

Fachartikel / Scientific articles |||

- ➔ **Mineralogie - Geologie / Mineralogy - Geology**
Doc. RNDr. František Staněk, Ph.D., Ing. Jan Jelínek, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Ostrava-Poruba; Ing. Kerstin Hoňková, Ph.D., Ostrava – Pustkovec
 The evaluation of lignite deposit in Bzenec based on a digital model 2
 Bewertung der Lignitlagerstätte im Gebiet Bzenec auf Basis deren digitalen Modells
- Ing. Vlastimil Macůrek, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most*
 Hořenec – the deposit of purpurin 13
 Hořenec – Lagerstätte des roten Pigments
- ➔ **Abfallgebarung / Waste Disposal**
RNDr. Ing. Josef Valeš, Jaroslav Kusý, Ing. Lukáš Anděl, Ing. Marcela Šafářová, Ph.D., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a. s. Most.
 The extraction of terephthalic acid with high-frequency decomposition of waste polyethyleneterephthalate 18
 Gewinnung der Terephthalsäure mithilfe der hochfrequenzmäßigen Zerlegung des Abfallpolyethyleneterephthalates
- Ing. Pavel Schmidt, Ing. Petr Šásek, Ph.D., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most*
 The long-term monitoring evaluation of the construction mixtures quality parameters based on the products after combustion 46
 Auswertung eines langfristigen Monitoring der qualitativen Parameter von Baugemischen auf Basis der Produkte nach der Verbrennung
- Ökologie / Oecology**
 ➔ *Ing. Jan Brejcha, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most*
 The summary of findings from the mobile emissions measurement in small selected locations in the North-Bohemian region 25
 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den mobilen Immissionsmessungen in den ausgewählten kleinen Orten der nordböhmischen Region
- Wiederurbarmachung und Revitalisierung - Land Reclamation and Revitalisation**
 ➔ *Ing. Petr Čermák, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.; Václav Ondráček, Severočeské doly a.s*
 The anthroposoil of waste dumps in the North-Bohemian Brown Coal Basin reclaimed for agriculture purpose 37
 Die zu landwirtschaftlichen Zwecken rekultivierten Anthropoböden der Kippen im nordböhmischen Braunkohlebecken

Aktualitäten / Current news |||

57

Aus dem Ausland / News from abroad |||

World of Mining Surface & Underground 6/2008

62

Kohlengesellschaften informieren / News from Coal Companies |||

64

Doc. RNDr. František Staněk, Ph.D., Ing. Jan Jelínek, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Ostrava-Poruba; Ing. Kerstin Hoňková, Ph.D., Ostrava – Pustkovec

Hodnocení ložiska lignitu v oblasti Bzence na základě jeho digitálního modelu – 1. část

Přijato: 31. 10. 2009, recenzováno: 4. 3. 2009

V příspěvku jsou popsány metodické postupy a výsledky modelování a hodnocení lignitového ložiska v české části vídeňské pánve (jihomoravský lignitový revír) v okolí Bzence. Základem řešení je digitální ložisková databáze sestavená z údajů z téměř 300 vrtů. Kromě primárních ložiskových dat obsahuje údaje o jednotně přehodnocených bilancovaných mocnostech sloje a uhelných lávek. Proplásky rozdělují sloj do tří lávek (celkem pět horizontů). 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. Digitální model sloje je využit pro všeobecné zhodnocení ložiska, stanovení morfologie a distribuce jednotlivých ložiskových atributů.

The evaluation of lignite deposit in Bzenec based on a digital model

In this contribution methodological procedures and results of digital modelling and assessing the lignite deposit in the Bzenec area of the Czech part of the Vienna Basin (the South Moravian Lignite Coal-field) are presented. Deposit database includes data from almost 300 drills. Except of primary deposit data, the database contains data on identically re-assessed economical thicknesses of the coal seam and coal benches. The seam is splitted into three coal benches (altogether 5 horizons). The basic deposit model is a so-called geological model, which describes the structural character of the deposit and defines the spatial positions of the coal seams. On the basis of the geological model so-called economical models, i.e. variant models according to the coal quality, are created. These models respect the spatial geometry of the coal seams, as described by the geological model. The digital seam model is applied for a comprehensive assessment of the lignite deposit, to determine both its morphology and the distribution of particular deposit attributes.

Bewertung der Lignitlagerstätte im Gebiet Bzenec auf Basis deren digitalen Modells

Im Beitrag werden Verfahrensweisen und Ergebnisse der Modellierung und Bewertung der Lignitlagerstätte im böhmischen Teil des Wiener Beckens (Südmährisches Lignitrevier) beschrieben. Die Grundlage der Lösung ist eine digitale Lagerstättendatenbank mit Angaben, die fast 300 Bohrungen bewerten. Neben den primären Lagerstättendaten enthält sie auch Angaben über einheitlich überwerteten bilanziereten Mächtigkeiten von Flözen und Kohleebenen. Das ursprüngliche Modell ist das sog. geologische Modell, das die geologische Entwicklung der Lagerstätte charakterisiert und die räumliche Verteilung von Kohlelagen an der Lagerstätte bestimmt. Auf dessen Basis werden anschließend Variantenmodelle gemäß der Kohlequalität gestaltet (sog. Bilanzierungsmodelle), die die räumliche Verteilung von mit dem geologischen Modell beschriebenen Kohlelagen berücksichtigen. Das digitale Flözmodell wird zur allgemeinen Bewertung der Lagerstätte, zur Bestimmung der Morphologie und der Distribution von einzelnen Lagerstättenmerkmalen genutzt.

Klíčová slova: jihomoravský lignitový revír, modelování uhelné sloje, bilancovaná mocnost, databáze, matematické postupy hodnocení ložiskových atributů, odhad zásob uhlí

1. Úvod

Příspěvek se zabývá postupy řešení a výsledky projektu Grantové agentury České republiky č. 105/06/1264 s názvem „Digitální model jihomoravského lignitového revíru – vzor moderního komplexního hodnocení ložiska uhlí

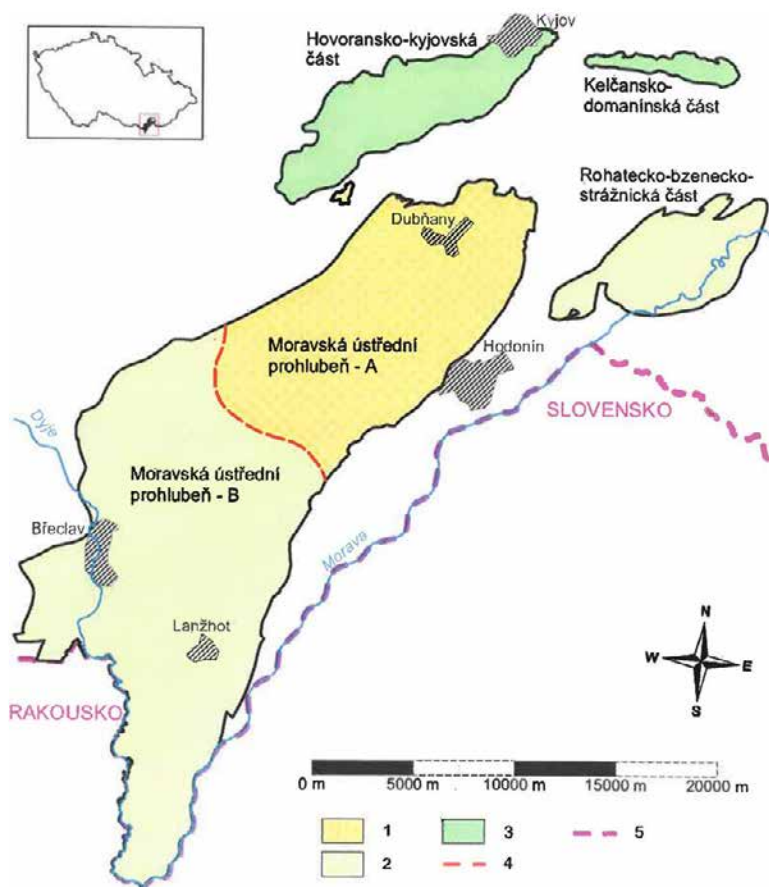
s perspektivou budoucí exploatace“. Cílem projektu bylo vytvoření digitálního modelu jihomoravského lignitového revíru (dále JLR) a jeho využití pro komplexní hodnocení ložiska, určení jeho morfologie a rozložení jednotlivých ložiskových atributů. Na základě vytvořeného mode-

lu lze následně provádět variantní zhodnocení - odhady zásob lignitu libovolných částí ložiska podle různých podmínek využitelnosti a stanovení průměrných hodnot sledovaných ložiskových atributů. V článku jsou prezentovány postupy řešení tvorby digitálního modelu rohatecko-bzenecko-strážnické části jihomoravského lignitového revíru (viz obr. 1) a vybrané výstupy hodnocení vzniklé na základě tohoto modelu. Předpokladem přitom bylo využití ložiskové databáze se všemi nezbytnými primárními daty z přibližně 300 vrtů, doplněné údaji o jednotně přehodnocených bilancovaných mocnostech sloje. Pro zpracování a grafické znázornění dat uložených v ložiskové databázi se využívají matematické, statistické, geostatistické a grafické metody.

Při řešení projektu je využíván pro tento účel upravený Interaktivní Programový Systém pro aplikaci moderních metod Hodnocení Uhlí - ných Ložisek (dále IPSHUL08) vyvinutý na Institutu geologického inženýrství Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava ([5], [6],

[7], [8]). Grafické výstupy se převážně generují v prostředí programu Surfer a LogPlot, textové výstupy pak v prostředí MS Excel. Automaticky se tak vytváří velké množství map izolinií, 3D zobrazení jednotlivých sledovaných atributů, map zásob, geologických řezů, výstupních sestav, tabulek a grafů s výsledky hodnocení ložiska apod. Vzhledem k rozsahu článku je množství ukázek výstupů omezeno na minimum. Součástí systému je i převod grafických výstupů do prostředí GIS, což umožňuje vytvářet mapy typu tradiční geologické dokumentace.

Modelování ložiska uhlí se opírá o výsledky předchozí identifikace a korelace slojí a genetických lávek slojí zastížených 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.).



Obr. 1: Výskyt hlavních uhelných slojí v jihomoravském lignitovém revíru. 1 - dubňanská sloj v jednotném vývoji (A); 2 - dubňanská sloj lávkující (B); 3 - kyjovská sloj; 4 - přibližná linie štěpení sloje; 5 - státní hranice.

2. Uhelné sloje v jihomoravském lignitovém revíru

V jižní části Moravy se vyskytují v sedimentech vídeňské pánve sloje velmi slabě prouhelněného hnědého uhlí označovaného jako lignit. Sloje a slojky lignitu vznikly z rozsáhlých rašelinišť, která se na plochem pobřeží vytvořila v pannonu na závěr vývoje vídeňské pánve. Dvě z těchto slojí – kyjovská a dubňanská – mají hospodářský význam a byly dlouhodobě těženy.

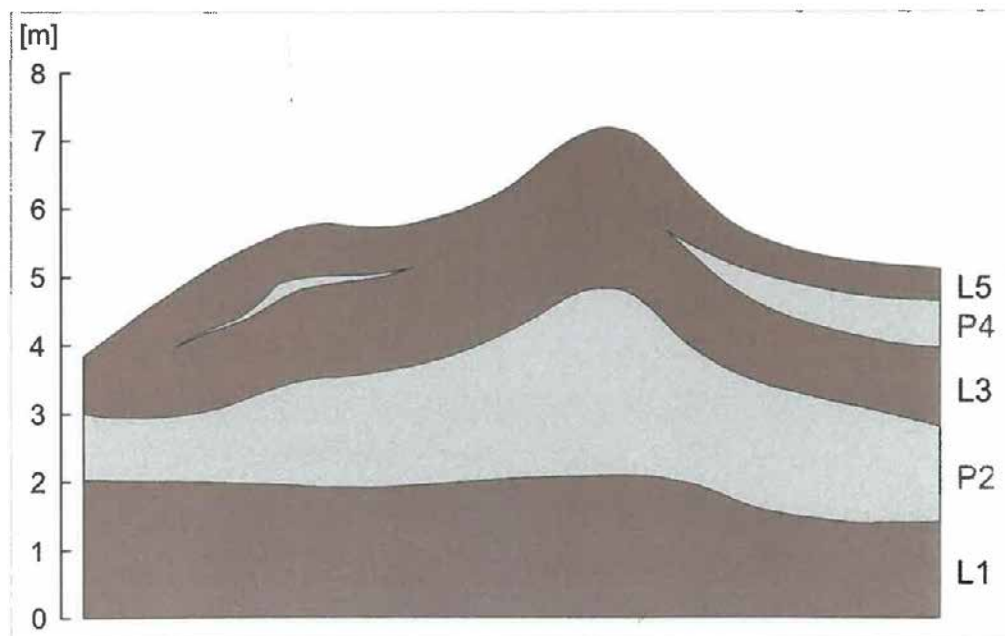
Území s výskytem těchto dvou slojí se označuje jako jihomoravský lignitový revír. Kyjovská sloj se nachází ve dvou dílčích částech: větší hovoransko-kyjovské části a menší kelčansko-domanínské části (obr. 1). Také dubňanská sloj se vyskytuje ve dvou oddělených částech. Ve větší moravské ústřední prohlubni (dále MÚP) je severní část sloje vyvinuta jednotnou genezí, směrem k jihu se štěpí na čtyři uhelné lávky oddělené třemi proplástkami.

Druhou oblastí s dubňanskou slojí je rohatecko-bzenecko-strážnická část (označena dále v textu jen „Bzenecko“). Má elipsovité tvar, protáhlý ve směru JZ – SV. Je 12 km dlouhá a maximálně 5,5 km široká. Dubňanská sloj byla v minulosti dobývána dvěma doly: dolem Jan u Rohatce a dolem Littner v severní části ložiska. Vydobyté plochy na Bzenecku jsou velmi malé.

2.1. Vývoj dubňanské sloje na Bzenecku

Dubňanská sloj je na Bzenecku omezena jednak tektonicky, jednak výchozy, ve východní části vyhluchnutím. Na severu je v západním úseku omezena tektonicky, ve východním úseku výchozy. Na jihu je omezena výchozy, které jsou však zakryty kvartérními sedimenty. Severozápadní okraj je intenzivně tektonicky porušen. Sloj je v centrální části ploše uložena, směrem k okrajům se úklon zvětšuje na 3 až 5°, v nejstrmějších úsecích dosahuje úklon 7 až 8°. Maximální hloubka uložení dubňanské sloje ve střední části ložiska je 160 m.

Sloj se štěpí na tři genetické uhelné lávky označené zdola nahoru L1, L3, L5. Tyto lávky jsou odděleny proplástkami P2 a P4 (viz obr. 2). Proplástek P2 s průměrnou mocností 2 m rozděluje dubňanskou sloj z ložiskového hlediska na dvě slojové lávky: spodní lávkou je genetická lávka L1, svrchní slojovou lávkou tvoří lávky L3 a L5 včetně propláستku P4, který často, zvláště v západní části, vyklišuje. Díky propláستku P2, jehož maximální mocnost zjištěná vrtem je 4,21 m, dosahuje geologická mocnost dubňanské sloje přes 8 m. Místy však i proplástek P2 vyklišuje. Propláستky ve sloji většinou tvoří uheľnatý jíl nebo jíl s uheľnou příměsí, kromě toho je propláстkem i tmavě šedý jíl a slín. Propláстkem P2 může být i zelenošedý jíl, ojediněle písek. Vyskytují se v něm také polohy s hojnou faunou přecházející do lumachely.



Obr. 2: Schematické znázornění vývoje uhelných lávek (L) a propláستků (P) dubňanské sloje na Bzenecku

2.1. Ložiskový průzkum dubňanské sloje na Bzenecku

Od května 1955 do května 1956 se uskutečnil rozsáhlý ložiskový průzkum Bzenecka, při němž bylo vyhloubeno 284 vrtů. Z toho bylo 190 vrtů vyhloubeno systémem counterflush (CF) a 94 vrtů bylo jádrových systému Craelius (CR). V mělkých částech ložiska byly nasazeny CR soupravy, v hlubších částech ložiska soupravy CF. Hustota vrtné sítě byla v severní polovině ložiska 500 x 250 m, v jižní polovině ložiska 250 x 250 m.

Nespornou předností kontinuálního vrtního systému CF s nepřímým výplachem vynášejícím dutými vrtnými tyčemi úlomky hornin a uhlí před jádrovým způsobem byla rychlost vrtního. Vrtání counterflush mělo však řadu nedostatků, které převažovaly nad přednostmi. Největším nedostatkem CF souprav byl nedostatečný zisk hornin z písčitých horizontů a uhlí ze sloje. Při vrtní se ze sloje získávaly drobné úlomky lignitu promíchané s úlomky hornin, ze kterých nebylo možno sestavit spolehlivý profil sloje. Podle velikosti a objemové hmotnosti úlomků uhlí a hornin docházelo při jejich vynášení výplachem k částečné gravitační separaci. Vymezení hranic proplátek a hranic sloje vůči nadloží a podloží tak bylo nepřesné. To mělo nepříznivý vliv na segmentaci sloje pro odběr vzorků k technologickým analýzám. Mocnost a kvalita sloje i proplátek nebyla vždy správně určena.

Ve vrtech CR se pro fyzikálně mechanické vlastnosti lignitu ze sloje získávalo celistvé jádro. To umožňovalo podrobný petrografický popis stavby sloje a správnou segmentaci sloje pro analýzy. Výnos jádra z uhelných poloh ve sloji dosahoval 100 %, nižší výnosy byly u proplátek.

Zkušenosti se zpracováváním archivních materiálů z JLR ukazují, že věrohodnost údajů z různých akcí a z různé doby je velice rozdílná. Systém CF vyžadoval trvalou přítomnost geologa na soupravě a kvalita jeho práce ovlivňovala kvalitu získaných výsledků. V práci jednotlivých geologů lze pozorovat rozdíly také v popisu hornin a uhlí. Každý geolog popisoval horniny individuálním způsobem a měl vlastní subjektivní petrografickou stupnici. Někdo zdůrazňoval např. písčitou složku zrnitostně smíšených hornin, jiný naopak jílovitou.

Při vzorkování se na Bzenecku respektovalo rozdělení sloje proplátkem P2 na dvě

slojové lávky. Z každé lávky, pokud měla mocnost alespoň 0,40 m, byl odebrán jeden vzorek z horní lávky a jeden ze spodní lávky. Jestliže v látce byly dílčí proplátky, prováděl se ve vrtech CF sesyp všech uhelných poloh a z proplátek vzorek odebrán nebyl. U souprav CR se v těchto případech z méně mocných lávek prováděl sesyp, u mocnějších lávek byl vzorek odebrán pouze z nejmocnější polohy.

Velkým problémem bylo znečištění uhelných vzorků pro technologické analýzy. Zvláště ve vrtech CF se v uhelné drti vyskytovalo mnoho přimíšených úlomků hornin. Vzorky uhlí byly znečištěny uhelnatým jílem a jílem z proplátek nebo z nadloží a podloží.

Značný vliv na výsledky technologických analýz mělo také pozdní zpracovávání vzorků v laboratoři. Vzorků bylo mnoho a laboratoře nemohly takové množství vzorků rychle zpracovat. Pro nedostatek uzavíratelných nádob byly vzorky uchovávány v otevřených dokumentačních krabicích po dobu až jednoho roku. To mělo značný vliv především na určení obsahu vody a výhřevnosti.

Všechny výše uvedené skutečnosti přinášely komplikace při vytváření digitálního modelu oblasti.

3. Vstupní data

Z údajů získaných z dostupné dokumentace o průzkumných a těžebních pracích byla v minulosti v rámci projektu „JLR - komplexní studie“ [3] sestavena databáze primárních ložiskových údajů v prostředí programu MS Access. Databáze je složena ze tří souborů formátu MDB [9]. První soubor (označen jako „datový“) obsahuje petrografické profily vrtů a výsledky chemicko-technologických analýz odebraných vzorků. Ve druhém („mapovém“) souboru jsou uloženy především průběhy tektonických poruch, výchozů sloje, erozí ve sloji a dalších odvozených ložiskových dat. Třetí soubor je sestaven z kódovníků využívaných pro uložení dat v prvních dvou souborech.

Modelování sloje vychází z vyhodnocených výpočtových (bilancovaných) mocností sloje ve vrtech, tj. z intervalů stanovených uvnitř geologické (maximální) mocnosti sloje tak, aby byly splněny zadané limitní kvalitativní požadavky. Pro automatizované stanovení těchto intervalů v jednotlivých vrtech z primárních údajů uložených v databázi a na základě zadaného maximálního přípustného průměrného obsahu popela A^d byl v rámci systému IPSHUL08

vytvořen modul BilPol [1]. Stanovené intervaly mocnosti sloje jsou spolu se spočítanými průměrnými hodnotami sledovaných ložiskových atributů touto aplikací uloženy do souboru. V případě lávkujícího vývoje je stanovení údajů k lávkám doprovázeno současným automatickým určením hloubky, mocnosti a průměrných hodnot parametrů sledovaných u dělicích proplástek. Bilancované mocnosti mohou být aplikací BilPol stanoveny variantně podle různé nastavených hodnot maximálního přípustného průměrného obsahu popela (pro modelování slojí v oblasti Bzenecka bylo stanoveno 50, 40, 35 a 30 %). Aplikace BilPol byla přizpůsobena specifickým podmínkám dat z oblasti JLR a umožňuje zpracovat data z různých etap ložiskového průzkumu vyznačujících se odlišnými systémy vzorkování a popisování hornin.

Pro sestavení modelu sloje je nezbytná také představa o tektonické stavbě ložiska. Kompilací dílčích tektonických map jednotlivých ložisek v oblasti JLR, sestavených během druhé poloviny dvacátého století při průzkumných a těžebních pracích, vznikla v rámci projektu „JLR - komplexní studie“ [3] strukturní mapa báze dubňanské a kyjovské sloje. Průběh tektonických poruch z této mapy byl při digitálním modelování v oblasti Bzenecka upraven na základě konfrontace s výsledky získanými při digitálním modelování plochy báze sloje. Přijaté průběhy tektonických poruch, výchozů sloje, příp. erozí, pak byly uloženy v konečné verzi do databáze formou linií, tj. pomocí lokalizačních souřadnic lomových bodů v systému S-JTSK.

4. Postup modelování v oblasti Bzenecka

Jak bylo uvedeno výše, v oblasti Bzenecka se sloj rozděluje na tři uhelné lávky označené v rámci modelování zdola nahoru L1, L3, L5, oddělené proplástkami P2 a P4. 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 – jednak celkově dubňanská sloj

(ds), jednak jednotlivé uhelné lávky (L1, L3 a L5) a proplástky (P2 a P4). 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 laboratorní údaje byly získávány z různých typů vzorků (segmenty, sesypy, sesypy segmentů, kontrolní analýzy apod.) a v některých případech byly části sloje analyzovány duplicitně.

Vlastní identifikaci a korelaci uhelných slojí provádí ložiskový geolog na základě svých zkušeností a představ. Jako podklady mu slouží různé grafické výstupy vytvořené na základě údajů ložiskové databáze, například petrografické profily vrtů a detaily slojí. Tyto výstupy jsou vykreslovány jedním z modulů programového systému IPSHUL08 na základě klasifikace hornin, přechodných hornin a uhlí, včetně způsobu jejich grafické reprezentace tak, jak je popsal Honěk et al. [4].

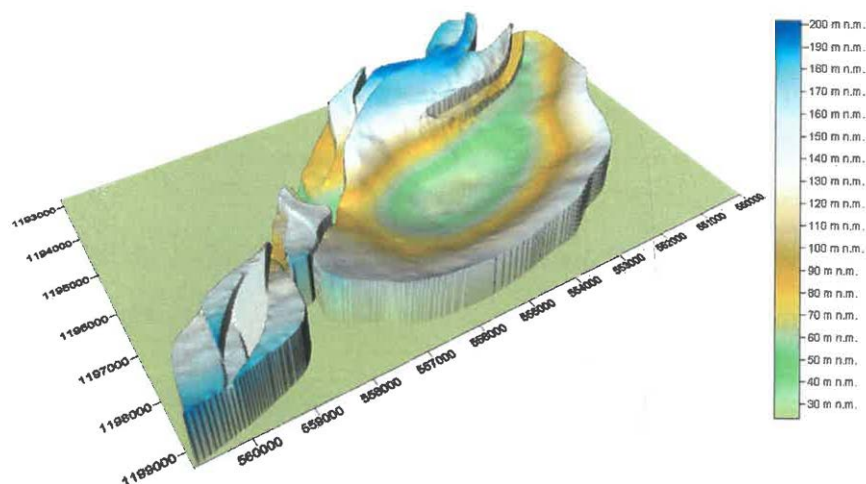
V rámci uhelných geologických horizontů byly v jednotlivých průzkumných dílech prováděny s pomocí modulu IPSHUL08 výběry bilancovaných poloh podle limitního maximálního obsahu popela A^d postupně 50 %, 40 %, 35 % a 30 % a zjišťování průměrných hodnot dalších ložiskových parametrů (mocnost [m], A^d - obsah popela v bezvodém stavu paliva [%], Q_i^r - výhřevnost v původním stavu paliva přepočtená na jednotný stav veškeré vody $W_i^r = 45$ % [MJ.kg⁻¹], S_i^d - obsah veškeré síry v bezvodém stavu paliva [%], As^d - obsah arsenu v bezvodém stavu paliva [g.t⁻¹], Q_s^{daf} - spalné teplo hořlaviny v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva [MJ.kg⁻¹], V^{daf} - obsah prchavé hořlaviny v hořlavině v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva [MJ.kg⁻¹]) v těchto polohách. Výsledky výběru bilancovaných poloh jsou 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).

JLR lze rozdělit podle linií hlavních tektonických poruch a jiných přirozených omezení sloje do několika částí, ve kterých se dá předpokládat kvazihomogenita náhodného pole sledovaných atributů ložiska. Zpracování jak geologického modelu ložiska, tak bilancovaných modelů ložiska probíhá v programu IPSHUL08 po těchto částech, po tzv. „krách“. Jednou z nich je i oblast Bzenecka (v obrázcích a tabulkách označena jako „kra_102“). Tvorba obvodových

polygonů jednotlivých ker se provádí v hlavním modulu IPSHUL08 z linií (nebo jejich částí) uložených v mapové databázi, případně je možná i doplňující digitalizace bodů obvodového polygonu.

Uvnitř jednotlivých ker se vyskytují tektonické poruchy, které je nutno respektovat při modelování prostorového průběhu báze jednotné sloje. Proces modelování báze sloje, vycházející z údajů o bázi sloje v jednotlivých vrtech, je iterační [9], provádí se s pomocí hlavního modu-

lu IPSHUL08 a je ukončen uživatelem po dosažení jeho představy. Na obr. 3 je výsledný průběh báze dubňanské sloje v oblasti Bzenecka. Výsledný grid báze sloje (hustota sítě je 20×20 m) slouží následně pro vymezování bloků zásob v důsledku tektonického porušení a pro vytváření geologických řezů ložiskem (jednotlivé vrstvy – uhelné lávky a dělicí proplástky – se přidávají na grid báze). Gridy všech sledovaných atributů ve všech vrstvách se vytvářejí ve stejné topologii jako grid báze sloje (viz dále).



Obr. 3: 3D mapa báze sloje.

4.1. Zpracování jednotlivých vrstev

Při zpracování sledovaných atributů každé vrstvy geologického modelu (sloje jako celku, uhelné lávky nebo dělicího proplástku) i bilancovaných modelů (uhelné lávky nebo dělicího proplástku) se prvotně provede statistický rozbor vstupních údajů, především studium charakteru statistické distribuce vstupních dat. Na základě správného popisu distribuce se volí další metody zpracování. Je známým faktem, že empirické distribuce většiny veličin popisujících geologická tělesa nevyhovují běžně uvažovanému normálnímu rozdělení, ale že mají distribuci asymetrickou. Přitom je však normální distribuce základní podmínkou použití mnoha matematických postupů.

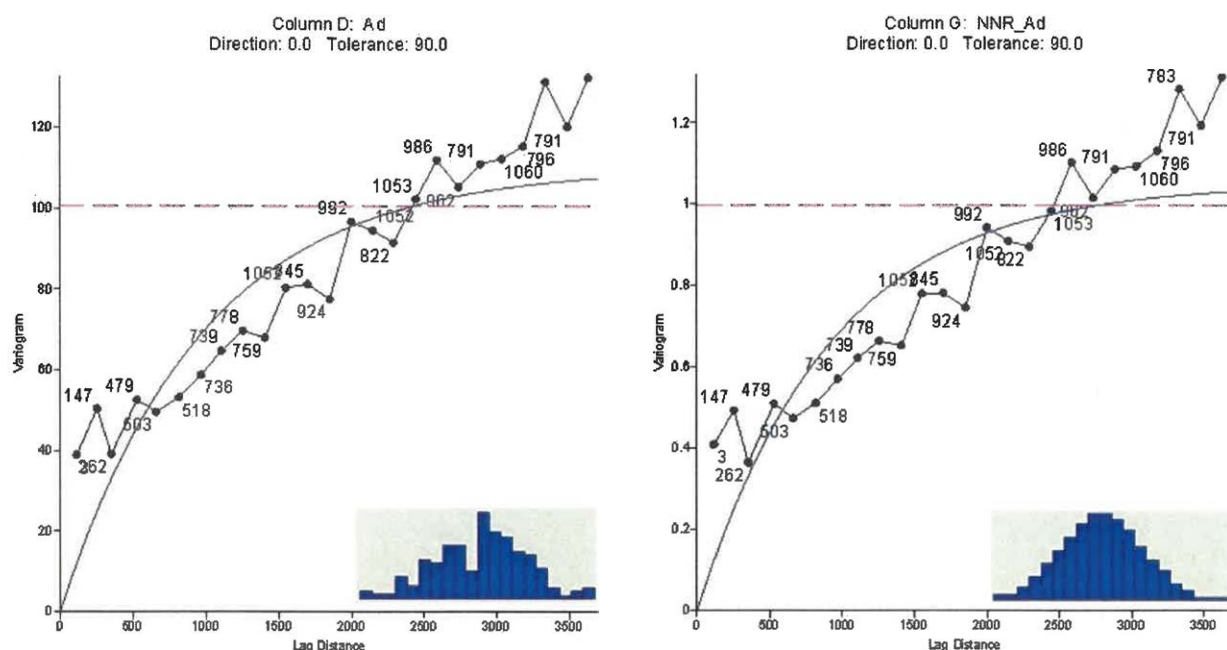
V procesu modelování každého atributu všech vrstev jsou z nepravidelně rozmístěných průzkumných bodů interpolovány hodnoty jednotlivých ložiskových atributů do pravidelné sítě bodů – tzv. gridu. Jelikož se jedná o lineární matematické postupy, je nezbytné, aby vstupní údaje byly rozloženy normálně. Statistickým testem dobré shody Kolmogorova – Smirnova je indikováno, zda vstupní soubor dat vyhovuje normální distribuci či nikoli. V IPSHUL08 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 [2].

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 (viz obr. 4). 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 (lávky sloje) pro tvorbu odpovídajících gridů. Výběr interpolační metody má značný vliv na výsledný model ložiska a tím i na množství vypočtených zásob suroviny. Systém IPSHUL08 využívá pro gridování programové objekty Grid programu Surfer. K usnadnění výběru vhodné interpolační metody se využívá modul BUMERANG07 (metoda cross validation), do nějž může 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 (inver-

ních vzdáleností, krigování, plochy minimální křivosti aj.), navíc každá z nich může mít variantně nastaveny parametry výpočtu.



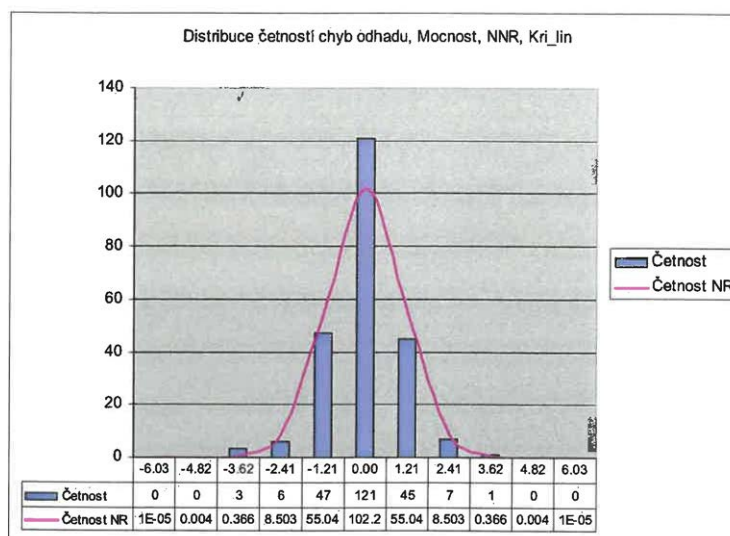
Obr. 4: Experimentální variogramy obsahu popela A^d s exponenciálním teoretickým modelem variogramu se znázorněním distribuce hodnot – původní vstupní hodnoty (vlevo) a převedené do NNR (vpravo).

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. 5). Vybranou metodou se auto-

maticky vypočte grid zpracovávaného atributu (postupně všechny sledované atributy ve všech vrstvách geologického modelu i všech modelů bilancovaných) v oblasti kry (mimo vytěžené prostory a oblasti eroze), který se dále používá v procesu modelování ložiska.

Tabulka 1: Tabulka s výsledky testování interpolačních metod pomocí metody cross-validation pro mocnost.

Pořadí metody:	Název metody:	Číslo metody:	Střední kvadratická chyba odhadu:	Střední chyba odhadu:	Rozptýl. chyba odhadu:	Koeficient asymetrie chyb odhadu:	směrodatná odchylka chyb odhadu:
1	NNR, Kri. lin	14	1.048268872	-0.018464382	1.047927938	-0.342670922	1.023683515
2	Kri. lin	1	1.061668999	-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	1.113403688	-0.031108838	1.11243592	-0.755975839	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 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_exp_nug.srf	10	1.170183387	-0.005139183	1.170156976	-0.419852455	1.081737942
8	NNR, ID3 aniz.	21	1.179344684	-0.026140858	1.17866154	-0.561873517	1.085661796
9	NNR, Model6, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_exp_NNR.srf	22	1.179610884	-0.022061062	1.179124193	-0.348083714	1.085874852
10	NNR, Model7, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_exp_nug_NNR.srf	23	1.180357332	-0.011008442	1.180236146	-0.697041701	1.086386739
11	Model4, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_power.srf	12	1.184579414	-0.004562164	1.1845586	-0.487411702	1.088374292
12	NNR, Model10, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_sfer_NNR.srf	26	1.186074323	-0.024613409	1.185468503	-0.266535297	1.089792222
13	NNR, Model9, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_power_NNR.srf	25	1.186984448	-0.010535121	1.186873459	-0.701614576	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 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_pentafier_NNR.srf	24	1.213508871	-0.024089565	1.212928564	-0.226276795	1.101330361
17	Model1, C:\Grant05 nVPSHUL 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	1.244968846	-0.740446984	1.115790682
19	Model3, C:\Grant05 nVPSHUL 2008\Bumerang\Mocnost_pentafier.srf	11	1.255525209	-0.010929315	1.255405759	-0.004015575	1.120448909
20	Model5, C:\Grant05 nVPSHUL 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	0.006959874	1.343434647	-0.658963212	1.159066282
24	NNR, ID1 aniz.	19	1.349363305	0.010520202	1.349250516	-0.674113518	1.161572432
25	NNR, PMK	18	1.454987452	-0.020141912	1.454581756	-0.671194079	1.206060428
26	PMK	5	1.464321461	0.001432686	1.464319408	-0.651651493	1.210090661



Obr. 5: Histogram četností chyb pro mocnost (hodnoty převedeny do NNR) a metodu kriging s lineárním teoretickým modelem variogramu včetně srovnání s normální distribucí.

Následuje detailní výpočet zásob v blocích podle platných podmínek využitelnosti, přitom se bloky ve shodě s horním zákonem (zákon č. 44/1988 Sb.) dělí podle :

- Podmínek využitelnosti (dále v textu jen „bilančnosti“) na:
 - B - bilanční zásoby,
 - PB - podmíněně bilanční zásoby,
 - N - nebilanční zásoby,
 - PL - podlimitní zásoby (části sloje, ve kterých nelze stanovit bilanční nebo nebilanční zásoby).
- Přípustnosti k dobývání (dále v textu jen „vázanosti“) na:
 - VO - zásoby volné,
 - VA - zásoby vázané.
- Stupně prozkoumanosti na:
 - PROZ – prozkoumané zásoby,
 - VYH - vyhledané zásoby,
 - PROG - prognózní zásoby (prognózní zdroje),
 - NEZ - nezařazené zásoby (části sloje, ve kterých nebyly stanoveny vyhledané nebo prozkoumané zásoby, ani prognózní zdroje).

Poznámka: V zájmu jednotného označování jsou všechny části sloje v modelu označovány jako zásoby, i když se o skutečné „zásoby“ nejedná (podlimitní, prognózní a nezařazené zásoby).

Skupina podmíněně bilančních zásob, která se v současné době nepoužívá, byla zařazena do systému proto, aby bylo možno prová-

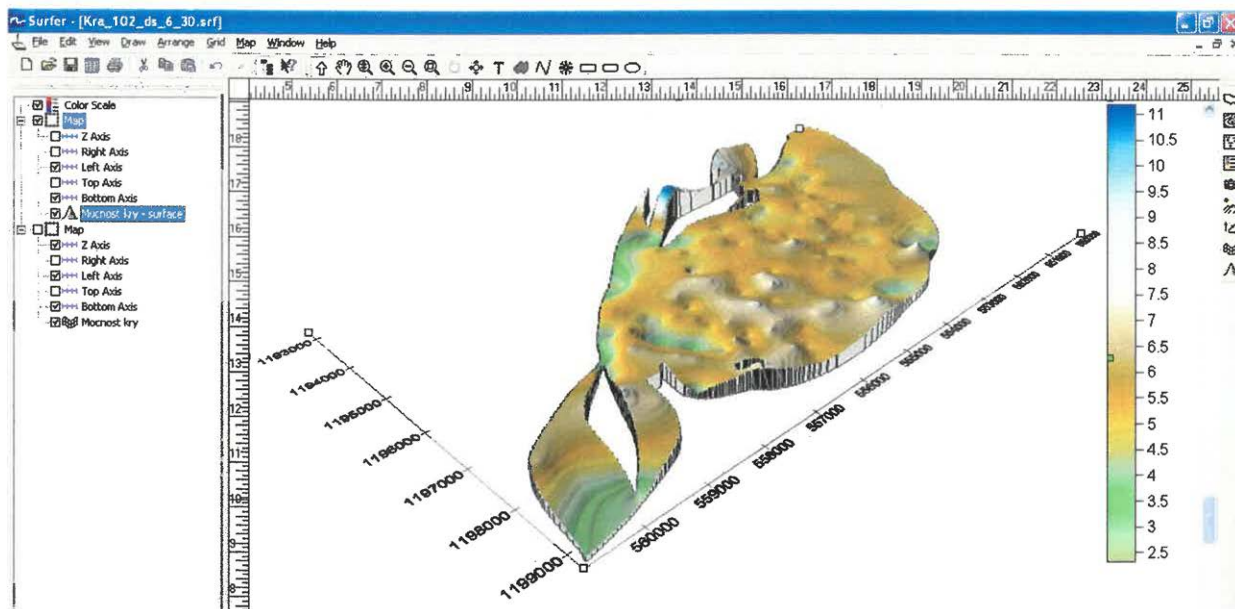
dět přepočty zásob uhlí i podle v minulosti používaných podmínek využitelnosti označovaných jako kondice. V některých kondicích (dělených na obecné a zvláštní) byla podle limitních hodnot kondičních parametrů vydělena i skupina podmíněně bilančních zásob mezi zásobami bilančními a nebilančními. Systém byl dále rozšířen o kategorii „podlimitních zásob“, která nepředstavuje skutečné zásoby uhlí. Je to ta část ložiska (uhelné sloje), která nesplňuje limitní hodnoty parametrů pro určení alespoň nebilančních zásob.

Hodnoty limitních parametrů podmínek využitelnosti lze libovolně měnit a tím vznikají postupně různé varianty výpočtu. V projektu byly aplikovány dvě varianty podmínek využitelnosti:

- 1. varianta: mocnost bilanční - 1.5 m; mocnost nebilanční - 1 m; obsah popela bilanční - 30 %; obsah popela nebilanční - 45 %
- 2. varianta: mocnost bilanční - 1.5 m; mocnost nebilanční - 1 m; obsah popela bilanční - 40 %; obsah popela nebilanční - 60 %.

Koeficienty regresní závislosti pro stanovení objemové hmotnosti d_a^r na základě obsahu popela A^d byly stejné pro obě varianty výpočtu:

$$d_a^r = \frac{1}{0.869734 - 0.003326 \cdot A^d} \quad [\text{g.cm}^{-3}].$$



Obr. 6: 3D zobrazení mocnosti sloje [m].

Tabulka 2: Průměrné charakteristiky geologického modelu dubňanské sloje v oblasti Bzenecka.

Interaktivní Programový Systém pro aplikaci moderních metod Hodnocení Uhelných Ložisek
(Projekt GA ČR 105/06/1264)

Datum zpracování: 18.9.2008

Celkové ukazatele v tektonické kře Kra_102, vrstva ds

34385200 m² je plocha

189225999 m³ je objem

5.5 m je průměrná mocnost

55.91 % je průměrný obsah popela

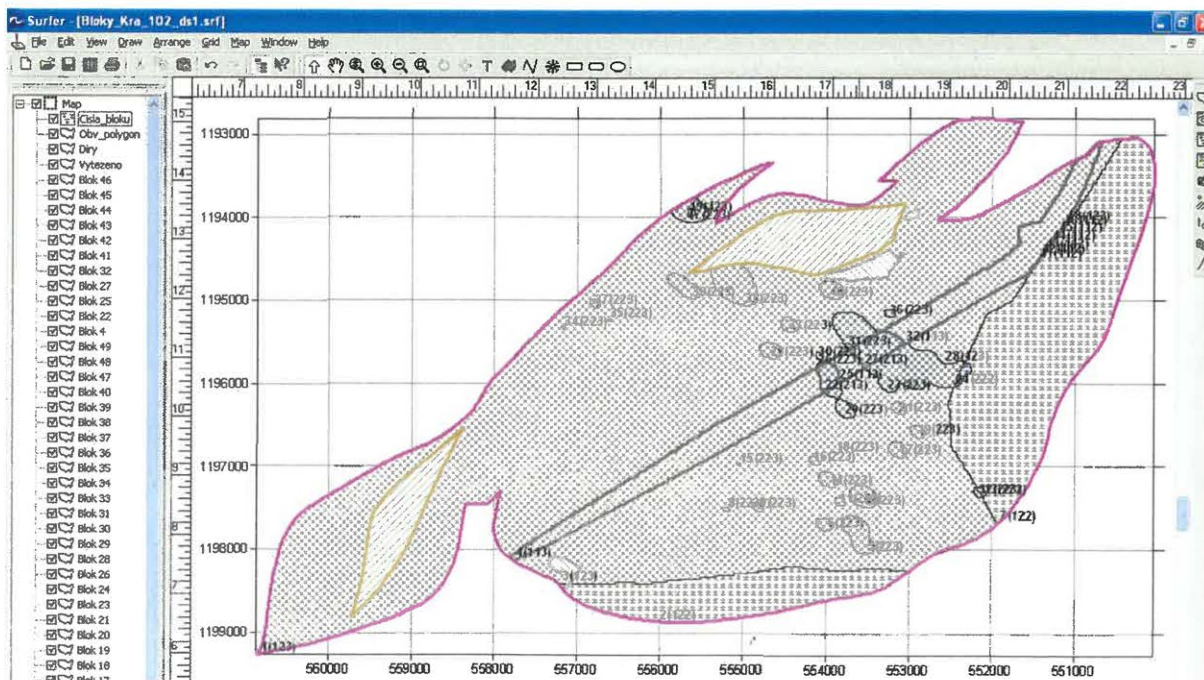
4.23 MJkg⁻¹ je průměrná výhřevnost

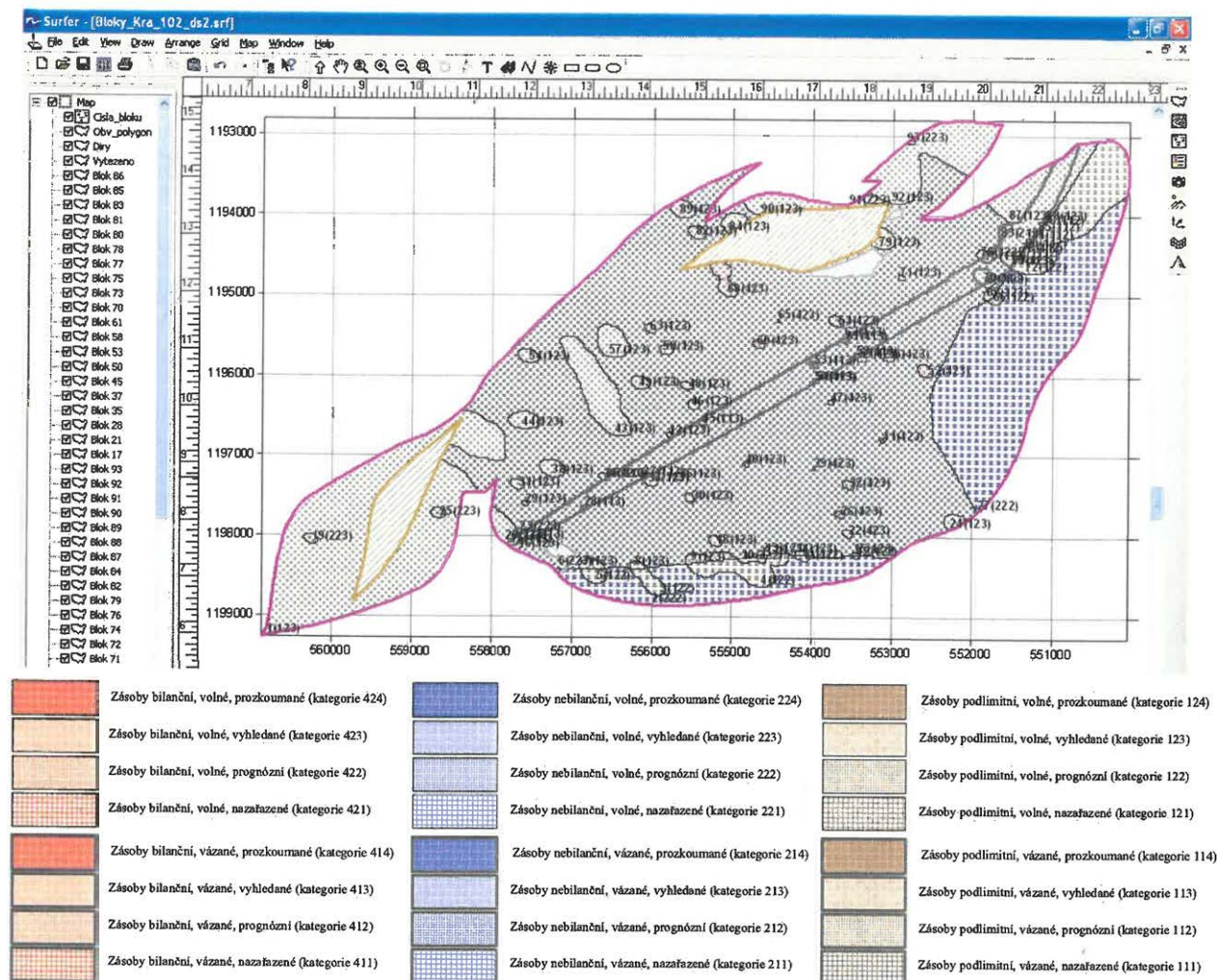
2.36 % je průměrný obsah síry

- průměrný obsah arzenu nebyl stanoven

25.58 MJkg⁻¹ je průměrné spalné teplo

62.48 % je průměrný obsah prchavé hořlaviny





Obr. 7: Mapa zásob lignitu pro variantu 1 podmínek využitelnosti (nahore) a pro variantu 2 podmínek využitelnosti (dole).

Tato regresní závislost, stanovená při přepočtu zásob lignitu v dobývacím prostoru Dubňany v roce 1975, se od tohoto roku používá jednotně při všech výpočtech nebo přepočtech zásob lignitu ve všech částech JLR včetně oblastí s kyjovskou slojí.

Výsledkem výpočtu každé varianty podle zadáných podmínek využitelnosti je odpovídající mapa zásob. Přitom se automaticky vytvářejí jednotlivé bloky zásob podle typu bilančnosti, přípustnosti k dobývání a stupně prozkoumanosti. Na obr. 7 je mapa zásob pro variantu 1 a pro variantu 2 podmínek využitelnosti.

Programem pro generování výstupních sestav Vyst_sest se pro každou variantu vytvoří v prostředí MS Excel sedm výstupních textových sestav v různém členění. V tabulce 3 je část přehledu zásob lignitu v jednotlivých geologických blocích.

Postupem popsáním v části 4.1 byly zpracovány u geologického modelu jednotná dubňanská sloj a uhelné lávky L1, L3 a L5. U bilančovaných modelů M50, M40, M35 a M30 byly zpracovány uhelné lávky L1, L3 a L5. U všech modelů se pak pro dělicí proplástky P2 a P4 opakuje popsáný postup (pouze pro mocnost a A^d) mimo detailního výpočtu zásob v blocích podle podmínek využitelnosti.

Tento článek byl vypracován za finanční podpory Grantové agentury České republiky v rámci projektu č. 105/06/1264.

Tabulka 3: Přehled zásob uhlí - základní evidenční sestava bloků (část), varianta 1.

Základní evidenční sestava bloků

IPSHUL_08

Projekt GA ČR 105/06/1264

Detailní výpočet zásob ve kře Kra_102_ds, sloj ds, varianta 1

Datum zpracování: 17.9.2008

Blok	Druh zásob	Skupina zásob	Prozkoumanost	Plocha	Mocnost	Obsah popela	Kód MK	Obsah síry	Kód MK	Objemová hmotnost	Výhřevnost	Kód MK	Obsah arzeny	Kód MK	Spalné teplo	Kód MK	Obsah prchavé hořlaviny	Kód MK	Geologické zásoby
				m ²	m	%		%		g.cm ⁻³	MJ.kg ⁻¹		g.t ⁻¹		MJ.kg ⁻¹		%		kt
1	PL	VO	VYH	16066800	5.32	58.20	58	2.38	23	1.479	3.87	03	-	-	25.36	25	62.58	62	126512.460
2	PL	VO	PROG	1654400	5.91	59.07	59	2.13	21	1.485	3.74	03	-	-	25.76	25	62.56	62	14513.216
3	PL	VO	VYH	7614000	5.71	52.75	52	2.28	22	1.440	4.73	04	-	-	25.79	25	62.35	62	62614.074
4	PL	VA	VYH	1033600	6.00	55.58	55	2.18	21	1.460	4.28	04	-	-	25.51	25	62.01	62	9048.363
5	N	VO	VYH	111600	5.55	42.51	42	2.34	23	1.373	6.34	06	-	-	26.10	26	61.50	61	850.311
...																			
48	PL	VO	VYH	109600	5.27	65.04	65	2.45	24	1.530	2.88	02	-	-	25.72	25	63.19	63	884.114
49	B	VO	VYH	5200	4.37	29.11	29	2.55	25	1.294	8.39	08	-	-	26.18	26	60.06	60	29.387
Součet:				34385200															276568.040
Průměrné hodnoty:					5.50	55.79	55	2.37	23	1.462	4.25	04	-	-	25.58	25	62.48	62	

B - bilanční zásoby
 PB - podmíněně bilanční zásoby
 N - nebilanční zásoby
 PL - podlimitní zásoby

VO - zásoby volné
 VA - zásoby vázané

PROZ - prozkoumané zásoby
 VYH - vyhledané zásoby
 PROG - prognózní zásoby
 NEZ - nazařazené zásoby

7. Literatura

- [1] Deutsch, C. V.: Geostatistical Reservoir modeling. Oxford university press, Oxford, 2002, 376 pp.
- [2] Honěk, J., et al.: Jihomoravský lignitový revír – komplexní studie. Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2001, ročník XLVII, řada hornicko - geologická, monografie 3, 272 pp.
- [3] Honěk, J., Hoňková, K., Jelínek, J., Staněk, F.: Univerzální systém hodnocení a grafického zobrazení hornin, přechodných hornin a uhlí. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2003, ročník XLIX, řada hornicko-geologická, monografie 9, p. 69 - 92.
- [4] Staněk, F.: Programové řešení Interaktivního programového systému pro aplikaci moderních metod hodnocení uhelných ložisek a jejich dílčích částí v komplikovaných podmínkách. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, 2006, ročník LII, řada hornicko-geologická, monografie 16, p. 39 - 71.
- [5] Staněk, F., Jelínek, J., Honěk, J., Hoňková, K.: Metodické postupy v interaktivním programovém systému pro aplikaci moderních metod hodnocení uhelných ložisek a jejich dílčích částí v komplikovaných podmínkách. In Zpravodaj Hnědé uhlí, VÚHU Most, 4, 2005, s. 23-38. ISSN 1213-1660
- [6] Staněk, F., Honěk, J., Hoňková, K., Jelínek, J.: Interactive program system for application of modern evaluation of coal deposits and their parts under complicated conditions. Acta Montanistica Slovaca, 11 (2006), 1, Košice, 2006, p. 50 - 59. <http://actamont.tuke.sk/pdf/2006/n1/9stanek.pdf>
- [7] Staněk, F., Honěk, J., Hoňková, K.: Jihomoravský lignitový revír a postup tvorby jeho digitálního modelu. Acta Montanistica Slovaca, 12 (2007), 3, Košice, 2007, p. 255 - 264. <http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/n3/14stanek.pdf>
- [8] Staněk, F., Jelínek, J., Honěk, J., Hoňková, K.: Modelling of The Dubňany Lignite Seam Base in The Moravian Central Depression (The Czech Part of The Vienna Basin). In GeoScience Engineering, Volume LIV (2008), No.3, s. 14-25.