# Soubor specializovaných map s odborným obsahem

- 1. KVALITA KYJOVSKÉ SLOJE V GEOLOGICKÉ MOCNOSTI (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)
- KVALITA KYJOVSKÉ SLOJE V BILANCOVANÉ MOCNOSTI S MAXIMÁLNÍM OBSAHEM POPELA A<sup>d</sup> = 50% (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)
- 3. KVALITA KYJOVSKÉ SLOJE V BILANCOVANÉ MOCNOSTI S MAXIMÁLNÍM OBSAHEM POPELA A<sup>d</sup> = 40% (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)
- 4. KVALITA KYJOVSKÉ SLOJE V BILANCOVANÉ MOCNOSTI S MAXIMÁLNÍM OBSAHEM POPELA A<sup>d</sup> = 35% (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)
- 5. KVALITA KYJOVSKÉ SLOJE V BILANCOVANÉ MOCNOSTI S MAXIMÁLNÍM OBSAHEM POPELA A<sup>d</sup> = 30% (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)

Institut geologického inženýrství

Hornicko-geologická fakulta

VŠB – TU Ostrava

Září 2012

Zpracovali: doc. RNDr. František Staněk, Ph.D.

Ing. Jan Jelínek, Ph.D.

Ing. Lukáš Vebr

# Obsah

1. Úv	vod	
2. H	ovoransko – kyjovská část (Kyjovsko)	5
3. Po	ostup modelování a tvorby map	7
3.	1. Postup zpracování jednotlivých vrstev	
4.	Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sl (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)	oje v geologické mocnosti "10
4.	1 Mapa geologické mocnosti [m]	
4.	2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva A <sup>d</sup> [%]	
4.	3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V <sup>daf</sup> [%]	
<b>5.</b>	Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské slo s maximálním obsahem popela A <sup>d</sup> = 50 % (hovoransko – kyjovsk revíru)"	oje v bilancované mocnosti á část jihomoravského lignitového 11
5.	1 Mapa bilancované mocnosti [m]	
5.	2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva A <sup>d</sup> [%]	
5	3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V <sup>daf</sup> [%]	
6.	s maximálním obsahem popela A <sup>°</sup> = 40 % (hovoransko – kyjovsl revíru)" 1 Mapa bilancované mocnosti [m]	zá část jihomoravského lignitového 12 12
6.	2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva A <sup>d</sup> [%])	
6.	3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V <sup>daf</sup> [%]	
7.	Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské slo s maximálním obsahem popela A <sup>d</sup> = 35 % (hovoransko – kyjovsl revíru)"	oje v bilancované mocnosti sá část jihomoravského lignitového 13
7.	1 Mapa bilancované mocnosti [m]	
7.	2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva A <sup>d</sup> [%]	
7.	<i>3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]</i>	
<b>8.</b>	Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské slo s maximálním obsahem popela A <sup>d</sup> = 30 % (hovoransko – kyjovsl revíru)"	oje v bilancované mocnosti zá část jihomoravského lignitového 14
8.	1 Mapa bilancované mocnosti [m]	
8.	2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva A <sup>d</sup> [%]	
8.	<i>3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]</i>	
9.	Závěr	
Lite	ratura	

# 1. Úvod

Soubor specializovaných map s odborným obsahem zpracovaný v rámci projektu SP2012/39 "Modelování a vizualizace prostorového rozložení technologických parametrů ložiska uhlí podle geologického vývoje a podle variantních podmínek využitelnosti pro budoucí exploataci na příkladu jihomoravského lignitového revíru" využívá výsledky projektu Grantové agentury České republiky č. 105/06/1264 s názvem "Digitální model jihomoravského lignitového revíru – vzor moderního komplexního hodnocení ložiska uhlí s perspektivou budoucí exploatace". Cílem projektu bylo vytvoření digitálního modelu jihomoravského lignitového revíru (dále JLR) a jeho využití pro komplexní hodnocení ložiska, určení jeho morfologie a rozložení jednotlivých ložiskových atributů. Na základě vytvořeného modelu lze následně provádět variantní zhodnocení - odhady zásob lignitu jednotlivých částí ložiska podle různých hodnot limitních parametrů podmínek využitelnosti. Pro zpracování a grafické znázornění dat uložených v ložiskové databázi (s údaji z více než 3000 vrtů) se využívají především statistické, geostatistické a grafické metody s cílem dosáhnout model ložiska co možno nejvíce se blížící realitě.



**Obr. 1:** Rozdělení a označení oblastí jihomoravského lignitového revíru. Legenda: 1 - dubňanská sloj jednotná A; 2 - dubňanská sloj rozčleněná do lávek B (číslo udává počet modelovaných vrstev); 3 - kyjovská sloj jednotná A; 4 - přirozená hranice výskytu sloje mimo zájmové oblasti; 5 - státní hranice; MÚP - moravská ústřední prohlubeň; šedá šrafa - vytěžené části slojí.

Jihomoravský lignitový revír je území, ve kterém se v české části vídeňské pánve (dále VP) vyskytují lignitové sloje. Revír se nachází v jv. části České republiky a sestává ze dvou částí s kyjovskou slojí a dvou částí s dubňanskou slojí. Za jihomoravský lignitový revír se označuje území, ve kterém se v moravské části vídeňské pánve (dále VP) vyskytují v pannonských vrstvách dvě ekonomicky významné sloje velmi slabě prouhelněného hnědého uhlí – lignitu: kyjovská sloj (dále KS) a dubňanská sloj (dále DS).

Jihomoravský lignitový revír sestává ze čtyř dílčích, od sebe oddělených částí (obr. 1). Ve dvou částech se vyskytuje KS: větší hovoransko – kyjovská část (dále Kyjovsko) a menší kelčansko – domanínská část (dále Domanínsko). Dvě části obsahují DS: moravská ústřední prohlubeň (dále MÚP), která je největší dílčí částí JLR s největšími zásobami lignitu a menší rohatecko – bzenecko – strážnická část (dále Bzenecko). Podrobnější popis JLR přináší Jelínek et al. (2011).

Modelování ložiska uhlí se opírá o výsledky předchozí identifikace a korelace slojí zastižených průzkumnými díly. Způsob modelování respektuje základní vlastnosti sedimentárních těles (vrstevnatost vyznačující se skokovými změnami vlastností hornin na kontaktu vrstev, výrazná převaha plošných rozměrů nad mocností apod.) s možným ovlivněním dalšími geologickými jevy (eroze, tektonické porušení apod.). Při vytváření modelu ložiska byla provedena rekonstrukce tektonické mapy dubňanské a kyjovské sloje a současně vytvořena představa o tektonickém vývoji této části vídeňské pánve.

Předkládaný soubor specializovaných map s odborným obsahem hovoransko – kyjovské části jihomoravského lignitového revíru je zpracován s ohledem na další možné využití uhelné hmoty oblasti, neboť k tomu jsou nutné znalosti základních vlastností uhlí nejen z hlediska kvality, ale i prouhelnění. Jsou zde zpracovány mapy rozložení (izolinií) následujících parametrů: mocnosti (m) kyjovské sloje, obsahu popela v bezvodém stavu  $A^d$  (%) v této mocnosti a obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině  $V^{daf}$  (%) v uhlí této mocnosti v pěti různých mapách, odpovídajících mocnosti geologické a mocnostem pro maximální obsah popela  $A^d$  postupně 50 %, 40 %, 35 % a 30 % v průzkumných dílech.

Při tvorbě souboru specializovaných map s odborným obsahem hovoransko – kyjovské části jihomoravského lignitového revíru byl využíván programový systém pro tvorbu modelu uhelného ložiska a jeho následného hodnocení (IPSHUL) vyvinutý na Institutu geologického inženýrství Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava v rámci řešení výše zmíněného projektu GA ČR.

### 2. Hovoransko – kyjovská část (Kyjovsko)

Tvar hovoransko-kyjovské části je oválný, protáhlý ve směru ZJZ – VSV od Čejče a Hovoran přes Šardice a Mistřín – Svatobořice do Kyjova. Délka oblasti je 15 km a šířka max. 4 km. Omezení sloje je většinou vyklíněním nebo vyhluchnutím. Výchozy se vyskytují v menší míře. Tektonické hranice tvoří pouze malé úseky. Na V jsou vydobyté prostory dolu František Šušák v Kyjově a dalších starých dolů. Nejzápadnější úsek Kyjovska mezi Hovorany a Čejčí byl vytěžen malodoly již v 19. století. Západní a střední úsek byl vytěžen do devadesátých let minulého století doly Obránci míru (původně Všemoc Boží) a Obránci míru II v Hovoranech, doly Julius a 9. květen (původně Julius 2) v Šardicích a posledním dolem, který těžil kyjovskou sloj na Kyjovsku, dolem Dukla v Šardicích.

Na západě Kyjovska vychází sloj na povrch v terénním svahu jv. od Čejče. Ostatní výchozy jsou zakryty různě mocnými kvartérními sedimenty. Ve střední části Kyjovska je výrazný erozivní výmol (obr. 2). Sloj má mísovité uložení s úklonem 1 až 2° (maximální úklon sloje je 3°) a s. od Svatobořic je na úrovni 85 m n.m. v maximální hloubce 160 m pod povrchem. V prostoru Šardic je dílčí elevace s osou ve směru SSV – JJZ. Sloj je porušena hlavním zlomem směru S – J, od kterého se jižně odštěpuje zlom směru SV – JZ. Všechny tektonické poruchy jsou poklesy s maximální výškou skoku do 20 m.

Podloží KS tvoří šedá série odpovídající Pappově (1951) B zóně – až několik desítek metrů mocné souvrství světle šedých jemnozrnných slídnatých, slínitých křemenných písků s ojedinělými vložkami jílů, uhelnatých jílů, lignitu, kořenů a pařezů stromů a vzácně konkrecí pískovců. Jemnozrnné písky zcela převažují (hrubozrnné polohy jsou méně časté) a představují významný zvodnělý první podložní kolektor. Největší propustnost mají písky těsně pod slojí. Ve spodní části horizontu přechází písek do písčitých a prachovitých jílů až jílů. Pod KS má písek hnědošedou barvu, směrem ke sloji se stává tmavším, případně přechází do písku s uhelnou příměsí nebo do uhelnatého písku s kořeny rostlin.

Geologická mocnost sloje se pohybuje na většině území od 2 do 5 m, průměrná geologická mocnost je okolo 3 m. Ve středu Kyjovska u j. okraje se sloj rozštěpuje do dvou lávek. Jejich mocnost se snižuje na 60 až 70 cm, proplástek tvoří až 7 m mocná poloha jemnozrnného písku. Dále k J sloj postupně zcela vykliňuje. Při s. okraji z. od Kyjova a s. od Svatobořic se projevuje vliv delty toku ústícího do rašeliniště od S. Ve sloji se objevuje větší množství proplástků, jejichž mocnost a počet k S stoupá, současně se zvyšuje obsah popela. Maximální zjištěná geologická mocnost sloje ve vrtu je zde 10,5 m (přitom obsah popela přesahuje 70 %). Jižně od Šardic mocnost sloje klesá pod 1 m. Sloj v této části Kyjovska byla, stejně jako v oblasti rozdělené do dvou lávek, nedobyvatelná, a proto zde zůstaly široké pruhy nevytěžených ploch s podlimitní mocností sloje nebo s odepsanými zásobami lignitu. Sloj byla na většině plochy původního výskytu vydobyta. Na Kyjovsku zůstaly nevytěžené zásoby lignitu pouze v jeho v. části (obr. 2).

V nadloží KS je až 150 m mocná žlutá písčitá série, ve které se střídají jemnozrnné písky a prachy s polohami jílů. Mezi těmito základními, většinou vápnitými, horninami jsou různé přechody – prachovité písky, písčito–jílovité prachy, prachovité jíly atd. a ojedinělé polohy střednozrnného až hrubozrnného písku. Ve vrstevním sledu lze rozeznat cyklickou sedimentaci, ale cykly bývají neúplné, uhelná část často chybí. Je možno vysledovat, i když ne ve všech vrtech, tři výraznější reprezentanty lignitových slojí. Nejvýraznější první nadložní slojka (nebo její ekvivalent) přibližně 40 – 45 m nad KS je důležitá pro korelaci hydrogeologických horizontů. Jak písky, tak i jíly obsahují v proměnlivém množství schránky organismů. Tyto polohy místy přecházejí do lumachel, případně do vrstev bělavě zelenošedých slínů s hojnými schránkami měkkýšů.



Obr. 2: Pozice vrtů, vytěžených prostor, erozivního výmolu a oblasti nevytěžených zásob zpracovávané oblasti nad topografickou mapou.

#### 3. Postup modelování a tvorby map

V některých částech JLR je sloj jednotná (obr. 1 - oblast A), v některých částech se vyskytují oblasti s větším počtem mocnějších proplástků rozdělujících sloj do až čtyř samostatných uhelných lávek, tedy sedmi horizontů (obr. 1 - oblast B). Základním modelem ložiska je tzv. geologický model, který charakterizuje geologický vývoj ložiska a stanovuje prostorové rozmístění uhelných poloh na ložisku. Na jeho základě se následně vytvářejí variantní modely podle kvality uhlí (tzv. bilancované modely), které respektují prostorové rozmístění uhelných poloh popsané geologickým modelem. Prvotním úkolem je proto vytvoření geologického modelu ložiska.

Při vytváření geologického modelu ložiska se z dat v jednotlivých průzkumných dílech uložených v ložiskové databázi identifikují a korelují geologické (genetické) uhelné i neuhelné horizonty (s odpovídající geologickou mocností [m]) – uhelná sloj (pro oblast A), popřípadě uhelné lávky a proplástky (pro oblast B). Výsledky identifikace a korelace geologických horizontů jsou spolu s průměrnými hodnotami ložiskových parametrů v těchto polohách uloženy do ložiskové databáze. Výběru poloh předchází výběr jednoznačných kvalitativních parametrů pro jednotlivé hloubkové úseky, neboť tyto údaje mohou být získávány z různých typů vzorků (segmenty, sesypy, sesypy segmentů, kontrolní analýzy apod.) a v mnoha případech jsou mnohoznačné.

Vlastní identifikaci a korelaci uhelných slojí prováděl ložiskový geolog na základě svých zkušeností a představ. Jako podklady mu sloužily různé grafické výstupy vytvořené na základě údajů ložiskové databáze, například petrografické profily vrtů a detaily slojí. Tyto výstupy byly vykreslovány jedním z modulů programového systému IPSHUL na základě klasifikace hornin, přechodných hornin a uhlí včetně způsobu jejich grafické reprezentace tak, jak je popsal Honěk et al. (2003).

V rámci uhelných geologických horizontů byly v jednotlivých průzkumných dílech prováděny s pomocí modulu IPSHUL výběry bilancovaných poloh (s odpovídající bilancovanou mocností [m]) podle limitního maximálního obsahu popela  $A^d$  postupně 50 %, 40 %, 35 % a 30 % a zjištění průměrných hodnot dalších ložiskových parametrů ( $A^d$  - obsah popela v bezvodém stavu paliva [%],  $Q_i^r$  - výhřevnost v původním stavu paliva (přepočtená na jednotný stav veškeré vody  $W_t^r = 45$  %) [MJ.kg<sup>-1</sup>],  $S_t^d$  - obsah veškeré síry v bezvodém stavu paliva [%], As<sup>d</sup> - obsah arsenu v bezvodém stavu paliva [g.t<sup>-1</sup>],  $Q_s^{daf}$  - spalné teplo hořlaviny (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) [MJ.kg<sup>-1</sup>],  $V^{daf}$  - obsah prchavé hořlaviny v hořlavině (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) [%]) v těchto polohách. Výsledky výběru bilancovaných poloh byly rovněž ukládány do ložiskové databáze. Na základě těchto údajů byly následně vytvářeny zmíněné variantní bilancované modely ložiska (dále označované postupně M50, M40, M35 a M30). Bohužel databáze neobsahuje všechny technologické parametry v dostatečném množství pro všechny oblasti. Proto byly vytvořeny specializované mapy s odborným obsahem pouze pro mocnost (geologickou či bilancovanou),  $A^d$  - obsah popela v bezvodém stavu paliva [%] a  $V^{daf}$  - obsah prchavé hořlavině (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva v technologické parametry v dostatečném množství pro všechny oblasti. Proto byly vytvořeny specializované mapy s odborným obsahem pouze pro mocnost (geologickou či bilancovanou),  $A^d$  - obsah popela v bezvodém stavu paliva [%] a  $V^{daf}$  - obsah prchavé hořlavině (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) [%].

#### 3.1. Postup zpracování jednotlivých vrstev

Jednou ze základních úloh statistického rozboru i volby dalších metod zpracování je studium charakteru statistické distribuce vstupních dat. Jen na základě správného popisu distribuce lze odhadnout statistické charakteristiky a realizovat další zpracování. Je známým faktem, že empirické distribuce většiny veličin popisujících geologická tělesa nevyhovují běžně uvažovanému normálnímu rozdělení, ale že mají distribuci asymetrickou. Přitom je ale normální distribuce základní podmínkou použití mnoha dalších matematických postupů.

V procesu modelování uhelné sloje, případně lávky sloje, jsou z nepravidelně rozmístěných průzkumných bodů interpolovány hodnoty jednotlivých ložiskových atributů do pravidelné sítě bodů – tzv. gridu. Jelikož se jedná o lineární matematické postupy, je nezbytné, aby vstupní údaje byly rozloženy normálně. V IPSHUL je statistickým testem dobré shody Kolmogorova – Smirnova indikováno, pokud vstupní soubor dat nevyhovuje normální distribuci. V IPSHUL je následně

provedena tzv. kvantilová (grafická) transformace vstupního souboru pomocí kumulovaných četností (empirické distribuční funkce) a distribuční funkce normovaného normálního rozdělení (dále NNR) tak, že výsledný soubor má požadované NNR, následně se provede interpolace vybranou interpolační metodou a hodnoty gridu jsou pak programově zpětně transformovány (Deutsch 2002).



**Obr. 3:** Experimentální variogramy obsahu popela  $A^d$  s exponenciálním teoretickým modelem variogramu se znázorněním distribuce hodnot – původní vstupní hodnoty (vlevo) a převedené do NNR (vpravo).

Dalším krokem je tvorba experimentálních variogramů a nalezení vhodného teoretického modelu variogramu každého parametru jednak z původních hodnot a jednak z hodnot převedených do NNR v prostředí programu Surfer (obr. 3). Přitom se také zjišťuje případná anizotropie pole. Výsledky geostatistické strukturální analýzy jsou pak použity při interpolaci jednotlivých atributů uhelné sloje v průběhu vytváření modelu sloje či lávky sloje pro tvorbu odpovídajících gridů. Výběr interpolační metody má značný vliv na výsledný model ložiska a tím i na množství vypočtených zásob suroviny. K usnadnění výběru vhodné interpolační metody využívá programový systém IPSHUL metodu cross validation, může do něj vstupovat až 5 různých typů teoretických modelů variogramu pro původní hodnoty a 5 různých typů teoretických modelů variogramu pro hodnoty převedené do NNR. Testování se provádí pro konečnou množinu různých interpolačních metod (inverzních vzdáleností, krigování, plochy minimální křivosti aj.), navíc každá z nich může mít variantně nastaveny parametry výpočtu.

Pořadí		Číslo	Střední	Střední chyba	Rozptyl chyb	Koeficient	směrodatná
metody:	Nazev metody:	metody:	kvadraticka	odhadu: odhadu:		asymetrie cnyb	odcnylka cnyb
L			cnyba odnadu:			odnadu:	odnadu:
1	NNR, Kri_lin	14	1.048268872	-0.018464382	1.047927938	-0.342670922	1.023683515
2	Kri_lin	1	1.06166899	-0.004439916	1.061649277	-0.172795958	1.030363663
3	ID3	4	1.083798703	-0.024190454	1.083213525	-0.607618329	1.040775444
4	NNR, ID3	17	1.11340368	-0.031108838	1.11243592	-0.756975839	1.054720778
5	ID3 aniz.	8	1.153147272	-0.022356808	1.152647446	-0.288699338	1.073614198
6	ID2	3	1.157810512	0.001554484	1.157808095	-0.773983916	1.076014914
7	Model2, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_exp_nug.srf	10	1.170183387	-0.005139183	1.170156976	-0.419852455	1.081737942
8	NNR, ID3 aniz.	21	1.179344884	-0.026140858	1.17866154	-0.561873517	1.085661798
9	NNR, Model6, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_exp_NNR.srf	22	1.179610884	-0.022061062	1.179124193	-0.348083714	1.085874852
10	NNR, Model7, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_exp_nug_NNR.srf	23	1.180357332	-0.011008442	1.180236146	-0.697041701	1.086386739
11	Model4, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_power.srf	12	1.184579414	-0.004562164	1.1845586	-0.487411702	1.088374292
12	NNR, Model10, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_sfer_NNR.srf	26	1.186074323	-0.024613409	1.185468503	-0.266535297	1.088792222
13	NNR, Model9, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_power_NNR.srf	25	1.188984448	-0.010535121	1.188873459	-0.701614676	1.09035474
14	NNR, ID2	16	1.192576752	-0.002536735	1.192570317	-0.800065949	1.092048679
15	ID2 aniz.	7	1.2113344	0.008078687	1.211269135	-0.643853594	1.100576728
16	NNR, Model8, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_pentasfer_NNR.srf	24	1.213508871	-0.024089565	1.212928564	-0.226276795	1.101330361
17	Model1, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_exp.srf	9	1.219533847	-0.010123372	1.219431365	-0.097884915	1.104278663
18	NNR, ID2 aniz.	20	1.244994387	0.002353939	1.244988846	-0.740446984	1.115790682
19	Model3, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_pentasfer.srf	11	1.255525209	-0.010929315	1.255405759	-0.004015575	1.120448909
20	Model5, C:\Grant05_n\IPSHUL_2008\Bumerang\Mocnost_sfer.srf	13	1.300587421	-0.013219644	1.300412662	-0.031398972	1.140356375
21	ID1	2	1.3332639	0.027395002	1.332513414	-0.667130767	1.154345448
22	ID1 aniz.	6	1.342182059	0.030356511	1.341260541	-0.674501038	1.158128033
23	NNR, ID1	15	1.343481705	0.006859874	1.343434647	-0.658963212	1.159066282
24	NNR, ID1 aniz.	19	1.349363305	0.010620202	1.349250516	-0.674113518	1.161572432
25	NNR, PMK	18	1.454987452	-0.020141912	1.454581756	-0.617194079	1.206060428
26	PMK	5	1.464321461	0.001432686	1.464319408	-0.651651493	1.210090661

**Tabulka 1:** Tabulka s výsledky testování interpolačních metod pomocí metody cross-validation pro mocnost. Symboly interpolačních metod jsou přejaty z práce Staněk et al. 2008.

Výsledky testování se zobrazují v samostatném okně programu, zároveň se vytváří soubor s podrobnými výsledky testování ve formě tabulky (viz tabulka 1) a také histogramy četností chyb odhadu včetně srovnání s normální distribucí (obr. 4). Vybranou metodou se automaticky vypočte grid zpracovávaného atributu (postupně všechny sledované atributy ve všech vrstvách geologického modelu i všech modelů bilancovaných) v dané oblasti (mimo vytěžené prostory a oblasti eroze), který se dále používá v procesu modelování ložiska. Dále je proveden detailní výpočet zásob v blocích podle platných podmínek využitelnosti ve shodě s horním zákonem.



**Obr. 4:** Histogram četností chyb pro mocnost (hodnoty převedeny do NNR) a metodu kriging s lineárním teoretickým modelem variogramu včetně srovnání s normální distribucí.

# 4. Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sloje v geologické mocnosti (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)"

#### 4.1 Mapa geologické mocnosti [m]

Mapa 1-GM-1 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně geologickou mocnost analyzované kyjovské sloje. Na většině zájmového území se geologická mocnost pohybuje v rozmezí 2 až 4 m. Při s. okraji z. od Kyjova a s. od Svatobořic (obr. 2) se projevuje vliv delty toku ústícího do rašeliniště od S (Jelínek et al. 2012). Ve sloji se objevuje větší množství proplástků, jejichž mocnost a počet k S stoupá, současně se zvyšuje obsah popela. Maximální zjištěná geologická mocnost sloje 10,5 m je ve vrtu K 183, ležícího mimo hodnocenou oblast nevytěžených zásob (přitom obsah popela přesahuje 70 %). V hodnocené oblasti nevytěžených zásob je nejvyšší geologická mocnost v sz. části, kde dosahuje hodnot 5,6 m. Podobná hodnota byla lokálně zjištěna také ve vrtu K157 (5,3 m). Na jižním okraji zájmového území geologická mocnost sloje klesá pod 1 m (vrt K97 – 0,56 m a K96 – 0,1 m). Sloj je v této části Kyjovska nedobyvatelná.

## 4.2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva $A^{d}$ [%]

Mapa 1-GM-2 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah popela v bezvodém stavu paliva ( $A^d$ ). Nejvyšší obsah popela 74,17 % v kyjovské sloji zájmového území byl zaznamenán ve vrtu K 183, ležícího mimo hodnocenou oblast nevytěžených zásob. V hodnocené oblasti nevytěžených zásob je v této sz. části zájmového území nejvyšší popelnatost kolem 62 %. To odpovídá předpokladu výskytu delty toku v této oblasti (Jelínek et al. 2012). Vliv ramena delty daného toku lze předpokládat také při severní hranici zájmového území, kde hodnota popela je 48 % (vrt K157). Odtud jižně v pruhu širokém cca 900 m a 1300 m dlouhém se táhne pás se zvýšenou popelnatostí (30 až 40 %). Na většině území se popelnatost pohybuje v rozmezí 20 – 30 %. V jižní části zájmového území hodnota popela lokálně klesá k 12 % (vrt K99 a K116).

# 4.3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]

Mapa 1-GM-3 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah prchavé hořlaviny v hořlavině. Obsah prchavé hořlaviny v kyjovské sloji zájmového území je nejvyšší ve vrtu K177 – 65,26 %. Lze říci, že v této sz. části zájmového území se hodnota V<sup>daf</sup> drží na úrovni 62 %. Východním a jižním směrem hodnota klesá na 57,5 % a dále k jižnímu a východnímu okraji zájmového území klesá až na 55 %. Nicméně ve střední části území se mezi vrty K133, K134, K135 a K136 hodnota drží přibližně na úrovni 62,5 %.

# 5. Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sloje v bilancované mocnosti s maximálním obsahem popela A<sup>d</sup> = 50 % (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)"

#### 5.1 Mapa bilancované mocnosti [m]

Mapa 2-M50-1 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně bilancovanou mocnost analyzované kyjovské sloje na maximální obsah popela 50 %. Na většině zájmového území se tato bilancovaná mocnost pohybuje v rozmezí 2 až 3 m. Při s. okraji z. od Kyjova (obr. 2) se projevuje vliv delty toku ústícího do rašeliniště od S (Jelínek et al. 2012). V této části zájmového území je ve vrtu K175 mocnost až 5 m. Vyšší mocnost (kolem 4,5 m) nacházíme v západní části kolem vrtů K178 a S104\_82. Při severní hranici území klesá bilancovaná mocnost až na 1 m. Podobná situace je také při jižním okraji území.

## 5.2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva $A^{d}$ [%]

Mapa 2-M50-2 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah popela v bezvodém stavu paliva. Nejvyšší obsah popela 43 % v kyjovské sloji zájmového území byl zaznamenán ve vrtu K 177. V této sz. oblasti nevytěžených zásob je obecně vyšší popelnatost, kolem 40 %. To odpovídá předpokladu výskytu delty toku v této oblasti (Jelínek et al. 2012). Vliv ramena delty předpokládaného toku lze spatřit také při severní hranici zájmového území, kde hodnota popela je 41 % (vrt K157). Odtud jižně hodnota obsahu popela pozvolna klesá na 30 % a dále k jihu a východu na 25 až 20 %.

## 5.3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]

Mapa 2-M50-3 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah prchavé hořlaviny v hořlavině. Obsah prchavé hořlaviny v kyjovské sloji zájmového území pro bilancovanou mocnost  $A^d$  50 % je nejvyšší ve vrtu K177 – 64 %. Lze říci, že v této sz. části zájmového území se hodnota  $V^{daf}$  drží na úrovni 62 %. Východním a jižním směrem hodnota klesá na 57 % a dále k jižnímu a východnímu okraji zájmového území klesá až na 55 %. Nicméně ve střední části území se mezi vrty K133, K134, K135 a K136 hodnota drží přibližně na úrovni 62 %.

# 6. Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sloje v bilancované mocnosti s maximálním obsahem popela A<sup>d</sup> = 40 % (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)"

#### 6.1 Mapa bilancované mocnosti [m]

Mapa 3-M40-1 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně bilancovanou mocnost analyzované kyjovské sloje na maximální obsah popela 40 %. Na většině zájmového území se tato bilancovaná mocnost pohybuje v rozmezí 2 až 3 m. Při s. okraji z. od Kyjova (obr. 2) se bilancovaná mocnost lokálně zvyšuje na 4 m – vrt K142. Vyšší mocnost kolem 4 m nacházíme v západní části kolem vrtů S102\_81, S103\_82, S105\_82 a ve vrtu S104\_82 až 4,5 m. Severním a severozápadním směrem mocnost pozvolna klesá na 1,5 m, místy pod 1 m. Obdobná situace je při jižní hranici zájmového území.

## 6.2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva $A^d$ [%])

Mapa 3-M40-2 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah popela v bezvodém stavu paliva. Nejvyšší obsah popela 40 % v kyjovské sloji zájmového území byl zaznamenán ve vrtu K129A. Celkově vyšší popelnatost se nachází ve střední a severozápadní části oblasti. Východním a jižním směrem hodnoty popelnatosti pozvolna klesají až na 20 %. Lokálně nízké hodnoty kolem 16 % nacházíme v oblasti kolem vrtů K99 a K95.

## 6.3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]

Mapa 3-M40-3 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah prchavé hořlaviny v hořlavině. Obsah prchavé hořlaviny v kyjovské sloji zájmového území pro bilancovanou mocnost  $A^d$  40 % je nejvyšší ve vrtu K177 – 64 %. Lze říci, že v této západní části zájmového území se hodnota  $V^{daf}$  drží na úrovni 62 až 63 %. Jihovýchodním směrem hodnota klesá na 57 % a dále k jihovýchodnímu okraji zájmového území klesá až na 55 %. Nicméně ve střední části území se mezi vrty K133, K134, K135 a K136 hodnota drží přibližně na úrovni 62 %.

# 7. Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sloje v bilancované mocnosti s maximálním obsahem popela A<sup>d</sup> = 35 % (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)"

#### 7.1 Mapa bilancované mocnosti [m]

Mapa 4-M35-1 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně bilancovanou mocnost analyzované kyjovské sloje na maximální obsah popela 35 %. Na většině zájmového území se tato bilancovaná mocnost pohybuje v rozmezí 2 až 3 m. Ve střední části se bilancovaná mocnost zvyšuje na 3 m a lokálně až na 4 m – vrt K142. Vyšší mocnost kolem 4 m nacházíme v západní části kolem vrtů S102\_81, S103\_82, S105\_82 a ve vrtu S104\_82 až 4,5 m. Severním a severozápadním směrem mocnost pozvolna klesá na 1,5 m, místy pod 1 m. Obdobná situace je při jižní hranici zájmového území.

## 7.2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva $A^{d}$ [%]

Mapa 4-M35-2 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah popela v bezvodém stavu paliva. Celkově vyšší popelnatost se nachází ve střední a severozápadní části oblasti – nad 30 %. Lokálně se vyskytují i vyšší hodnoty obsahu popela. Východním a jižním směrem hodnoty popelnatosti pozvolna klesají až na 20 %. Lokálně nízké hodnoty pod 15 % nacházíme v oblasti kolem vrtů K99 a K94. Vzhledem k metodice modelování ložiska byly do výpočtu bilancované mocnosti pro obsah popela max. 35 % zahrnuty i vrty, které neobsahují uhelnou hmotu s popelnatostí pod 35 %. Mezní izolinie 35 % je vyznačena fialově. Vzhledem k tomuto faktu se v mapě vyskytují oblasti s vyšší popelnatostí než 35 %. Pokud by byly tyto vrty vyloučeny z výpočtu, došlo by při výpočtu bilančních zásob k jejich nadhodnocení.

## 7.3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]

Mapa 4-M35-3 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah prchavé hořlaviny v hořlavině. Obsah prchavé hořlaviny v kyjovské sloji zájmového území pro bilancovanou mocnost  $A^d$  35 % je nejvyšší ve vrtu K177 – 64 %. Lze říci, že v této západní části zájmového území se hodnota  $V^{daf}$  drží na úrovni 62 až 63 %. Východním a jihovýchodním směrem hodnota klesá na 57 % a dále k jihu klesá až na 55 %. Nicméně ve střední části území se mezi vrty K133, K134, K135 a K136 hodnota drží přibližně na úrovni 62 %.

# 8. Specializovaná mapa s odborným obsahem "Kvalita kyjovské sloje v bilancované mocnosti s maximálním obsahem popela A<sup>d</sup> = 30 % (hovoransko – kyjovská část jihomoravského lignitového revíru)"

#### 8.1 Mapa bilancované mocnosti [m]

Mapa 5-M30-1 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně bilancovanou mocnost analyzované kyjovské sloje na maximální obsah popela 30 %. Na většině střední, západní a jižní části zájmového území se tato bilancovaná mocnost drží na úrovni 2,5 m. Lokálně dosahuje až 3 m a to především v západní části území. Severozápadním směrem hodnota klesá pod 2 m. Ve východní části je bilanční mocnost mezi 2 až 2,5 m. K jižnímu okraji mocnost prudce klesá z 2,5 m až na 1,5 m.

# 8.2 Mapa obsahu popela v bezvodém stavu paliva $A^{d}$ [%]

Mapa 5-M30-2 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah popela v bezvodém stavu paliva. Celkově vyšší popelnatost se nachází ve střední části oblasti – nad 30 %. Lokálně se zde vyskytují i vyšší hodnoty obsahu popela. Je to v důsledku použité metodiky. Vzhledem k metodice modelování ložiska byly do výpočtu bilancované mocnosti pro obsah popela max. 30 % zahrnuty i vrty, které neobsahují uhelnou hmotu s popelnatostí pod 30 %. Vzhledem k tomuto faktu se v mapě vyskytují oblasti s vyšší popelnatostí než 30 %. Mezní izolinie 30 % je vyznačena fialově. Pokud by byly tyto vrty vyloučeny z výpočtu, došlo by při výpočtu bilančních zásob k jejich nadhodnocení. Nicméně východním a jižním směrem hodnoty popelnatosti pozvolna klesají až na 20 %. Lokálně nízké hodnoty pod 15 % nacházíme v jižní části oblasti kolem vrtů K151A a K147. Západní část oblasti vykazuje hodnoty pod hranicí 30 % s klesající popelnatostí k jihu (až na 22 %).

## 8.3 Mapa obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině V<sup>daf</sup> [%]

Mapa 5-M30-3 znázorňuje pomocí izolinií a plošné barevné výplně obsah prchavé hořlaviny v hořlavině. Obsah prchavé hořlaviny v kyjovské sloji zájmového území pro bilancovanou mocnost  $A^d$  30 % je nejvyšší ve vrtu K177 – 64 %. Lze říci, že v této západní části zájmového území se hodnota  $V^{daf}$  drží na úrovni 62 až 63 %. Jihovýchodním směrem hodnota klesá na 57 % a dále k jihovýchodnímu okraji zájmového území klesá až na 55 %. Nicméně ve střední části území se mezi vrty K133, K134, K135 a K136 hodnota drží přibližně na úrovni 62 %.

#### 9. Závěr

Soubor specializovaných map s odborným obsahem hovoransko-kyjovské části JLR byl vytvořen z výsledků ložiskového průzkumu tohoto území. Základní ložiskový průzkum kyjovské sloje zpracovávané oblasti probíhal ve dvou etapách. První etapa proběhla v letech 1953 – 1954, kdy bylo vyhloubeno 50 vrtů označených písmenem K a 23 vrtů označených symbolem S. Další průzkumné vrty byly provedeny v rámci doplňkového podrobného průzkumu v letech 1981 - 1990, kdy byly vyhloubeny průzkumné vrty S100 až S148.

Pro pět specializovaných map (geologická mocnost, bilancovaná mocnost pro maximální obsah popela  $A^d$  50 %, 40 %, 35 % a 30 %) byly sestaveny dílčí mapy rozložení (izolinií) následujících parametrů: mocnosti kyjovské sloje [m] (geologické či bilancované pro daný obsah popela), obsahu popela v bezvodém stavu  $A^d$  (%) v těchto mocnostech a obsahu prchavé hořlaviny v hořlavině  $V^{daf}$  (%) v těchto mocnostech.

Z vytvořených map vyplývá, že největší mocnost kyjovské sloje je při s. okraji z. od Kyjova a při severní hranici sz. části, kde mocnost dosahuje 5,5 m. Nicméně v těchto částech zájmového území popelnatost přesahuje 60 %, ve sloji se objevuje větší množství proplástků, jejichž mocnost a počet k S stoupá. Tato skutečnost je přisuzována vlivu delty toku ústícího do rašeliniště od S (Jelínek et al. 2011). Ve zbylé části území se popelnatost drží pod hranicí 30 % a mocnost sloje se pro všechny modely drží v rozmezí 2 až 3 m. Obsah prchavé hořlaviny v hořlavině v západní části zpracovávaného území přesahuje 60 %. Také v centrální části v okolí vrtů K133, K134, K135 a K136 hodnota V<sup>daf</sup> přesahuje tuto hranici. Ovšem na většině území je hodnota v rozmezí 55 až 58 %.

Na základě zpracovaných výše popsaných parametrů kyjovské sloje byly provedeny programovým systémem IPSHUL (viz část 1) odhady zásob pro geologický model (GM) a všechny bilancované modely ložiska (M50, M40, M35 a M30) odpovídající různým mocnostem (geologická mocnost, bilancovaná mocnost pro A<sup>d</sup> 50 %, 40 %, 35 % a 30 %). V tabulce 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty sledovaných parametrů, plocha oblasti, objem a tonáž odhadnutých geologických zásob pro všechny modely.

**Tabulka 2:** Celkové výsledky odhadu zásob uhlí kyjovské sloje v zájmové oblasti pro jednotlivé modely mocnosti. Legenda: GM – geologická mocnost sloje; M50 – bilanční mocnost sloje pro maximální obsah popela  $A^d$  50 %; M40 - bilanční mocnost sloje pro  $A^d$  40 %; M35 - bilanční mocnost sloje pro  $A^d$  35 %; M30 - bilanční mocnost sloje pro  $A^d$  30 %.

Model	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Objem zásob [m <sup>3</sup> ]	Mocnost [m]	A <sup>d</sup> [%]	V <sup>daf</sup> [%]	Geologické zásoby [kt]
GM	10,324	30 530 360	2,96	30,48	58,74	39 723
M50	10,324	28 433 048	2,75	27,59	58,57	36 556
M40	10,324	26 849 024	2,60	26,42	58,55	34 330
M35	10,324	26 404 488	2,56	25,67	58,51	33 673
M30	10,324	25 862 964	2,51	25,05	58,36	32 887

Z tabulky 2 vyplývá, že průměrná mocnost klesá se snižováním mezní hodnoty A<sup>d</sup> jednotlivých modelů (graf 1), zároveň roste kvalita uhlí vyjádřená obsahem popela A<sup>d</sup> (graf 2), logicky se snižuje i objem zásob (graf 3) a geologické zásoby v kt (graf 4).

Hodnoty obsahu prchavé hořlaviny jsou pro jednotlivé modely vyrovnané vzhledem k tomu, že se udávají v hořlavině, přepočteny na bezvodý a bezpopelový stav paliva. Hodnoty obsahu prchavé hořlaviny jsou úzce spjaty s petrografickým složením uhelné hmoty, která je obsažena ve všech modelech. S klesající mezní hodnotou A<sup>d</sup> (od modelu M50 až po model M30) při výběru kvalitnějších poloh ve vrtu jsou postupně vyřazovány především neuhelné polohy.

Problematika provázanosti V<sup>daf</sup> a A<sup>d</sup> ve vztahu ke geologickému vývoji zájmové oblasti byla podrobně popsána v článku Jelínek et al. 2011.





Graf 1: Průměrná mocnost jednotlivých modelů.



Graf 3: Objem zásob jednotlivých modelů.





Graf 4: Geologické zásoby jednotlivých modelů.

### Poděkování

Soubor specializovaných map s odborným obsahem vznikl za podpory MŠMT v rámci projektu SP2012/39 "Modelování a vizualizace prostorového rozložení technologických parametrů ložiska uhlí podle geologického vývoje a podle variantních podmínek využitelnosti pro budoucí exploataci na příkladu jihomoravského lignitového revíru", Grantové agentury České republiky v rámci projektu č. 105/06/1264 s názvem "Digitální model jihomoravského lignitového revíru – vzor moderního komplexního hodnocení ložiska uhlí s perspektivou budoucí exploatace" a projektu Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin s registračním číslem CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporované Operačním programem OP 2 financovaným ze strukturálních fondů Evropské unie a z prostředků státního rozpočtu České republiky.

### Literatura

**Deutsch, C. V. (2002)**: Geostatistical Reservoir modeling. *Oxford university press*, Oxford, 2002, 376 pp.

Honěk, J., Hoňková, K., Jelínek, J., Staněk, F. (2003): Univerzální systém hodnocení a grafického zobrazení hornin, přechodných hornin a uhlí. *Sb. vědeckých prací VŠB - TU Ostrava, řada hornicko-geologická, Vol. 49, monografie 9, p. 69 - 92.* 

Jelínek, J., Staněk, F., Vizi, L., Honěk, J. (2011): Evolution of lignite seams within the South Moravan Lignite Coalfield based on certain qualitative data. *International Journal of Coal Geology*, 87, 237-252.

**Papp, R. (1951):** *Das Pannon der Wiener Becken.* Mitt. Geol. Gesell., 39-41 (1946-1948), Wien, 1951, s. 99-193.

Staněk, F., Jelínek, J., Hoňková, K., Honěk, J. (2008): Digitální model jihomoravského lignitového revíru. *Acta Montanistica Slovaca*, *13* (2008), *4*, *Košice*, 2008, *s*. 454 - 471. http://actamont.tuke.sk/pdf/2008/n4/9stanek.pdf