**

Tento typ trhliny se vyskytuje u kleneb mezi informačním střediskem a klášterním kostelem Nanebevzetí Panny Marie. I když bylo do tohoto stavebního prvku, kterým je oblouková klenba, vloženo táhlo, tak i přesto zde vznikají trhliny, pravděpodobně v důsledku špatného uchycení táhla, které tím pádem dostatečně nevykonává svoji funkci. Foto č. 6

### **Trhliny vzniklé vlivem nerovnoměrného sedání**

V celém objektu kláštera a jeho okolních budov jsem našla 2 případy trhlin a deformací v důsledku lokálního sednutí. Z toho důvodu jsem v těchto místech situovala geologické řezy č. 4 a 5. Na těchto řezech můžeme vidět, že se zde nachází cca 1m navážek, které se nachází na terciérních jílech lomského souvrství.

První případ je v komplexu pivovaru u vchodových dveří do sklepa. Zde pravděpodobně došlo ke koncentraci zatížení do schodišťového středního sloupu, který v důsledku přetížení sedl, což zapříčinilo naklonění vchodových dveří do sklepního prostoru pivovaru. Foto č. 7

Druhý případ je deformace u jedné dveří hospodářské budovy. Foto č. 8

U tohoto případu jsem spočítala únosnost a sedání základu. Při stavebně-geologickém průzkumu (Svoboda, 1967) byla poblíž vyhloubena kopaná sonda. Z tohoto profilu vyplývá, že budova je založena na pevných hnědých jílech v hloubce 2m od terénu.

Zatížení od budovy – pro tento odhad předpokládám, že šířka základu = šířka stěny

$$\Delta\sigma = \frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot S}{S} = h \cdot \rho \cdot g$$

kde  $\Delta\sigma$  je přetížení od budovy

$h$  je výška budovy (7m)

$\rho$  je objemová hmotnost cihly (1800kg/m<sup>3</sup>)

$g$  je gravitační zrychlení

$S$  je plocha základu

Odhadnuté zatížení od budovy je cca 120kPa.

### Únosnost:

$$q_m = c_u * N_c + \gamma * D$$

kde  $q_m$  je únosnost

$c_u$  je neodvodněná pevnost

$N_c$  je součinitel únosnosti, který zohledňuje tvar základu

$\gamma$  je objemová tíha zeminy

$D$  je hloubka založení.

pro  $c_u = 50$  kPa

$$N_c = 2 + \pi \text{ (pro pás)}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$D = 2\text{m}$$

=>

$$q_m = 50 * 5,14 + 20 * 2$$

$$q_m = 297 \text{ kPa}$$

Pokud bychom postupovali dle ČSN 731001 (1987) a soudržnost  $c$  bychom dělili součinitelem základové půdy  $\gamma_{m\phi} = 2$ , dostali bychom únosnost cca 150kPa. Z toho vyplývá, že při přitížení 120kPa od budovy nedojde k překročení mezní únosnosti základové konstrukce.

### Sedání:

$$s = \sum_i \frac{\Delta\sigma' \cdot l_i}{E_{eod,i}}$$

kde  $\Delta\sigma'$  je zatížení od budovy

$l_i$  je mocnost jednotlivých vrstev aktivní zóny

$E_{eod,i}$  je edometrický modul ( $E_{eod} = 7$  MPa)

Šířka základu je 1m => aktivní zóna bude do hloubky 2m.

### Roznos napětí v aktivní zóně podle Boussinesqa

$\Delta\sigma'$  pro první vrstvu (mocnost 0,5m) = 110kPa

$\Delta\sigma'$  pro druhou vrstvu (mocnost 0,5m) = 96kPa

$\Delta\sigma'$  pro třetí vrstvu (mocnost 1m) = 67kPa

$$s = \Sigma (l * \Delta\sigma) / E_{eod} = (0,5 * 0,11) / 7 + (0,5 * 0,096) / 7 + (1 * 0,067) / 7 = 0,025\text{m} = 2,5\text{cm}$$

Závěr: Mezní únosnost nebyla překročena. Na trhlinu u dveří hospodářské budovy mohlo mít vliv jen sednutí základové půdy vlivem zatížení od budovy. Spočítané sednutí je pro daný typ konstrukce poměrně malé, v mezích stanovených ČSN 731001 (1987; Příloha 9).

### **Trhliny od bobtnání a smršťování základové půdy**

Kvůli tomu, že téměř celý komplex kláštera je založen na miocénních terciérních jílech se uvažovalo o tom, že by se zde mohly vyskytovat trhliny od bobtnání či smršťování základové půdy. Jedna trhlina, která pravděpodobně vznikla vlivem těchto změn základové půdy, se nachází v rajské zahradě, v opěrném systému křížové chodby. Je to vertikální, dolů se otevírající trhlina ve vnějším opěrném pilíři gotické klenby v místech fontány křížové chodby. Foto č. 9

Z kopané sondy, která tu byla vyhloubena během stavebně-geologického průzkumu (Svoboda, 1967), bylo zjištěno, že tento opěrný systém je na rozdíl od ostatních částí kláštera založen pouze v hloubce 1,1m. Ve své práci se Svoboda (1967) zmiňuje o viditelných poruchách na vnějším zdivu rajské zahrady a o odtržení a vyklánění opěrných pilířů od zdiva ambitu. Tyto poruchy byly přisouzeny vlivu od ležaté dešťové kanalizace, která byla v dezolátním stavu. Sběrný kanál byl z větší části zarostlý a jeho zdivo rozvětralé, takže odtékající srážkové vody podmáčely základové zdivo opěrných pilířů i nosných zdí a způsobovaly bobtnání povrchových vrstev jílu, na kterých je klášter založen. Podle Svobody (1967) bylo toto bobtnání hlavní příčinou vzniku těchto poruch.

Já jsem při prozkoumávání rajské zahrady narazila jen na již zmiňovanou trhlinu v opěrném pilíři křížové chodby. Domnívám se, že je to buď trhlina, kterou již popisoval Svoboda (1967), nebo došlo k opravě opěrných pilířů křížové chodby (protože jsem nenarazila na žádné odtržené a vykloněné pilíře), a tím pádem tato trhlina vznikla později. V 70. letech 20. století proběhla výstavba nové kanalizace, základová půda přestala být dotována dešťovou vodou z porušeného historického kanálu, což mohlo mít za důsledek částečné vysychání základové půdy. Myslím si, že smršťování základové půdy mohlo mít vliv na vytvoření trhliny v opěrném pilíři.

### **8.1.2. Kostel**

#### **Vodorovné trhliny na čelní zdi kostela**

V případě těchto trhlín se pravděpodobně jedná o rozdílnou roztažnost základového zdiva a omítky. Tyto trhliny mohou být též způsobeny nejen rozdílnou roztažností, ale i nekvalitní omítkou. U foto č. 10 je vidět, že v dolní opravené části se tento typ trhliny již nevyskytuje.

#### **Trhlina vzniklá vlivem opření ochozu lucerny o kopuli kostela**

Tento ojedinělý a dá se říci i originální typ trhliny se nachází ve střední části kopule kostela v místech, kde kopule přechází v lucernu. Na vnější straně lucerny se nachází

ochoz, který byl stavebně opřen o klenbu kopule kostela a svoji tíhou vytvořil ve střední části kopule horizontální trhlinu. Foto č. 11

### **8.1.3. Zahradní stavby**

#### **Trhliny na zahradních altánech v horní opatské zahradě**

Oba zahradní altány jsou ve velmi špatném stavu. U obou dvou docházelo v minulosti k zatékání vody poškozenou střešní konstrukcí. Ta je již v dnešní době opravena, ale o minulosti vypovídá shnilá stropní konstrukce. Foto č. 13 Altány mají masivní základy, které nejsou postiženy žádnou poruchou, z čehož se dá usuzovat, že trhliny, kterými jsou altány porušeny, vznikly jen vlivem porušené konstrukce střechy a ne od sedání, jak by se na první pohled mohlo zdát. Foto č. 12

Jižní altán je porušen jen vlivem shnilé střešní a stropní konstrukce, která vedla k vytvoření trhlin v oslabených místech zdi, v rozích oken. U foto č. 14 je patrné vytlačování pravého horního rohu okna.

Severní altán je stejně jako jižní ovlivněn shnilou střešní a stropní konstrukcí, ale je porušen i vlivem náletové vegetace, která se uchytila ve spáře a svým růstem vytvořila trhlinu, jak na vlastním altánu, tak i v jeho masivních základech. Foto č. 15

#### **Schodiště u zahradních altánů**

Poblíž zdi zahradního altánu došlo k poklesu části schodiště. Foto č. 16 Tento pokles může mít 2 příčiny vzniku. Nerovnoměrné sednutí vlivem nedostatečně zhutněného násypu nebo vyplavení jemnozrnné složky zeminy podél opěrné zdi proudící vodou. Pro přesné stanovení příčiny poklesu schodiště by bylo potřeba jeho rozebrání.

#### **Zahradní pavilóny v dolní konventské zahradě**

Zahradní pavilóny v dolní části zahrady jsou také ve velmi špatném stavu (foto č. 17). I v tomto případě docházelo k zatékání dešťové vody střechou. V důsledku zatékání vody došlo ke shnití střešní i stropní konstrukce (foto č. 18). V okolí oken se vytvořily trhliny, které se rozevírají směrem ke střeše. Jak je vidět na foto č. 19 dochází k postupnému vyvalování okna. V oblasti dveří dochází k zvětvování pískovcového překladu (foto č. 20).

#### **Trhliny v opěrné zdi velké vodní nádrže**

V západní části areálu kláštera se nachází velká vodní nádrž a její opěrná zeď, která je ve špatném stavu. Na porušení a zdevastování opěrné zdi nádrže má vliv spojení více faktorů.

Podle foto č. 23 se zdá, že zeď prošla pravděpodobně stavebně historickým vývojem. Opěrný pilíř není se zdí nijak svázán, takže mohl být přistavěn i s další vrstvou při líci zdi. Opěrné pilíře mají ve spodní části klenby, pod kterými protékala voda v kanále, který měl jak okrasný tak účelový význam. Na fotografiích ze začátku 20. století (foto č. 21) je vidět, že zeď neměla jen opěrné pilíře, ale i okrasné sloupky. V těchto sloupcích byly zabudovány maskarony (foto č. 22); obličejové, ze kterých tryskala voda. V dnešní době jsou tyto okrasné sloupky rozvaleny a v místech, kde bývaly maskarony, jsou jen díry. Také v dnešní době dochází k oddělování již zmiňované další vrstvy při líci zdi, na některých místech se zatím jen vybouluje, ale v jiných částech zdi už je zcela rozvalená (foto č. 24). Pravděpodobně mezi dvě neprovázané vrstvy vnikala voda, která v zimě mrzla a vytvořila větší místo pro další postup. Rozpad také postihl opěrné pilíře (foto č. 25). Na fotografii vidíme, jak se u jednoho opěrného pilíře zřítily klenby nad kanálkem, což způsobilo odtržení a pokles celého opěrného pilíře.

Při vrtném průzkumu (Bíba a kol., 2007) bylo v okolí opěrné zdi zhotoveno 6 vrtů. Tři na vrcholu zdi a tři pod zdí, vždy naproti sobě. Bylo zjištěno, že terénní stupeň byl vytvořen uměle a za zdí je násyp, takže tvoří vlastně cca 3m mocnou hráz. Sondy, které byly zhotoveny pod zdí, zastihly podle průzkumu také velké mocnosti navážek (až 5m), což je v rozporu se zjištěním Svobody (1967), který v těchto místech provedl kopanou sondu. Ta zastihla 30cm humusu a dále už jen terciérní jíly. Předpokládám, že zde nedošlo k žádnému stavebnímu zásahu a přikláním se k závěrům Svobody (1967). Okolo zdi probíhá kanál, takže je možné, že při jeho stavbě došlo k různě hlubokým výkopům a tím pádem i různě mocným navážkám, které mohly vrtné práce (Bíba a kol., 2007) zastihnout. Vliv na tento postupný rozpad opěrné zdi by mohl mít i zemní tlak. Již popsaným vrtným průzkumem a ostatními průzkumnými pracemi bylo prokázáno, že materiál tvořící násyp za zdí je tvořen jílovitým materiálem, jehož vliv na postupný vzrůst aktivního zemního tlaku je zřejmý.

Na destrukci zdi se dále podílí náletová vegetace i člověkem vysazená vegetace. Náletová vegetace se uchycuje v nejrůznějších spárách opadané omítky. Svými kořeny pak napomáhá k mechanické i chemické destrukci zdi. Na horní hraně zdi jsou zasazeny okrasné stromy, které kdyby byly zasazeny více v prostoru mezi vodní nádrží a zdí, tak by teoreticky mohly napomáhat svými kořeny zpevňovat horní okraj, ale takto na hraně jen přispívají k další destrukci zdi. Vlivem růstu jejich kořenů dochází k odtrhávání a vyvalování horní hrany zdi. Foto č. 26, 27

Podél zdi vede již zmiňovaný historický vodní kanál, který je nyní ve své jižní části



většinou suchý, v severní části se nachází výpusť z přeplavu z velké vodní nádrže (foto č. 28). Severní část kanálku je tedy během roku většinou zamokřená, v konci kanálku se vytváří jezírko. Voda dále vtéká do kanalizační šachty a je odváděna k dalšímu využití (do areálu bývalého zahradnictví).

### **Trhliny od poddolování**

Historická těžba uhlí, především existence chodeb ve velké blízkosti areálu kláštera by mohly vést k domněnce, že se tato hornická činnost nějak projeví na stavbách kláštera. Zjistila jsem, že pod budovami kláštera se nachází pouze chodby z hornické činnosti, které jsou v práci (Bíba a kol., 2007) v mapě posunuty pod celý klášterní objekt, na rozdíl od mého zjištění (obr.č.4), kde se chodby nachází jen pod západním křídlem a konventem. Tyto chodby jsou Bíbou a kol. (2007) uváděny jako důvod vzniku trhlin na západním křídle, v ambitu křížové chodby, na zahradních altánech a pavilónech. Já se přikláním k závěrům Doc. Karla Drozda, CSc. a Ing. Svatoslava Chamry, CSc. (ústní sdělení, 2008), kteří se domnívají, že poddolování nemá na stavby kláštera žádný vliv a poruchy, které Bíba a kol. (2007) uvádějí jako vliv sedání vlivem poddolování, jsou způsobené porušenou střešní a stropní konstrukcí, ale zcela určitě ne vlivem poddolování.

### **Závěr**

Budovy kláštera a přilehlých hospodářských budov vykazují velkou řadu trhlin. Převážná většina trhlin je způsobena konstrukčními závadami a fyzikálními vlastnostmi použitých materiálů. Nejzávažnější škody jsou na trhlínami postiženém západním křídle areálu. Popuštěné vazné trámy u valbové střechy tu způsobily potrhání celé čelní stěny budovy. Druhým nejvíce závažným poškozením jsou postiženy zahradní altány. I tady se projevila špatná konstrukce střechy, kterou prohlubuje působení náletové vegetace. V celém areálu kláštera se nacházejí pouze 2 trhliny, na které měla vliv geologie. Tyto trhliny vznikly v důsledku lokálního sednutí. Obě trhliny se nacházejí na hospodářských budovách. U trhlíny, která se nachází v opěrném pilíři křížové chodby, se domnívám, že vznikla vysychání základové půdy vlivem odstavení nefunkční historické dešťové kanalizace, ze které unikala voda a dotovala základovou půdu. Další geotechnickou poruchou může být pokles schodiště u zahradního altánu v horní opatské zahradě vlivem nedostatečně zhutněného násypu tělesa schodiště. Nikde nebyla nalezena trhlina, která by vznikla sedáním vlivem od poddolování.

## **8.2. Vlhkost**

Zdivo je důležitou součástí stavební konstrukce. Jeho úlohou je především upravovat vnitřní klima tak, aby bylo co nejméně závislé na vnějších podmínkách. Díky otevřeným a propojeným pórům dochází k žádoucí difúzi vzduchu. Tyto vhodné materiálové vlastnosti ztrácí, pokud do pórů vnikne voda. Při průniku vody do stavby dochází ke zhoršení tepelného odporu, ke zvýšení hmotnosti stavby, ke zhoršení vnitřního klimatu budovy a ke vzniku plísní. V případě zmrznutí vodou nasyceného materiálu může dojít k porušení. Voda může ve skupenství plynném nebo kapalném vnikat do konstrukce z vnější atmosféry, v případě nedokonalé izolace i vztlínáním podzemní vody.

### **Škody způsobené srážkovou vodou**

Pod tímto pojmem rozumíme vodu, která působí na stavbu ve formě dešťových kapek. Vlivem závad na povrchu střech, špatně zvoleným materiálem, defektů a vad klempířských střešních prvků, okapů i svodů může vnikat do stavební konstrukce značné množství vody. Musí být také zajištěno, aby střešním žlabem a svislým odpadním potrubím transportované množství vody bylo bezpečně odvedeno od objektu.

Střešní krytiny jsou v celém objektu v pořádku, ale okapy a hlavně svody byly v minulosti v horším stavu. I když se postupná výměna okapů a svodů blíží ke konci, není dnes žádným problémem najít místa, kde okapy a svody dlouhou dobu neplnily svůj účel. Z opadané a opadávající omítky v okolí některých svodů se dá usuzovat, že s neúčinnými okapy a svody se dlouhou dobu nic nedělalo a při dešti měla voda volnou cestu k devastaci objektu. Tento druh škod způsobené dešťovou vodou je druhým nejčastějším, který se na objektech kláštera vyskytuje. Je jen málo míst, kde jsou umístěné dešťové svody a není tam obnažené zdivo nebo tam neopadá omítka. Foto č. 29

Ale narazila jsem i na případ nového okapu a svodu, které nevykonávají svoji funkci. Při rekonstrukci kostela byla opravena i omítka zdi, která odděluje prostor před vstupem do kostela od zahrady. Byl zde připevněn nový svod, který ale není dokonale spasován s okapem a při dešti dochází k dotování zdi dešťovou vodou. Foto č. 30

### **Škody způsobené srážkovou vodou odstříkující**

Tento druh srážkové vody se vytváří v pásmu nad vystupujícími vodorovnými prvky fasády (římasy, parapety, vystupující sokly), ale především v pásmu 0 – 600 mm nad terénem. Jde o spodní část soklového zdiva, kde se zvětšuje namáhání způsobené srážkovou vodou hnanou větrem o vodu odstříkující.

Zvýšené zavlhání se projevuje i v koutech zdí a v nikách se střešními svody, kde je méně intenzivní odpařování vody vzhledem k malému pohybu vzduchu.

Tento typ zavlhčení můžeme vidět u říms a okolo parapetů oken. Foto č. 31

### **Škody způsobené vodou vztlínající – kapilární**

Tato voda proniká do stavební konstrukce ze zeminy obklopující konstrukce pod úroveň terénu procesem kapilárního vztlínání.

Základová spára nemusí zasahovat pod hladinu podzemní vody. Vztlínání vody zajišťuje kapilarita otevřených pórů zeminy nebo zkondenzovaná voda na základovém zdivu stavebního objektu, kterou póry zdiva nasají a transportují zdivem nahoru.

Tento typ zavlhčení je pravděpodobně nejčastějším druhem škod způsobených vodou na budovách kláštera.

### **Škody způsobené vodou unikající z historického vodního systému**

V roce 1978 došlo k vytvoření nového odvodňovacího a kanalizačního systému. I když se o původním systému vědělo, byl přesto ignorován a řešila se pouze otázka odvedení dešťových vod novou mělčí kanalizací. Splaškové vody ze sociálních zařízení ale zůstaly nadále napojeny na barokní podzemní systém štol, který byl již odpojen od nárazového proplachování dešťovou vodou, a tak docházelo k postupnému zanášení štol. Zanesené štoly a části historického kanalizačního systému, které byly novějšími zásahy narušeny nebo zcela zavaleny, začaly výrazně ovlivňovat svoje okolí podmáčením a zasolováním zdí budov a zvyšováním horizontu podzemní vody. Foto č. 32, 33

Během pobytu v Oseku jsem se pokusila o zmapování míst ovlivněných vlhkostí. Výsledkem je situace kláštera, sklepů, vodního systému a míst ovlivněných vlhkostí, která je uvedena jako příloha č. 8. Domnívám se, že se tu projevují 3 různé vlivy způsobující vlhkost budov – porušený kanalizační systém, nedostatečná funkce okapů a vztlínající podzemní voda.

Ze speleologického průzkumu (Řehák, 1993) vyplývá, že havarijní stav byl zaznamenán pouze na hlavním kanálu, který vede z obestavěného dvorku mezi kostelem a křížovou chodbou. Dále kanál prochází pod budovou konventu a už mimo budovu se stáčí směrem k jihu. Zhruba po 20m se vlivem poškození kanalizace při budování plynové kotelny vytvořila zátka. Sedimenty i voda se začaly hromadit v uzavřené kanalizaci. Postupně se štola i sběrná komora, která se nachází pod konventem, naplnily splaškovými vodami,

kteře postupně začaly prosakovat a zasolovat jihozápadní část kostela a vnikat do sklepních prostor pod konventem. Původně měl hlavní kanál počátek u hlavního vchodu do klášterního kostela. V dnešní době je tato část zcela zničena a zavalena. Proto se domnívám, že právě západní a jihozápadní část kostela a část konventu, která byla postižena prosakováním vody do sklepů, jsou i dnes nejvíce ovlivněny porušením historického kanalizačního systému.

Na několika místech se projevil vliv nedostatečné funkce okapů a svodů. Ve většině případů jsou už okapy a svody opraveny, ale vlhkost budov je stále patrná. Jediným okapem a svodem, které dnes nevykonávají dostatečně svoji funkci a dotují zeď dešťovou vodou, je již výše zmiňovaný případ zdi mezi prostorem před vstupem do kostela a zahradou.

U ostatních případů vlhkosti budov se domnívám, že se jedná o vliv vztlínající podzemní vody.

<b>druh vzn. poškození</b>	<b>vznik porušení</b>	<b>foto</b>
fyzik.vlast.stav.mater.	vlivem rozdílné tepelné roztažnosti stavebních materiálů	č. 1
	vlivem rozdílné tepelné roztažnosti stavebních materiálů	č. 2
konstrukční vada	vlivem popuštění vazných trámů ve střešních krovech	č. 3
	vlivem průhybu stropu přízemních pokojů	č. 5
	vlivem mírného povolení opěr kleneb	č. 6
	vlivem opření ochozu lucerny o kopuli kostela	č. 11
	vlivem porušené konstrukce střechy zahradního altánu	č. 13
	vlivem porušené konstrukce střechy zahradního altánu	č. 14
	vlivem porušené konstrukce střechy zahradního pavilónu	č. 18
	vlivem porušené konstrukce střechy zahradního pavilónu	č. 19
nerovnoměrné sedání	vlivem koncentrace zatížení ve středním schodišťovém sloupu	č. 7
	vlivem lokálního sednutí	č. 8
	vlivem smršťování základové půdy	č. 9
	vlivem špatně zhutněného násypu	č. 16
rozpad zdiva	rozpad opěrné zdi	č. 24
	rozpad opěrných pilířů	č. 25
zvětrávání	zvětrávání pískovcového překladu	č. 20
poddolování	tento vliv nebyl zaznamenán	
vlhkost	vlivem srážkové vody	č. 29
	vlivem špatné funkce okapu a svodu srážkové vody	č. 30
	vlivem odstříkující srážkové vody	č. 31
	vlivem vzlínání podzemní vody	č. 32
	vlivem vzlínání podzemní vody	č. 33
vegetace	vlivem uchycení náletové vegetace	č. 15
	vlivem uchycení náletové vegetace	č. 26
	vlivem uchycení náletové vegetace	č. 27

Tab.č. 7 Seznam všech zjištěných škod na budovách kláštera

## **9. Doporučení**

U historického kanalizačního systému by se mělo zajistit pravidelné proplachování tlakovou vodou, která by nahradila proplachování dešťovou vodou. V případě nahromadění sedimentů, zajistit také jejich odstranění.

Zajistit ochranu budov před vzlínající vodou vložím vhodně izolační vrstvy. Dbát o správné fungování střešních okapů a svodů a zajistit správnou funkci střešní krytiny, aby nedocházelo k dalšímu dotování stavby dešťovou vodou. Vlhké místnosti a sklepy by se měly neustále větrat.

Pravidelně kontrolovat vazné trámy u střešních konstrukcí, aby nedošlo k jejich popuštění, jako se tomu stalo u západního křídla kláštera. Pokud by k takovému případu přeci jen došlo, tak by se měly stěny zajistit stažením obvodových zdí stahujícími kleštinami.

U vybraných trhlin by bylo žádoucí nainstalovat sádrové proužky pro zjištění, zda na nich dochází k občasnému pohybu. Nebo provádět opakované nivelační měření.

## **10. Závěr**

Budovy Oseckého kláštera jsou postiženy velkým množstvím trhlin, s velkou různorodostí vzniku. Nejčastěji jsem objevovala trhliny způsobené nějakou konstrukční vadou, našla jsem i trhliny, které vznikly vlivem lokálního sednutí, ale v žádném případě jsem nezaznamenala poruchu, která by vznikla jako odezva na poddolování hlubinnou těžbou uhlí.

Problém vlhkosti je stejně důležitý, ne-li důležitější než trhliny. Vlhkostí je postižena více než polovina budov. I v tomto případě se projevuje více druhů vzniku zavlhčení budov a často se jednotlivé vlivy kombinují.

## 11. Literatura

1. Absolon, A. (1986): Velkolom Koh-i-noor, inženýrskogeologické mapování, Geoindustria, Praha
2. Bouška, V., Dvořák, Z. (1997): Nerosty severočeské hnědouhelné pánve, Nakladatelství Dick, Praha
3. Havrlík, S. a kol. (1996): Klasifikace a kategorizace ploch severočeské hnědouhelné pánve postižených poklesy terénu po hlubinné těžbě uhlí, Geologické služby, s.r.o., Chomutov
4. Hazdrová M. a kol. (1972): Vysvětlivky k hydrogeologické mapě ČSSR 1:200 000, list Ústí nad Labem, Ústřední ústav geologický, Praha
5. Chlupáč I. a kol. (2002): Geologická minulost České republiky, nakladatelství Akademie věd České republiky, Praha 2002
6. Krupica, J., Rzonos, A. (1960): Výpočet zásob hnědého uhlí dobývacího prostoru dolu Gottwald se stavem k 1.1.1960, SHR, Teplice
7. Malkovský M. a kol. (1985): Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí, Ústřední ústav geologický v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1985
8. Maršíková, M., Maršík, Z. (2006): Dějiny zeměměřictví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě v kontextu světového vývoje, nakladatelství Libri, Praha
9. Řehák, J. (1993): Klášter Osek – Historický odvodňovací systém, Horská Kamenice
10. Svoboda, L. (1967): Zpráva o výsledku stavebně-geologického průzkumu v areálu cisterciáckého kláštera v Oseku u Duchcova – Inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum n. p. Žilina závod 1 (Žilina).
11. Škvor, V. (1975): Geologie české části Krušných hor a Smrčín, Akademia, Praha, 119 str.
12. Tolacz R. a kol. (2007): Atlas podnebí Česka, Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha, Olomouc 2007
13. Bíba, L. a kol. (2007): Untersuchung und Teilsanierung des umweltgeschädigten klösterlichen Wassersystems des Zisterzienserklosters Osek (Tschechische Republik) [online], 11.09.2007, [cit. 2008-05-01]. Dostupné z WWW: <[http://193.175.110.9/hornemann/german/epubl\\_projekte55.php](http://193.175.110.9/hornemann/german/epubl_projekte55.php)>



14. Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně [online], 2005, [cit. 2008-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://oldmaps.geolab.cz/>>
15. Neoficiální stránky Oseckého kláštera [online], [cit. 2008-05-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.kloster-projekte-osek.info/tschech/index\\_cz.htm](http://www.kloster-projekte-osek.info/tschech/index_cz.htm)>.
16. PLANstudio [online], 2005-07, [cit. 2008-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.mapy.cz/>>
17. Severočeské doly a.s. [online], [cit. 2008-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.sdas.cz/showdoc.do?docid=504>>
18. Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin, Český geologický úřad, Praha 1987
19. ČSN CEN ISO/TS 17892-6: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin - Část 6: Kuželová zkouška. Český normalizační institut, 2004
20. ČSN 731001 Základová půda pod plošnými základy. Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1987
21. ČSN 731001 Základová půda pod plošnými základy. Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1966