

REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF 2012

Abstrakt

V opuštěné štolě vybudovalo v roce 2007 Centrum experimentální geotechniky (CEG) Fakulty stavební Českého vysokého učení technického (ČVUT) v Praze *Podzemní laboratoř Josef*, sloužící nejen k praktické výuce studentů, ale také k organizování výukových kurzů a k realizaci výzkumných a experimentálních projektů.

Rekonstrukcí šachetního objektu v přilehlém areálu a jeho propojením se zprovozněným podzemím vznikl v roce 2011 unikátní vědecko-technický park *Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef (URC Josef)*. *URC Josef* nabízí především malým a středním firmám „in situ“ prostředí pro výzkum, trénink nebo rekvalifikaci a také pronájem kancelářských prostor. Cílem příspěvku je přiblížit historii a současnost *Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josef*.

In 2007 the Centre of Experimental Geotechnics (CEG) of the Faculty of Civil Engineering CTU in Prague made use of an abandoned gold mine for the construction of the Josef Underground Laboratory which serves not only for the practical teaching of students but also for the presentation of training courses and for work on a wide range of research and experimental projects.

Following the reconstruction of the former mine administration building a short distance from the entry to the mine and its interconnection with the newly-opened underground complex, a unique science and technology park, re-named the Josef Regional Underground Research Centre (Josef URC), was established in 2011. The Josef URC targets primarily small and medium-sized enterprises offering them the opportunity to rent office space and an „in situ” environment for research, training and requalification purposes.

The objective of the article is to briefly describe the history of the Josef Regional Underground Research Centre and to provide the reader with information on its present-day activities.

Klíčová slova: štola, podzemní, experimentální, bentonit, plynopropustnost, geotechnika

Úvod

Prvotní myšlenka vybudovat v České republice podzemní výukové a výzkumné pracoviště vznikla před více než deseti lety na pracovišti Centrum experimentální geotechniky Fakulty stavební. Podnětem byla zejména mnohaletá pedagogická zkušenost, že „suchá“ teorie není pro studenty nastupující po ukončení vysoké školy do zaměstnání dostačující.

Měření a experimenty v „in situ“ podmínkách, možnost doslova si vše „osahat“ již v průběhu studia, jsou nenahraditelné. Ve Evropě existující podzemní pracoviště (např. štola Hagerbach ve švýcarském Flums Hochwiese, kanton St. Gallen) jsou především z finančních důvodů pro využití nedostupná. Řešením tedy bylo zmapovat a využít potenciál podzemních prostor v České republice.

Místem vybraným pro vybudování podzemního pracoviště se v roce 2005 stala štola Josef (*obr. 1*) v lokalitě Čelina – Mokrsko na Příbramsku vedená jako opuštěné průzkumné důlní dílo. Vlastník díla (Ministerstvo životního prostředí) podepsal s Fakultou stavební (FSv) smlouvu o výpůjčce štoly pro studijní, vzdělávací a vědecké účely. I přes rizika s tím spojená – štola se nachází v chráněném ložiskovém území z důvodu výskytu zlata – začala v roce 2006 první fáze výstavby podzemního pracoviště.

Za podpory a spolupráce společnosti Metrostav, a.s. bylo zprovozněno prvních 650 m podzemních chodeb v oblasti Čelina západ. Z finančních prostředků Evropského sociálního fondu, státního rozpočtu ČR a rozpočtu hlavního města Prahy dotačního projektu JPD3 pak rovněž Metrostav, a.s. postavil povrchové zázemí.

V červnu roku 2007 bylo – včetně vysvěcení sv. Barbory, patronky horníků – slavnostně otevřeno nové pracoviště, tehdy ještě *Podzemní výukové středisko Josef (Josef Underground Educational Facility)*, nyní *Podzemní laboratoř Josef*.

Technická data a popis štoly Josef

Na konci 20. století probíhal rozsáhlý geologický průzkum hornin Jílovského pásma, který zahrnoval i baňský průzkum z nově ražené štoly Josef v letech 1981-1991. Štola se nachází na Novoknínsku v oblasti od středověku známé jako zlatorudní revír Psí hory. Z větší části leží ve zlatonosném Jílovském pásmu, v horninách starých více jak 600 mil. let (tufy, tufitické břidlice, basalty, andezity, ryolity aj.). Na ně přiléhají mladší horniny Středočeského plutonu staré 300 mil. let (zejména granodiority). Lokalita je charakteristická bohatým žilným doprovodem a složitou tektonickou stavbou.

Vyraženo zde bylo téměř 8 km chodeb: hlavní chodba o délce 1 835 m, postranní chodby o celkové délce 6 018 m a tři větrací komíny, z nichž nejvyšší měří 136 m. Profil chodeb je 14 – 16 m², výška nadloží je od 30 m (oblast Čelina) do 180 m (oblast Mokrsko). Většina výlomů je nevystrojena. Štola byla vyražena v jedné výškové úrovni, pouze v oblasti Čelina východ se nacházejí další dvě patra a rozsáhlá kaverna jako pozůstatek experimentální těžby.

Celkový potenciál ložisek Čelina a Mokrsko byl odhadnut na 132 t zlata, čímž se řadí mezi nejvýznamnější v Evropě. Zlato dosahuje vysoké ryzosti, ale je většinou velmi jemnozrnné. Zlatonosné zrudnění je soustřeďováno do křemenných žil a žilníků. Průměrný obsah zlata v hornině je 2 g/t. K průmyslovému využití revíru nebylo vzhledem k předpokládanému negativnímu vlivu na životní prostředí přistoupeno. Štola byla po ukončení prací zneprístupněna a vedena jako opuštěné důlní dílo.

Výuka a výukové kurzy v podzemí

Počátek využití podzemních prostor štol Josef představuje zahájení výuky studentů Fakulty stavební v akademickém roce 2007/2008 (obr. 2). Vyučuje se zde praktická část předmětů bakalářských i magisterských oborů zaměřených na podzemní stavitelství a zakládání staveb, materiálové inženýrství, mechaniku hornin, geotechniku, geologický průzkum a mapování, speciální geodézii. Podzemní prostory nabízejí studentům jedinečné podmínky pro řešení experimentálně orientovaných bakalářských, diplomových a doktorských prací. Probíhá zde výzkum, kterým se zabývají studenti doktorského studia v rámci projektů získaných ze Studentské grantové soutěže a který bezprostředně souvisí s jejich studiem.

Od akademického roku 2010/2011 se prostory pro výuku v podzemí rozšířily. Z vlastních prostředků CEG byla zprovozněna přístupová chodba do 2 km vzdálené oblasti Mokrsko a také celá oblast Mokrsko západ. Právě zde byla z finančních prostředků Centralizovaného rozvojového projektu Ministersva školství, mládeže a tělovýchovy vybudována *Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab)* (obr. 3). Laboratoř je vybavená 10 pracovními stoly s připojením na počítačovou i bezdrátovou síť. Kontakt s povrchem zajišťuje – stejně jako v celé oblasti Mokrsko – telefonní spojení. Své vědecké kapacity pro řešení např. ukládání radioaktivních odpadů nebo výstavby a provozování podzemních zásobníků plynů spojily: Fakulta stavební a Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická univerzita v Liberci a Masarykova univerzita Brno. *MeziLab* přispívá k přípravě budoucích odborníků (současných studentů) „in situ“ prostředím pro výuku a experimenty, zavedena byla také výuka nového mezioborového předmětu *Výzkum inženýrských a přírodních bariér*. Všechny zúčastněné univerzity se zavázaly finančně se podílet i v dalších letech na provozu *MeziLabu* pro pokračování i další rozšíření výuky.

Zájem o výuku studentů v „in situ“ prostředí *Podzemní laboratoře Josef* projevila Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice a Fakulta dopravní ČVUT v Praze. Studenti obou fakult si již „nové“ prostředí prohlédli.

Štola Josef si vybudovala své postavení i v mezinárodním měřítku. V roce 2011 se zde uskutečnily dva mezinárodní tréninkové pobyty.

CEG pořádalo pro potřebu Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) tréninkový kurz *Fundamentals of Geological Disposal 2011* v Praze. V jeho rámci proběhl „na Josefu“ dvoudenní praktický trénink vedený pedagogy a doktorandy CEG. 20 mladých odborníků ze 13 zemí světa se teoreticky i v „in situ“ podmínkách seznámilo s měřením plynopropustnosti horninového masivu, s metodami monitoringu v podzemním stavitelství a s technologií nástřiku backfillu.

V rámci evropského projektu *PETRUS II* se uskutečnil mezinárodní třítydenní výukový kurz. 10 studentů z Francie, Španělska, Finska, Velké Británie a ČR se – pod vedením pedagogů a doktorandů CEG – seznámilo s měřením konvergence, vrtáním na jádro, monitorováním teplot,

s technologií výstavby těsnicí bentonitové bariéry hlubinného úložiště a vyzkoušeli si metody pro určování vlastností bentonitu. V dalších dnech se konaly přednášky a praktické lekce lektorů z helsinské Aalto University na téma: metody pro určování charakteristik horninového prostředí, které jsou nezbytné pro výběr lokality hlubinného úložiště a geofyzikální metoda Ground Penetrating Radar, která pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického vlnění zjišťuje vlastnosti zemin a hornin pod povrchem země.

Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef

Rekonstrukcí nevyužívané bývalé šachetní budovy v povrchovém areálu štoly Josef byl vybudován na podzim roku 2011 unikátní vědecko-technický park (VTP) *Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef* (obr. 4).

Výstavba *URC Josef* byla realizována z dotace Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) z Operačního programu Podnikání a inovace a z povinné finanční spoluúčasti CEG. Stavební práce provedla firma Subterra a.s. V objektu *URC Josef* se ve třech podlažích na celkové ploše 914 m² nacházejí kancelářské prostory, konferenční místnost, dílny, laboratoře a experimentální hala. Podnikatelským subjektům zejména z okruhu malých a středních firem nabízí *URC Josef* multifunkční konferenční místnost pro workshopy, školení a marketink, pronájem kancelářských prostor nebo služby akreditované geotechnické laboratoře. VTP navazuje na existující potenciál podzemní laboratoře a jejich propojení umožňuje klientům v „in situ“ prostředí realizovat vlastní výzkum, trénink a rekvalifikace. Svou orientací a nabízenými službami je VTP zcela ojedinělý v ČR i v Evropě. Jeho specifické prostředí přilákalo již řadu firem. Klienty jsou např. firmy Metrostav, a.s., Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., dále také Správa úložišť radioaktivních odpadů, Ústav jaderného výzkumu Řež, WATRAD, spol. s r.o. aj.

K cílům tohoto VTP patří zejména:

- a) výzkum, vývoj a testování nových výrobků, technologií a materiálů pro podzemní stavby,
- b) experimentální činnosti v reálném prostředí,
- c) praktický trénink a aplikace nových technologií v podzemním stavitelství,
- d) marketingové akce umožňující rychlý transfer nových technologií do průmyslové praxe,
- e) laboratorní mechanicko-fyzikální zkoušky stavebních materiálů, zemin a hornin,
- f) trénink a rekvalifikaci pracovníků v oborech podzemního stavitelství.

URC Josef se stává centrem setkávání zahraničních i tuzemských partnerů, kteří spolupracují s CEG na přípravě a řešení výzkumných projektů (např. z Francie, Španělska, Číny, Ruska) (obr. 5).

Od zahájení provozu byly pro prezentaci aktivit klientů zorganizovány dva workshopy na mezinárodní úrovni se zástupci Ruska a Číny. Prostory VTP a štoly Josef jsou využívány externími firmami pro vlastní marketink

(Minova Bohemia s.r.o., Hilti ČR spol. s r.o., Control System International, s.r.o.).

Personálně a odborně zajišťuje provoz *URC Josef i Podzemní laboratoře Josef* tým pracovníků CEG; <http://ceg.fsv.cvut.cz>.

Výzkumná a experimentální činnost

Většina projektů realizovaných v „in situ“ prostředí *Podzemní laboratoře Josef* je orientována na výzkum související s problematikou budování hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (RAO).

Experimentální výzkum v oblasti ukládání vyhořelého jaderného paliva vychází z nutnosti ověřit vlastnosti materiálů určených pro výstavbu inženýrské bariéry v hlubinném úložišti a specifikovat technologické postupy pro jejich aplikaci. Jedná se o výzkumné projekty, jejichž zadavatelem je především Správa úložišť radioaktivních odpadů (SURA). Tematicky jsou projekty zaměřeny na výzkum materiálu na bázi bentonitu.

Bentonity jsou považovány za jeden z nejvhodnějších (nejstabilnějších) přírodních těsnicích materiálů k zamezení průniku vody k látkám a prostorám, které potřebují dlouhodobou ochranu (jedná se zejména o podzemní stavby s teplo produkujícími zdroji nebo teplo produkující odpady). Právě bentonit má být použit v ČR jako těsnicí (buffer) a výplňový (backfill) materiál v hlubinném úložišti RAO.

V souvislosti s tímto předpokladem probíhá výzkum stability požadovaných parametrů bentonitu při dlouhodobém působení tepla a saturačních médií a souběžně i vývoj technologie stříkaného bufferu a stříkaného backfillu.

Poprvé v České republice bude v „in situ“ prostředí vystavěn a provozován fyzikální model simulující vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem. Experiment *Mock – Up Josef* bude realizován v jedné z rozrážek Mokrska západ v oblasti granitických hornin, v úložné studni o průměru 750 mm vyvrtané do hloubky 2 800 mm. Tepelné zatížení od kontejneru s RAO budou simulovat 2 topidla, každé s výkonem 1 000 W. Těsnicí bariéra (buffer) bude vystavěna z lisovaných bentonitových tvárnic o objemové hmotnosti 2 000 kg/m³. Na základě vlastností ověřených zkouškami v laboratoři CEG byl zvolen bentonit B 75 z úpravny v Obrnicích (technologicky upravený přírodní bentonit). Fyzikální model *Mock – Up Josef* bude instrumentován řadou čidel, která budou celý průběh experimentu monitorovat.

Zatím nejdéle probíhajícím experimentem ve štolě Josef byl evropský projekt *TIMODAZ* (2006 – 2010). Zkoumal vliv dlouhodobého tepelného zatížení na stabilitu ostění úložného tunelu pro kontejnery s vyhořelým jaderným palivem. Experiment probíhal na dvou fyzikálních modelech – „ex situ“ v laboratoři CEG a na „in situ“ modelu v *Podzemní laboratoři Josef*. Při „in situ“ experimentu byl prostor mezi ostěním tunelu a horninovým prostředím vyplněn betonem. Tím byl simulován stav, kdy ostění nemá možnost deformovat se směrem do horninového prostředí, a

proto v něm vzniká velké napětí. Z hlediska bezpečnosti experiment prokázal nezbytnost sledovat vývoj změn probíhajících v ostění během jeho tepelného zatěžování.

Další projekty ve štolě Josef jsou zaměřeny na výzkum plynopropustnosti horninového masivu pro účely budování a bezpečného provozu podzemních děl, např. pro skladování plynu. Na toto téma zaměřený projekt řeší CEG spolu s firmou Mott MacDonald CZ, spol. s r.o. za finanční podpory MPO – program TIP. Pro bezpečné ukládání resp. skladování látek v podzemí je třeba vyvinout monitorovací systém, který bude schopen bezchybně zjistit a vyhodnotit případný únik látek do okolního prostředí. Metodika pro návrh takového monitorovacího systému doposud neexistuje. „In situ“ prostředí štolý Josef s pestrým geologickým prostředím představuje pro výzkum plynopropustnosti hornin ideální podmínky. Pomocí speciální sestavy pro injektování plynného média a mobilní měřicí stanice zaznamenávající naměřené hodnoty tlaku, teploty a objemu plynu jsou zde od října 2009 prováděny testy plynopropustnosti (obr. 6).

V loňském a letošním roce byly v *Podzemní laboratoři Josef* zahájeny práce na třech rozsáhlých tuzemských výzkumných projektech, které se rovněž realizují za finanční podpory MPO – program TIP. Projekt *Výzkum termální zátěže hornin – perspektivy podzemního skladování tepelné energie* se zaměřuje na šíření tepelné energie v horninovém prostředí s využitím např. pro možnost podzemního skladování tepelné energie. Projekt *Stimulace horninového masivu pro vytvoření puklinového rezervoáru pro jímání geotermální energie systémem hot-dry-rock (Stiromas)* je orientován na výzkum rozvolňování horninového masivu na principu hydraulického štěpení. Třetí projekt – *Výzkum stability bentonitu v in situ podmínkách při teplotách do 95°C (Bentonity 95)* zkoumá fyzikální a chemické interaktivní procesy, které vyvolá umístění tepelně zatěžovaného bentonitového tělesa do zvodnělého prostředí hostitelské horniny.

V září roku 2012 bude v *Podzemní laboratoři Josef* zahájen mezinárodní projekt *DOPAS (Full Scale Demonstration of Plugs and Seals)*, který řeší 10 členné konsorcium evropských institucí a mezi nimi dva české subjekty – SÚRAO a CEG Fakulty stavební ČVUT v Praze. Náplní projektu je návrh, výstavba, provoz a vyhodnocení fyzikálního modelu „zátky“ pro utěsnění přístupových štol hlubinného úložiště RAO.

Závěr

Cíl, který si před více jak deseti lety CEG vytyčilo, se vybudováním funkčního komplexu *Podzemní laboratoře Josef* a vědecko-technického parku *Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef* splnil. To, že se komplex už necelý rok od zahájení provozu stal centrem pro řešení výzkumných projektů, že slouží pro výuku studentů, pro mezinárodní tréninkové kurzy, pro marketink a spolupráci nejen ve VTP umístěných firem a že se stal pro laickou veřejnost zajímavou zastávkou na naučné

stezce Zlaté Psí hory, je pro CEG velkou výzvou pro jeho potenciální rozvoj.

Projekt *Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef* byl nominován na Podnikatelský projekt roku 2011.

Acknowledgement

Účast na 51. ročníku sympozia *Hornická Příbram ve vědě a technice* byla finančně podpořena z projektu MPO TIP- FR-TI3/523.

Literatura

Morávek, P., et. al. Zlato v Českém masivu. Praha: ČGÚ, 1992. 248 s.

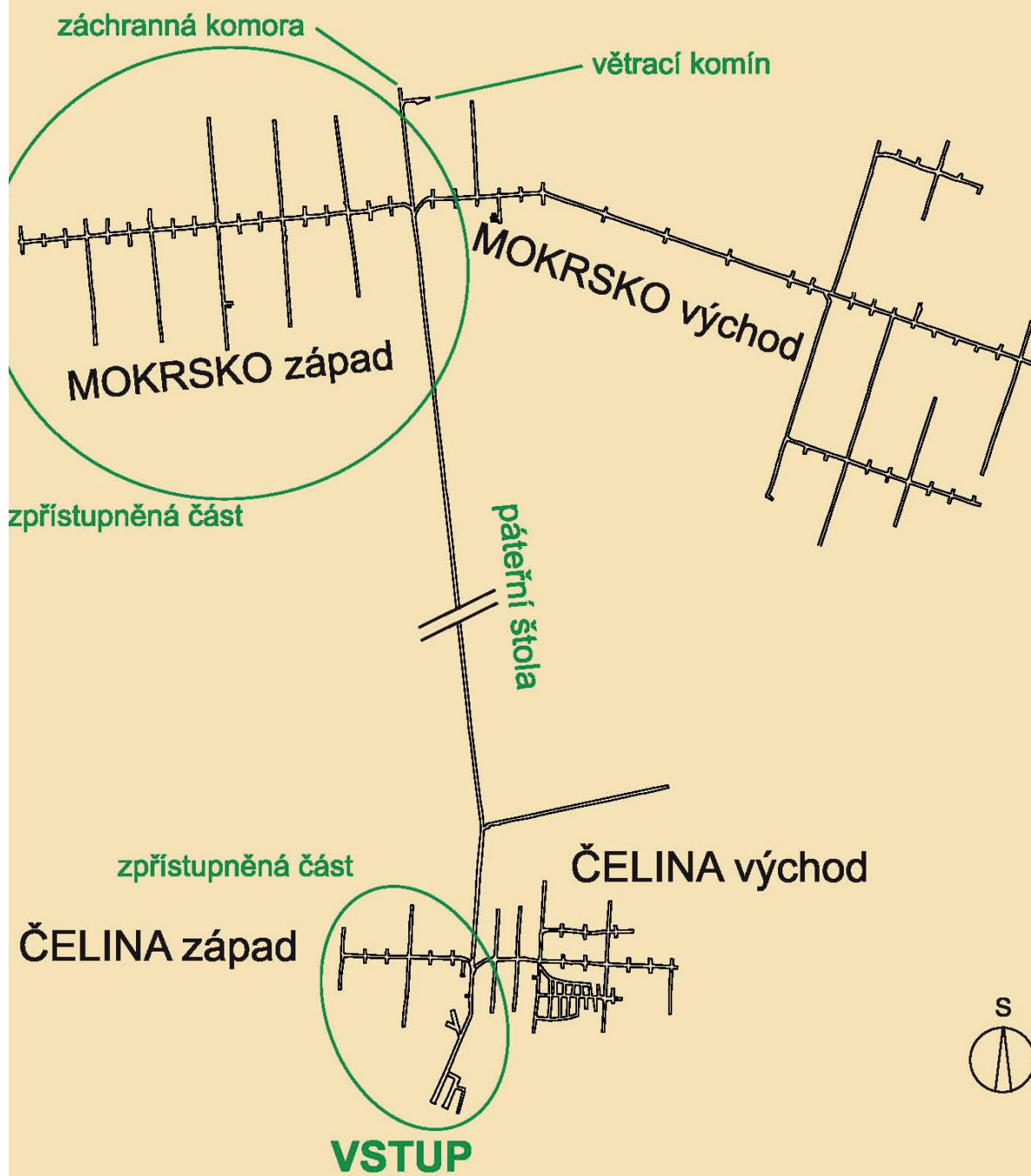
ISBN 80-7075-088-X

Pacovský, J., et. al. Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef: Výroční zpráva 2011. Centrum experimentální geotechniky FSv ČVUT v Praze, Praha, 2012. 32 s.

Prezentační materiály vydávané Centrem experimentální geotechniky FSv ČVUT v Praze

Štola JOSEF

schéma podzemí



Obr. 1 Schéma podzemí štoly Josef (David Karel)
mapa podzemí



Obr. 2 Studenti před vstupním portálem štoly (Vojtěch Hrach)
1515





Obr. 4 Budova URC Josef (Vojtěch Hrach)



Obr. 5 Partneři při prohlídce experimentu Mock – Up Josef (Vojtěch Hrach)
6260



Obr. 6 Měření plynopropustnosti (Vojtěch Hrach)
9881