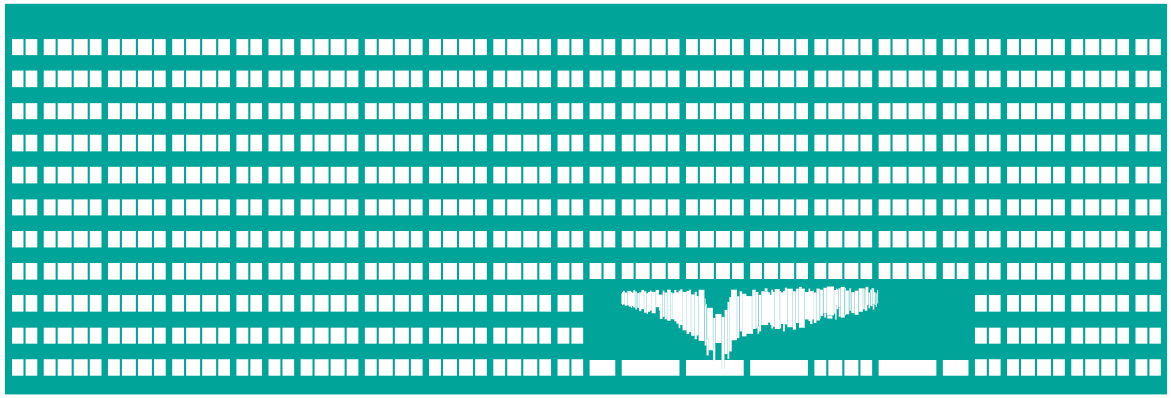
Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ
Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

GeoMAP

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

VSB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA



www.vsb.cz

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | HORNICKO GEOLOGICKÁ FAKULTA | INSTITUT ČISTÝCH TECHNOLOGIÍ TĚŽBY A UŽITÍ ENERGETICKÝCH SUROVIN

1. partnerský wokrkshop projektu GeoMAP/1. Partnerworkshop im Projekt GeoMAP

Metody evidence a hodnocení geologických, hydrogeologických, ekologických a geotermických dat ve vytěžených krajinách a jejich zpracování formou 3D modelů v Mosteckém hnědouhelném revíru

/

Methoden zur Erfassung und Bewertung von geologischen, hydrologischen, umweltrelevanten und geothermischen Daten in Bergbaufolgelandschaften und deren Verarbeitung in 3D-Modellen im Braunkohlentagebau Most

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede. Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020

GeoMAP

Úvod do problematiky jezera Most
Einführung zu den Problem am Moster See

Jiří Mališ

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede. Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020

GeoMAP

1 Úvod

Těžba nerostných surovin má „negativní“ dopady na krajinu.

Těžba uhlí je proti těžbě jiných surovin výjimečná svým rozsahem. Důvody jsou praktické – energetika, i historické – orientace ekonomiky na těžký průmysl do r. 1990.

Dopady těžby uhlí na krajinu:

Změny reliéfu – výsypky, odvaly, deprese, poklesové kotliny

Změny hydrosféry – kontaminace povrchových toků i zvodní, změny vodního režimu

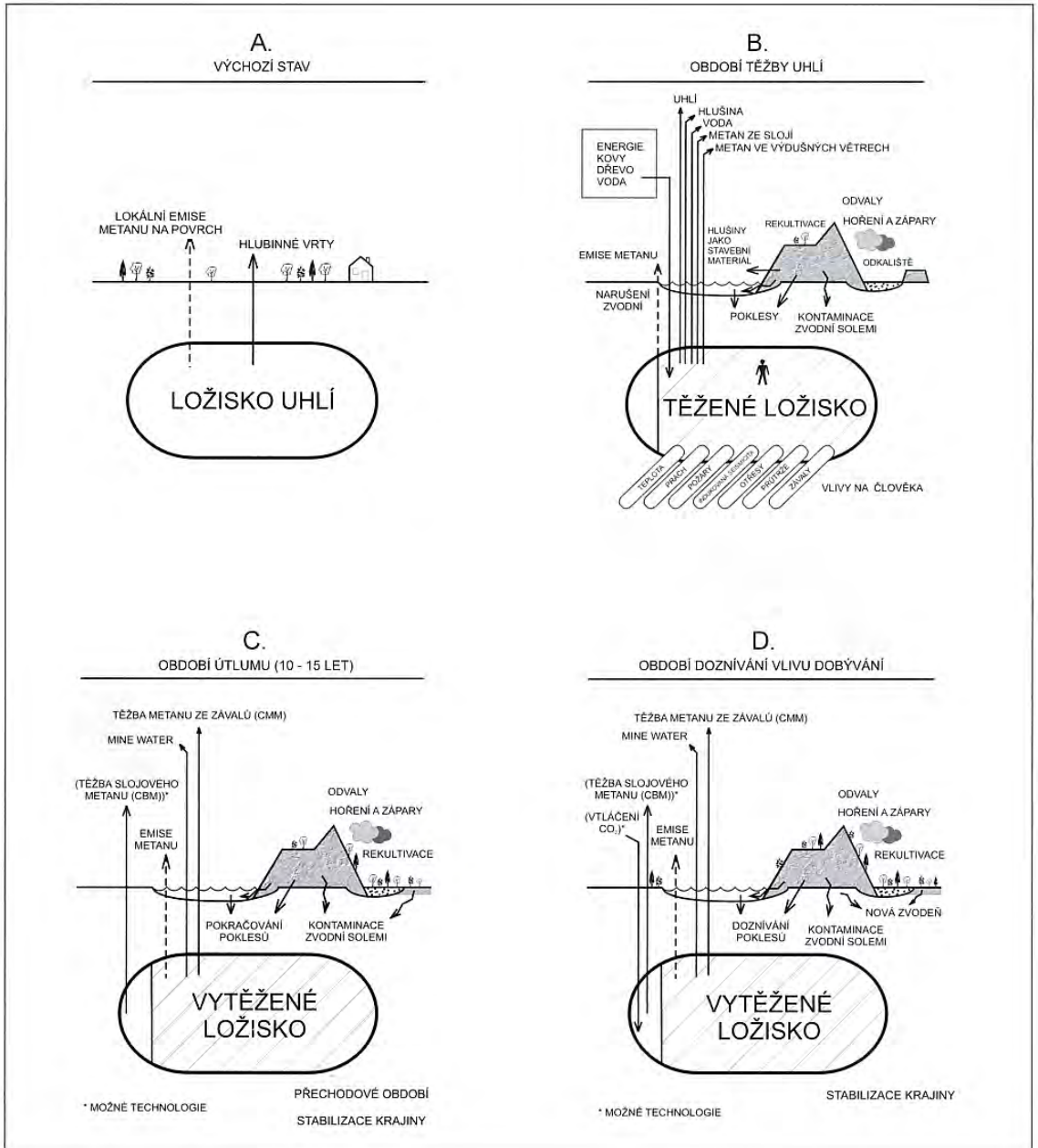
Ovlivnění biosféry – zánik biotopů, změny biocenóz, šíření invazních druhů

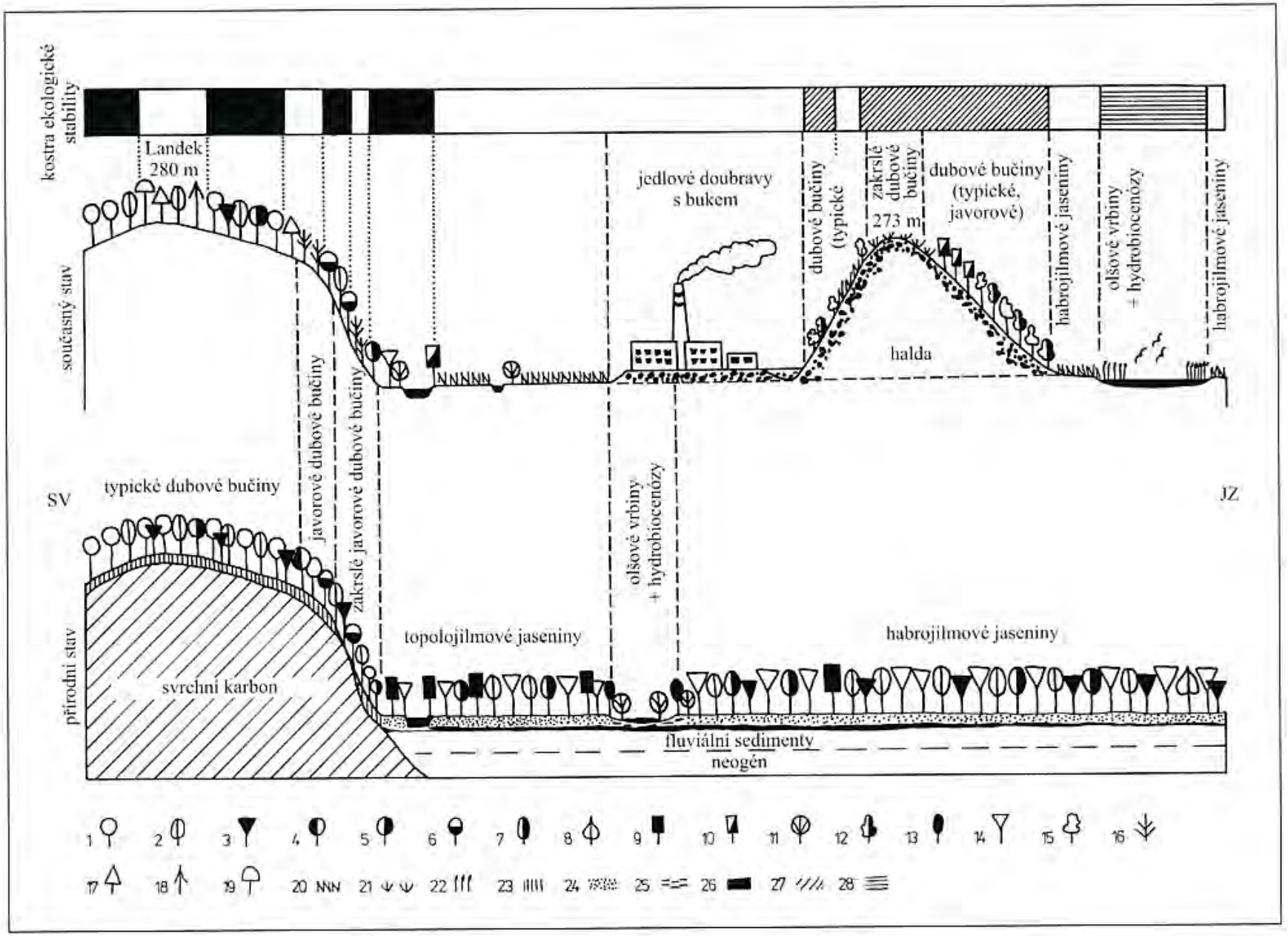
Rozdíly mezi SHR a OKR.

Po ukončení těžby nastává revitalizace krajiny – přirozená sukcese a technická rekultivace.

Úvod

Uhelné ložisko – vývoj ložiska od zahájení těžby do doznění vlivu hornické činnosti.





Změny biocenóz v hornické krajině

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | HORNICKO GEOLOGICKÁ FAKULTA | INSTITUT ČISTÝCH TECHNOLOGIÍ TĚŽBY A UŽITÍ ENERGETICKÝCH SUROVIN

2 Historie lomu Most - Ležáky

Lokalizace

- Samotný lom se nacházel v centrální části severočeské hnědouhelné pánve severně od města Mostu.
- Je ohraničen koridorem inženýrských sítí pod vrchem Hněvín, ze severozápadní strany koridorem tratí ČD, z jihovýchodní strany výsypkou. Severní stranu lomu omezuje vlastní hrana lomu a výsypka Růžodol s koridorem sítí Chemopetrolu a.s..

Lokalizace

Růžodol
25
Venuše
3106
býv. Kopisty
Bílina
135
PP Kopistská výsypka
jezero Most
3113
Starý Most
27
25
hřbit.
hvězd.
Souš
přemístěný kostel
Autodrom Most
rozhl. Hněvín
3112
Vinice
3107
Rudolice
Chanov

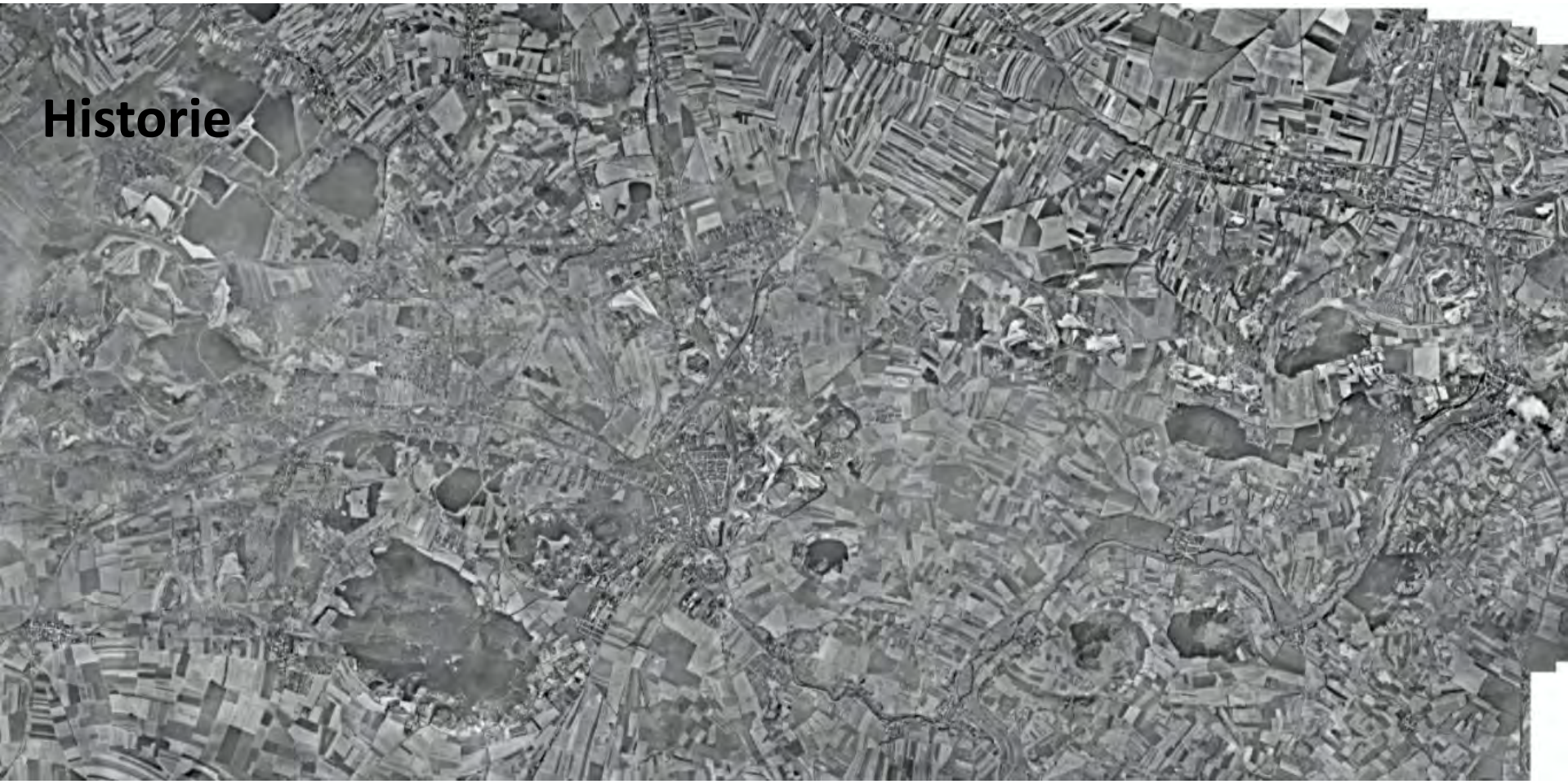
Historie

- Historie těžby na této lokalitě se datuje od roku 1926. (první záznamy již z roku 1762).
- Zpočátku hlubinná těžba dolem Evžen byla v padesátých letech nahrazena povrchovým způsobem dobývání s malostrojovou technikou lomem Venuše a Evžen a po druhé světové válce lomem Ležáky a Most.

Historie

Počátky těžby na lomu Richard

Historie



- Ortofotomapa z roku 1938

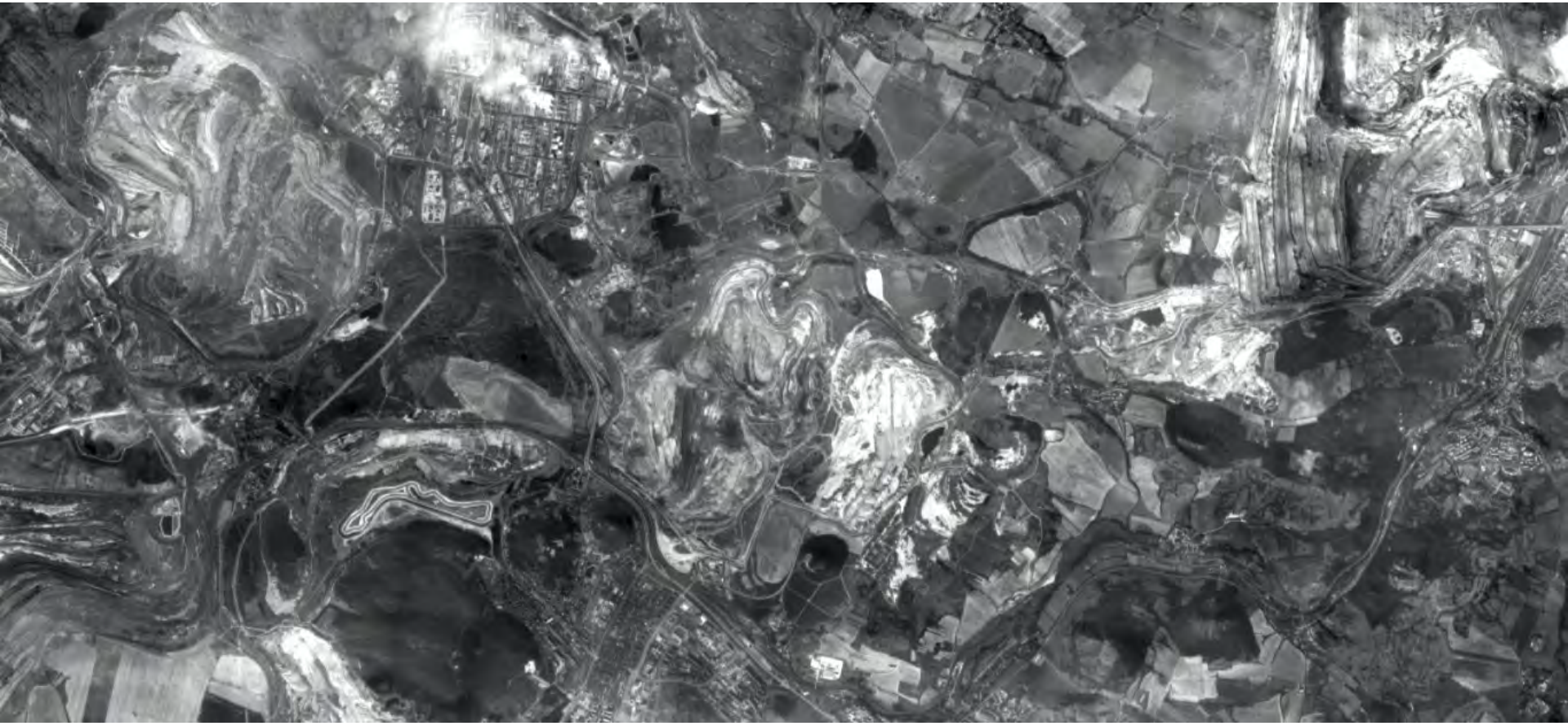
Historie

- V šedesátých letech byla používána technologie s využitím rýpadel s objemem lžíce 2,5 m^3 ve spojení s kolejovou dopravou o rozchodu 900 mm. Kolejový provoz byl ukončen v roce 1988.
- Lom byl v 70. a 80. letech rekonstruován. Nová technologie umožnila výrazně zvýšit těžební kapacitu.
- V roce 1971 byla zahájena těžba v pilíři samotného města Most. Podmínkou byla postupná likvidace historické části města (o likvidaci rozhodl ÚV KSČ v roce 1962).

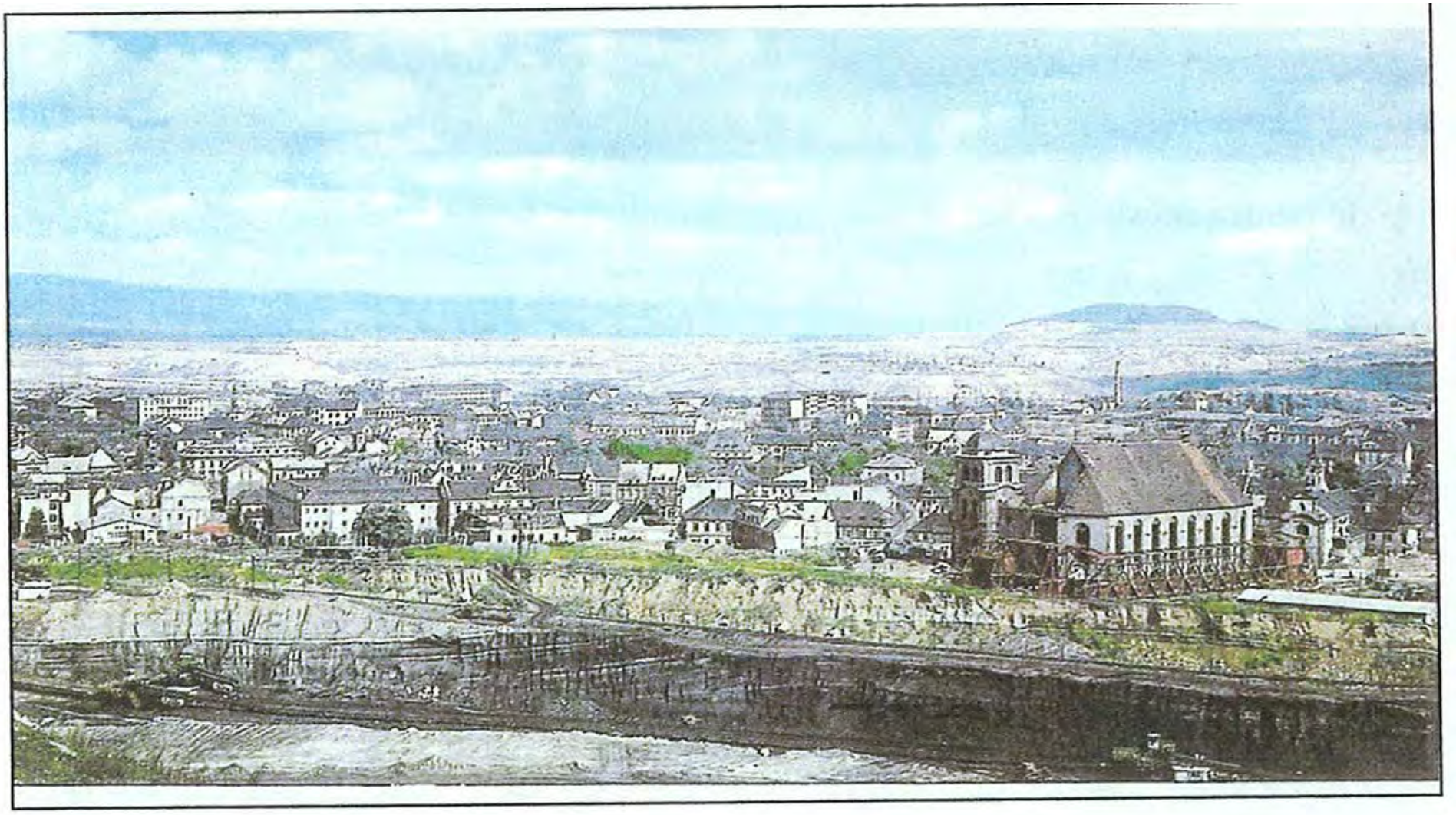
- Ortofotomapa z roku 1964

Historie

- Zeminy z lomu byly ukládány na vnější výsypky a do vyuhlených zbytkových jam. Postupně takto vznikly výsypky nacházející se v okolí vrchu Špičák a z jeho jižní strany výsypka Rudolice a ze severní strany výsypka Střimice.
- Uhelný lom měl délku cca 1 000 m, orientován severojižním směrem a zaujímal plochu cca 70 ha.



- Ortofotomapa z roku 1987



Před branami kostela

Historie

- Ke konci roku 1994 schválilo představenstvo a.s. záměr na ukončení těžby na lokalitě Ležáky.
- Předpokladem pro možnost financování procesu útlumu z prostředků vyčleněných pro tento účel státním rozpočtem bylo zpracování technického projektu likvidace.
- Tento projekt byl vypracován ve variantách a předložen k oponentnímu posouzení a poté schválen ministerstvem průmyslu a obchodu ČR ve variantě zatopení zbytkové jámy.

3 Hydrická rekultivace

Varianty rekultivace

- Zasypání zbytkové jámy na původní úroveň

➢ Zpětné odtěžení výsypek

➢ Doba trvání 35 – 100 let

➢ Hluk, prašnost, likvidace rekultivačních porostů, cena

Základní charakteristiky u zvažovaných tří alternativ likvidace

Varianty	suchá	hluboká	projektová
Hloubka vody	10 m	88 m	59 m
Plocha hladiny	19,5 ha	429,0 ha	325,0 ha
Objem vody	1 mil. m^3	197 mil. m^3	72 mil. m^3

Varianty rekultivace

- Suchá varianta

- Utěsnění uhelné sloje, dna jámy, chodeb
- Vytvoření retence o výměře 19,5ha na kótě 150 m n.m.
- Maximální hloubka 10 m
- Objem vody 1,2 mil m^3

Varianty rekultivace

- Hluboká varianta

- Průtočné jezero s úrovní hladiny 228 m n.m.
- Plocha 429 ha
- Objem 197 mil m^3
- Doba plnění 5-9 let

Varianty rekultivace

- Projektová varianta

- Dotvarování zbytkové jámy
- Poldry, pláže, zatravněné plochy
- Plocha jezera 325ha
- Úroveň hladiny 199 m n. m.
- Objem vody 72 mil m^3

4 Popis technických prací při rekultivaci

Dílčí činnosti

- Těsnění dna budoucího jezera
- Stavba břehové linie
- Podzemní těsnící stěna
- Stavba přivaděče vody

Dílčí činnosti

- Těsnění dna budoucího jezera
- Stavba břehové linie

Těžba těsnících materiálů

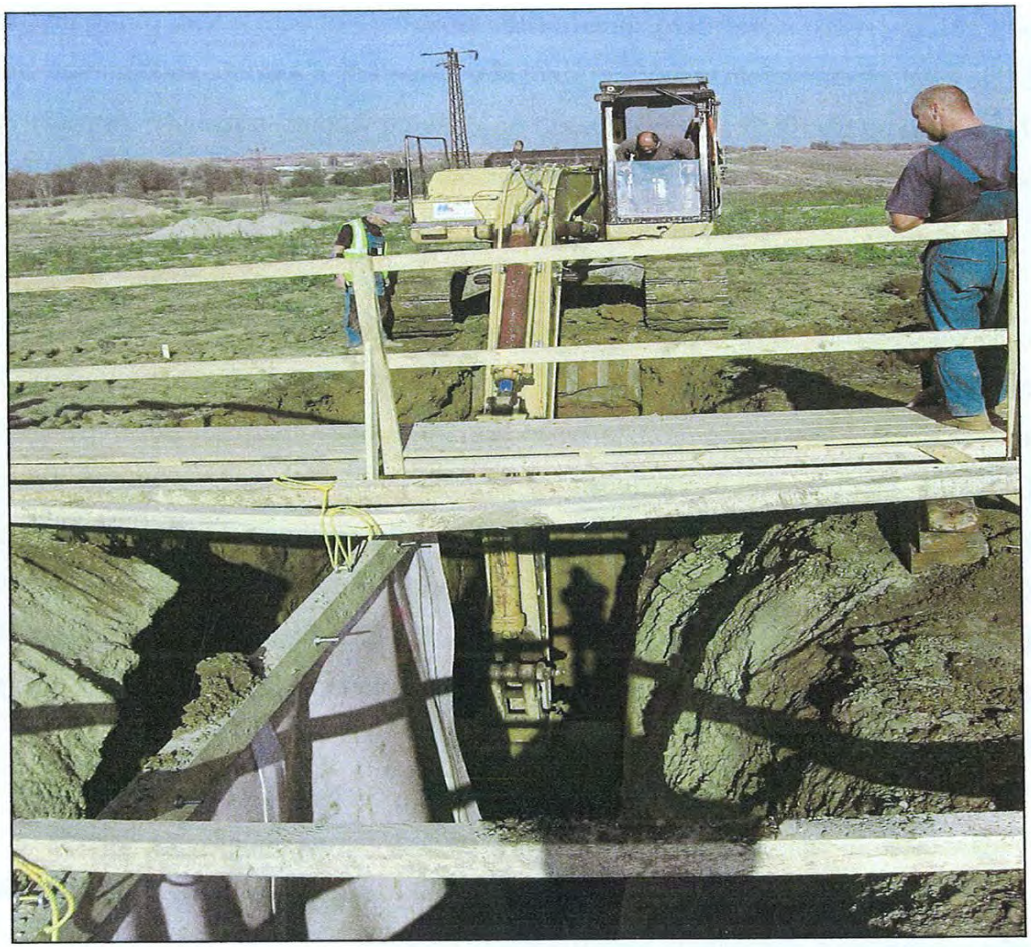
Dílčí činnosti

- Stavba břehové linie

Příprava jižních svahů pro stavbu opevnění břehové linie

Dílčí činnosti

- Podzemní těsnící stěna
- Stavba přivaděče vody



Detail při zahájení stavby

Dílčí činnosti

- Stavba přivaděče vody

Uklidňovací objekt, v pozadí regulační šachta

6 Problémy

Těsnění dna

- Klíčovým úkolem bylo spolehlivé zaizolování hlavní části uhelné sloje rozfárané ve svrchní a střední lávce v rozsahu kót 136,8 až 184,8 m n.m.

Těsnění dna

- Nekryté úseky uhelné sloje bylo nezbytné těsnit z celé řady věcných příčin, z nichž za nejdůležitější jsou z hydrogeologického hlediska považovány:

➢ povrchově odkryté i v minulosti hlubinně dobývané rozsáhlé partie uhelné sloje v prostoru zbytkové jámy lomu, které spolu s odkrytými stařinami bývalého dolu M. J. Hus, představují ideální drenážní systém pro odtok vsakujících vod dále do centrální části pánve v různých režimech

Těsnění dna

- Nekryté úseky uhelné sloje bylo nezbytné těsnit z celé řady věcných příčin, z nichž za nejdůležitější jsou z hydrogeologického hlediska považovány:

➢ propojení částečně funkčního drenážního systému pod vnitřní výsypkou lomu Most s důlními díly (nutnost kompresního zatížení výsypkovými tělesy nad hranici normálního zatížení 0,8 - 1,2 MPa)

Těsnění dna

- Nekryté úseky uhelné sloje bylo nezbytné těsnit z celé řady věcných příčin, z nichž za nejdůležitější jsou z hydrogeologického hlediska považovány:

➢ ponechané ochranné uhelné pilíře a zbytkové uhelné pilíře částečně těžené nebo nevytěžené spodní lávky uhelné sloje

➢ silně puklinové a dobře propustné prostředí - extrémní propustnost slojových vrstev jako kolektoru (otevřená důlní díla s koeficienty filtrace v řádu $k = 10^{-3}$ $m.s^{-1}$) i ve slabě puklinovém prostředí slojového souvrství s koeficienty filtrace v řádu $k = 10^{-4} - 10^{-5}$ $m.s^{-1}$.

Těsnění dna

- výskyty písčitých sedimentů, které na jižním okraji dobývacího prostoru vystupují pod řeku Bílinu a v severozápadních svazích navazují na systém severozápadní části bílinského deltového tělesa s úklonem do centrální části pánve

Zdroj vody - kvalita

- Původní záměr v roce 2002 počítal s napouštěním z řeky Bíliny, ale po přezkoumání hygienická služba zakázala tuto variantu z důvodu vysokého znečištění vody.
- V úseku, odkud by se jezero napouštělo, byla voda klasifikována stupněm znečištění č. V. (velmi silně znečistěná voda)

Zdroj vody - průtok

- Bílina má nízký průtok.
- Jeho minimální zachovaná hodnota 1,8 $m^3.s^{-1}$ neumožňuje napouštění v průběhu celého roku

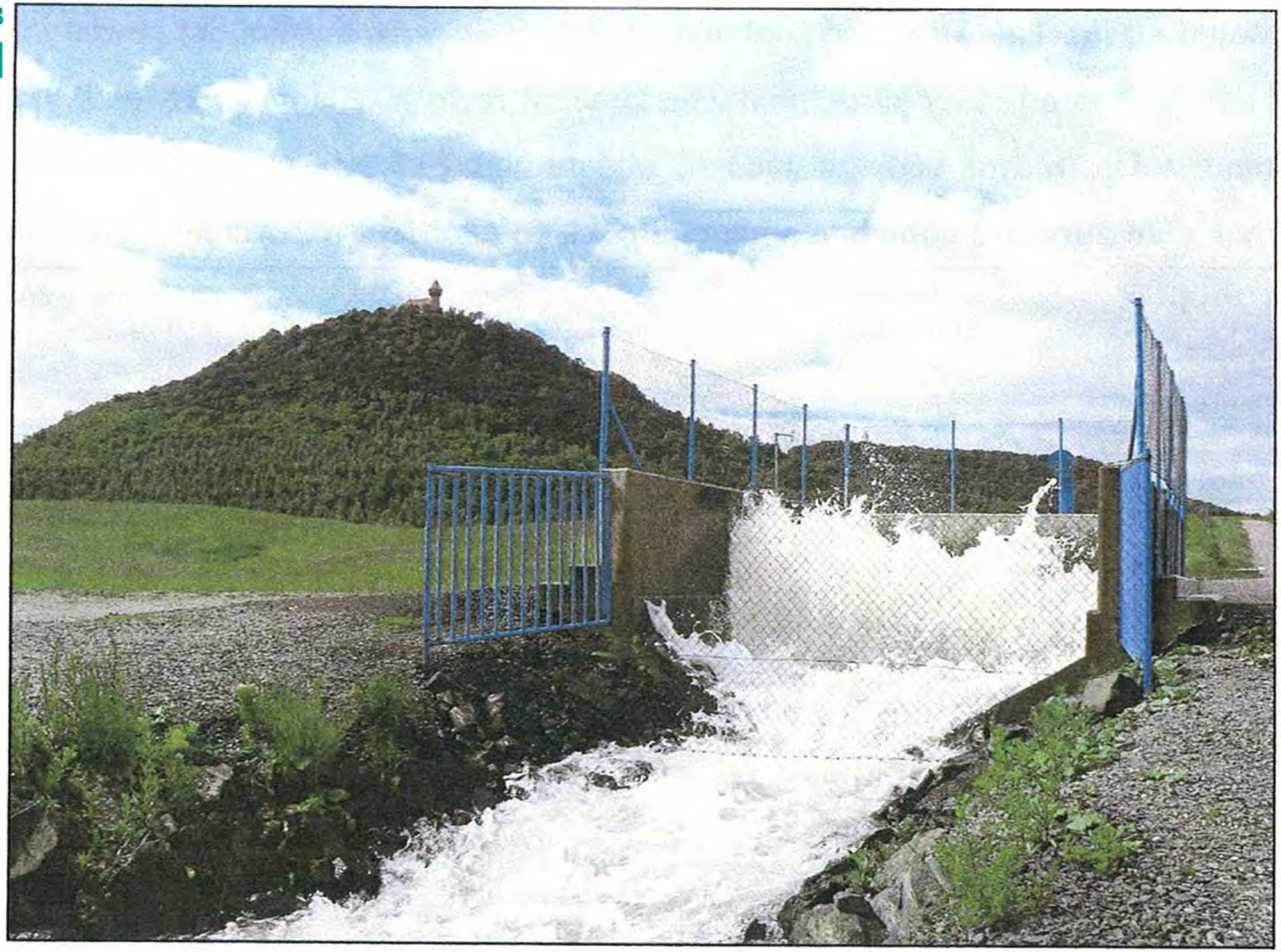
Řešení

- Jako vhodnější zdroj vody byla vybraná řeka Ohře, a to prostřednictvím Průmyslového vodovodu Nechranice a ze vzdutí pevného jezu.
- Zdrojem vody může být také důlní voda z asi 5 km vzdáleného hlubinného dolu Kohinoor (po vybudování čističky důlních vod a jejich úpravě) a vlastní povodí jezera.

Trasa přivaděče z PVN

7 Napouštění a současný stav

- Napouštění bylo slavnostně a oficiálně zahájeno 24. října 2008 a podle projektu mělo být dokončeno v roce 2011.
- Napouštění bylo dokončeno v průběhu roku 2012



Voda vytékající z uklidňovacího objektu do přívodního kanálu

Udržování hladiny

- **V roce 2016 se projevil pokles hladiny jezera.**
- **Voda musela být doplňována z povodí Ohře.**
- **Náklady cca 15 mil. Kč**
- **Kolísání hladiny není možné - prosychání břehů a nutnosti jejich opětného nasáknutí při dopouštění.**
- **Důvody kolísání nejsou zřejmé**

➢ Počasí – výpar

➢ Únik těsněním - průsak

8 Řešení problémů

- **Monitoring kvality vod Jezera Most**
- **Digitální model terénu**
- **Geologický model oblasti**
- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**

- **Monitoring kvality vod Jezera Most**

Pro potřeby hodnocení kvality podzemních vod v nejbližším okolí Jezera Most byly realizovány odběry ze sítě mělkých vrtů sledujícící břežní linii.

- **Monitoring kvality vod Jezera Most**

Pro potřeby hodnocení kvality podzemních vod v nejbližším okolí Jezera Most byly realizovány odběry ze sítě mělkých vrtů sledujícící břežní linii.

- **Monitoring kvality vod Jezera Most**

Pro potřeby hodnocení kvality podzemních vod v nejbližším okolí Jezera Most byly realizovány odběry ze sítě mělkých vrtů sledujícící břežní linii.

ČÍSLO VRTU	hladina[cm pod úrovní terénu]	teplota [°C]	konduktivita [µS/cm]	odběr ano/ne	poznámka
PVH1	172	-	-	ano	
PVH2	165	-	-	ano	
PVH3	190	-	-	ano	
PVH4	35	13,7	1445	ano	
PVH5	190	15,2	4780	ano	
PVH6	1950	14	6470	ne	
PVH7	2170	16,2	6000	ne	
PVH8	150	13,7	1250	ano	
PVH9	1180	16	662	ne	
PVH10	150	14,9	3024	ano	
PVH11	275	14,6	3940	ano	
PVH12	430	13,5	2960	ano	
PVH13	235	14,2	2758	ano	
PVH14	1060	12,7	1720	ne	
PVH15	-	-	-	ne	suchý vrt hl. 1030
PVH16	980	13,4	2009	ne	
PVH17	1960	12,6	4097	ne	
PVH18	2243	13,6	2530		
PVH19	165	14	5300	ano	
PVH20	1047	12,6	1348	ne	
PVH21	757	14,4	1940	ne	
PVH22	-	-	-	-	vrt nenalezen
23	690	12,7	2274	ne	
24	440	14	2080	ano	
25	240	14,1	2533	ano	
MS31	20	-	-	ano	

OZNAČENÍ	K konduktivita µS.cm^{-1}	zákal ZFn	$KNK_{4,5}$ mmol.l^{-1}	$ZNK_{8,3}$ mmol.l^{-1}	$KNK_{8,3}$ mmol.l^{-1}	$ZNK_{4,5}$ mmol.l^{-1}	HCO_3^- mg.l^{-1}
PVH1	2100,00	0,38	2,75	0,66	-	-	167,75
PVH2	4520,00	6,74	10,39	0,59	-	-	633,79
PVH3	6570,00	39,60	17,88	0,88	-	-	1090,68
PVH4	1710,00	26,34	-	1,93	-	1,42	-
PVH5	4990,00	1,18	18,21	1,76	-	-	1110,81
PVH8	1560,00	46,56	14,13	1,04	-	-	861,93
PVH10	3370,00	1,41	7,71	0,64	-	-	470,31
PVH11	4250,00	2,14	22,72	1,16	-	-	1385,92
PVH12	3250,00	1,07	13,01	0,84	-	-	793,61
PVH13	3070,00	6,59	16,95	0,46	-	-	1033,95
PVH19	5540,00	0,66	31,23	2,04	-	-	1905,03
PVH JEZ1	640,00	0,92	1,86	0,11	-	-	113,46
PVH JEZ9	636,00	3,54	1,8	0,21	-	-	109,8
PVH JEZ16	633,00	1,77	1,91	0,17	-	-	116,51
PVH JEZ23	631,00	1,47	1,75	0,2	-	-	106,75
24	2380,00	20,15	12,18	0,88	-	-	742,98
25	2860,00	5,42	15,52	0,78	-	-	946,72
PŘ1	1672,00	6,06	5,64	0,24	-	-	344,04
MS31	739,00	4,43	1,84	0,25	-	-	112,24

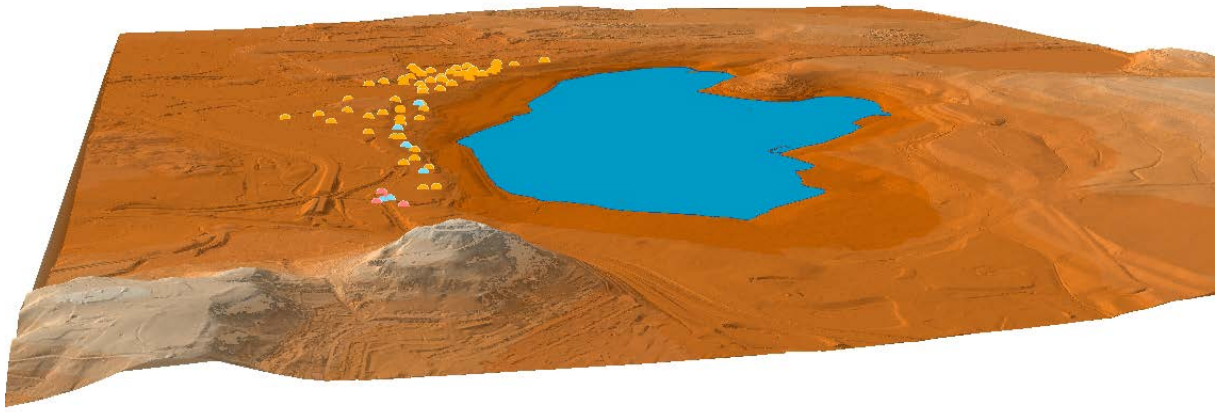
- **Monitoring kvality vod Jezera Most**

Kromě odběrů a analýz podzemních vod provádíme i srovnávací analýzy z přítoků a vod samotného jezera.

- **Digitální model terénu**

Model terénu založený na datech digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)

Identifikace pohybu horninových hmot a sledování dynamiky jejich pohybu bylo vyhodnocováno pomocí zpracování radarových dat z družice Sentinel 1.



- **Digitální model terénu**

V současné době probíhá sledování areálu Jezera Most metodou dálkového průzkumu Země s cílem ověřit předpoklad probíhajících poklesů jižní části jezera a přilehlých břehů.

Využívána jsou volně dostupná data, která jsou produktem evropského programu Copernicus (dříve označovaného zkratkou GMES) Evropské kosmické agentury.

- **Digitální model terénu**

V současné době probíhá sledování areálu Jezera Most metodou dálkového průzkumu Země s cílem ověřit předpoklad probíhajících poklesů jižní části jezera a přilehlých břehů.

Zeleně jsou znázorněné stabilní body, žlutě body, u nichž byl zaznamenán minimální pokles. Červené body charakterizuje výraznější pokles

- **Geologický model oblasti**

Simulace proudění podzemní vody vyžaduje definování litostratigrafických jednotek. Jejich typ je ve shodě s hydraulickými parametry. Proto jsou zkombinovány veškeré informace z geologických map, řezů či vrtných záznamů s hydrogeologickými daty do 3D modelu.

Z existující geologické dokumentace se zaměřením na zhodnocení všech diskontinuit horninového prostředí a to jak přírodních, tak antropogenních vychází tvorba hydrogeologického modelu oblasti. Pro jeho tvorbu byla sestavena databáze s údaji z 1650 vrtů provedených v minulosti.

- **Geologický model oblasti**

Ukázka záznamu existující geologické dokumentace vrtu.

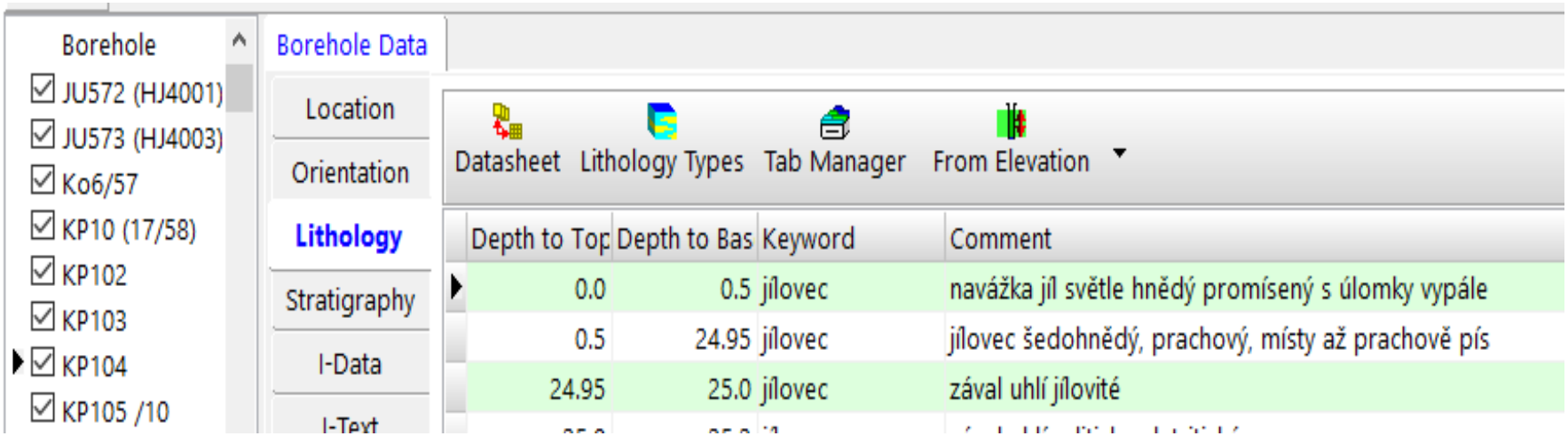
DATA-PC Sokolov © 1999

PROFIL VRTU			**MO590 /PP-1**
Obec: Most		***Datum provedení:*** 15.10.-15.11.1980	***Adresa:*** 10773
Souřadnice: ***x*** 986 286.35 ***y*** 790 681.57		***N.výška*** ***B.p.v.:*** 234.21 m n.m.	***Katastr:*** 317
Úkol: odvodňování dolu Most			
Provádějící organizace:			***Mapa SMO 1 : 5000*** M 6-3
Způsob vrtání: plná čelba, výplach	***Vrtmistr:*** Tichý		***Zaměřil:*** Myšík, Rubešová
Typ soupravy:	***Vzorkař:***		***Profiloval:*** Myšík, Rubešová

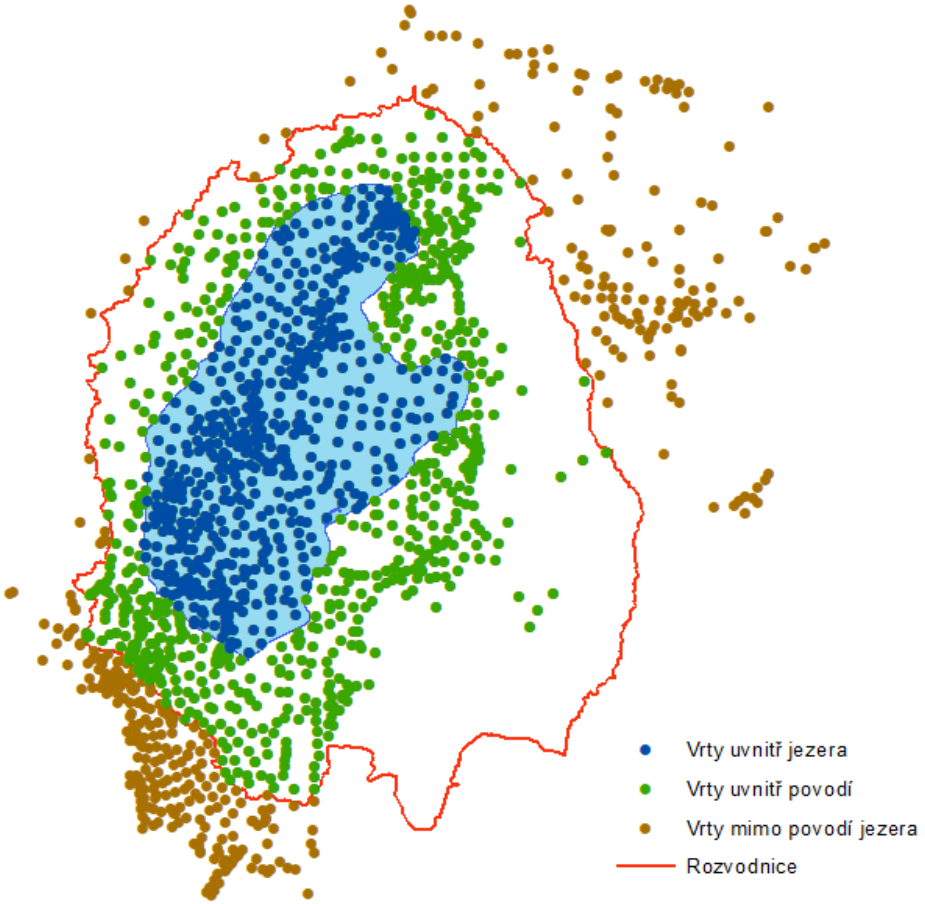
Poř. číslo	***Mocnost v m***	***Popis hornin a stratigraficko - tektonických horizontů***	***Celková hloubka v m***	***Nadm. výška v m***
1.	4.00	**sutě**	4.00	230.21
2.	4.50	**písek**	8.50	225.71
3.	22.00	**jíly**	30.50	203.71
4.	32.30	**uhlí** pevné, detritické	62.80	171.41
5.	0.60	**uhlí** lupkové	63.40	170.81
6.	1.60	**jíl** uhelnatý, místy až lupek hořlavý	65.00	169.21
7.	3.10	**lupek** uhelnatý, místy až hořlavý	68.10	166.11
8.	19.70	**jíl** až jílovec, prachovitě písčitý, sideritický	87.80	146.41

- **Geologický model oblasti**

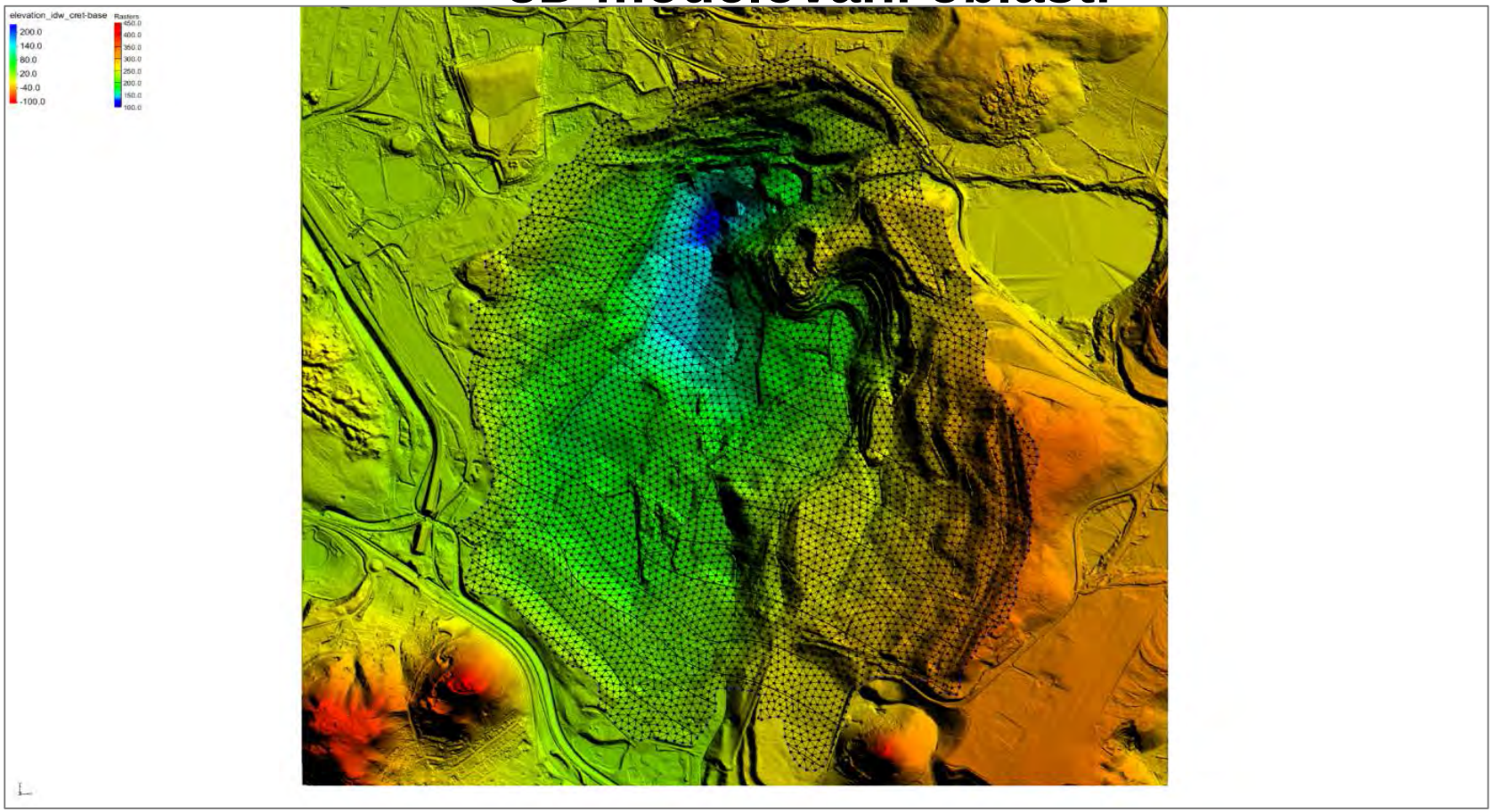
Ukázka dat (litologie vrtu) v RockWorks po načtení do databáze SQLite.



- **Geologický model oblasti**

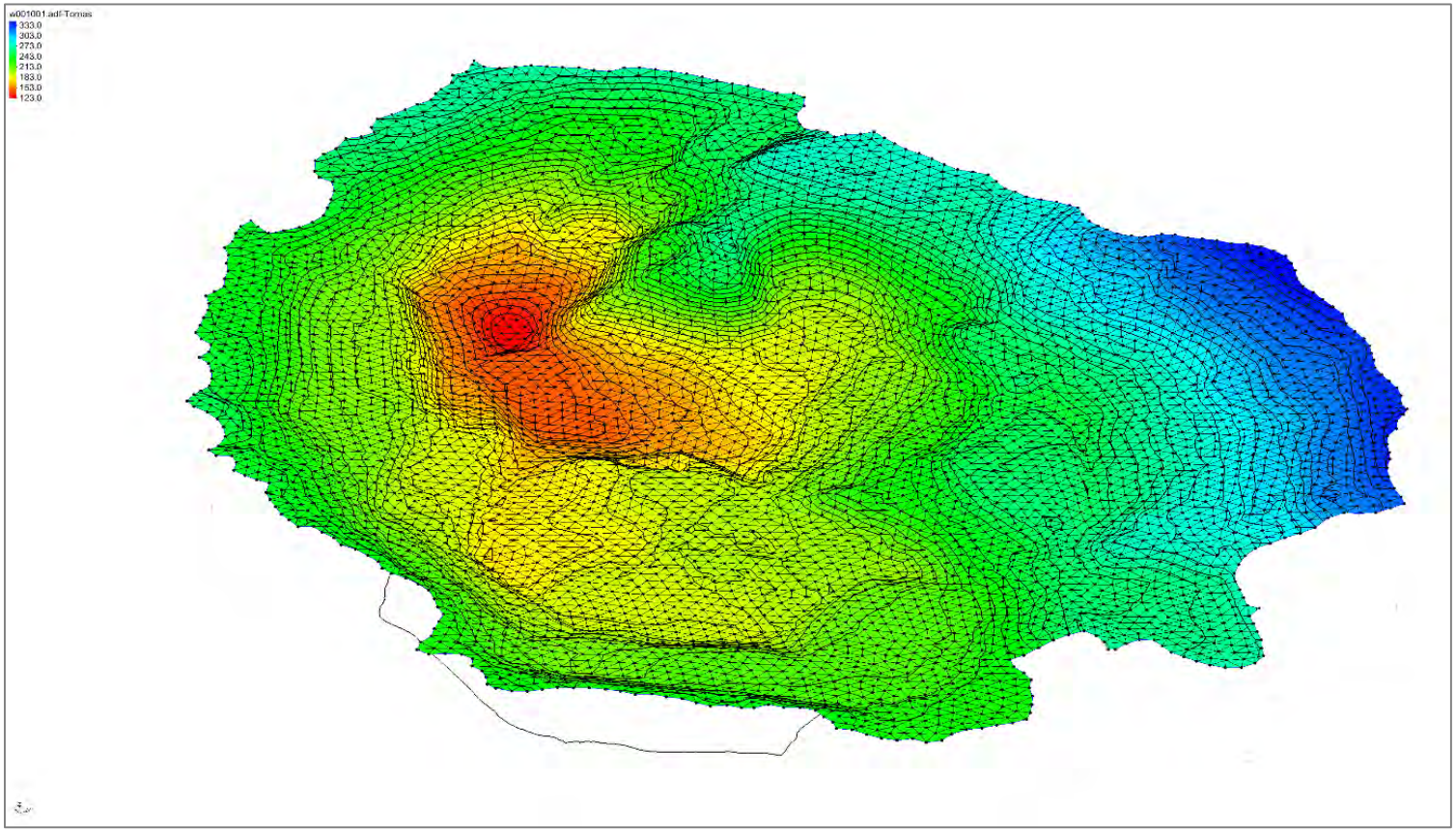


3D modelování oblasti



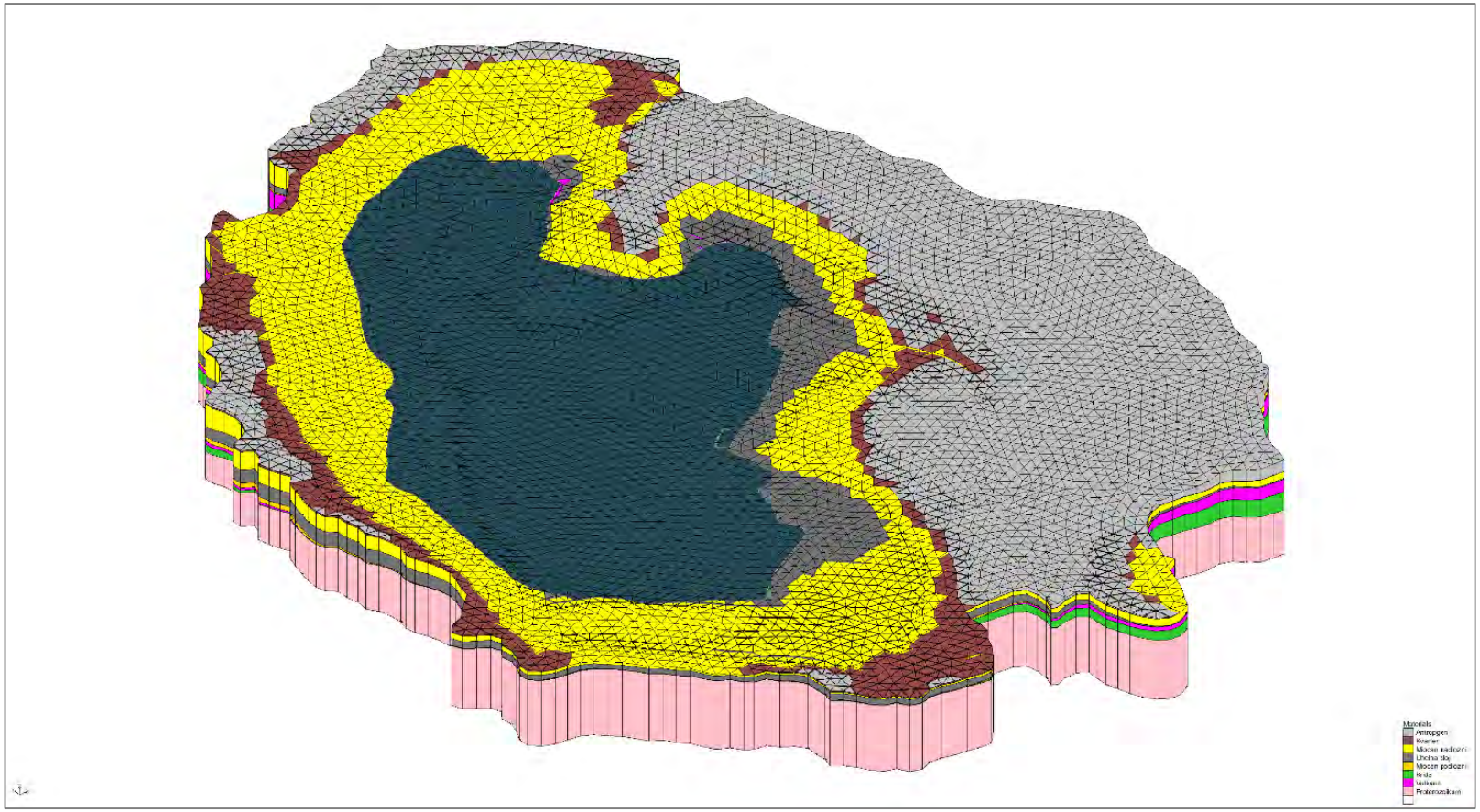
Izolinie plochy horní hranice hydraulického modelu, která je kombinací digitálního modelu terénu a interpretované batymetrie dna v případě polygonu jezera Most

3D modelování oblasti



3D vizualizace plochy horní hranice hydraulického modelu, která je kombinací digitálního modelu terénu a interpretované batymetrie dna v případě polygonu jezera Most

3D modelování oblasti



3D Geologický model oblasti (bez vlivu odstranění nadložních slojových jednotek a vyuhlení) s vyznačením rozsahu jezera Most

- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**
- Cílem srážko-odtokového modelování je kvantifikovat jednotlivé složky srážko-odtokové bilance v rámci přirozené hydrologické a hydrogeologické jednotky, kterou je povodí pro povrchové vody, resp. hydrogeologický rajón v případě podzemních vod. Problematiku „Studie jezera Most“ – stanovení vodní bilance jezera Most je nutno řešit ve velmi detailním lokálním měřítku.

- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**

Výpar

Odhad za pomocí *výparoměru*, používá měření výparu ve standardizované nádrži. V této nádrži je sledována vodní hladina, změna její výšky je dána denními srážkami a výparem.

Kombinované metody

Kombinované metody využívají postupů tak aby výsledná rovnice popisující výpar byla jednoduše vyčíslitelná a nevyžadovala žádná komplikovaná a náročná měření.

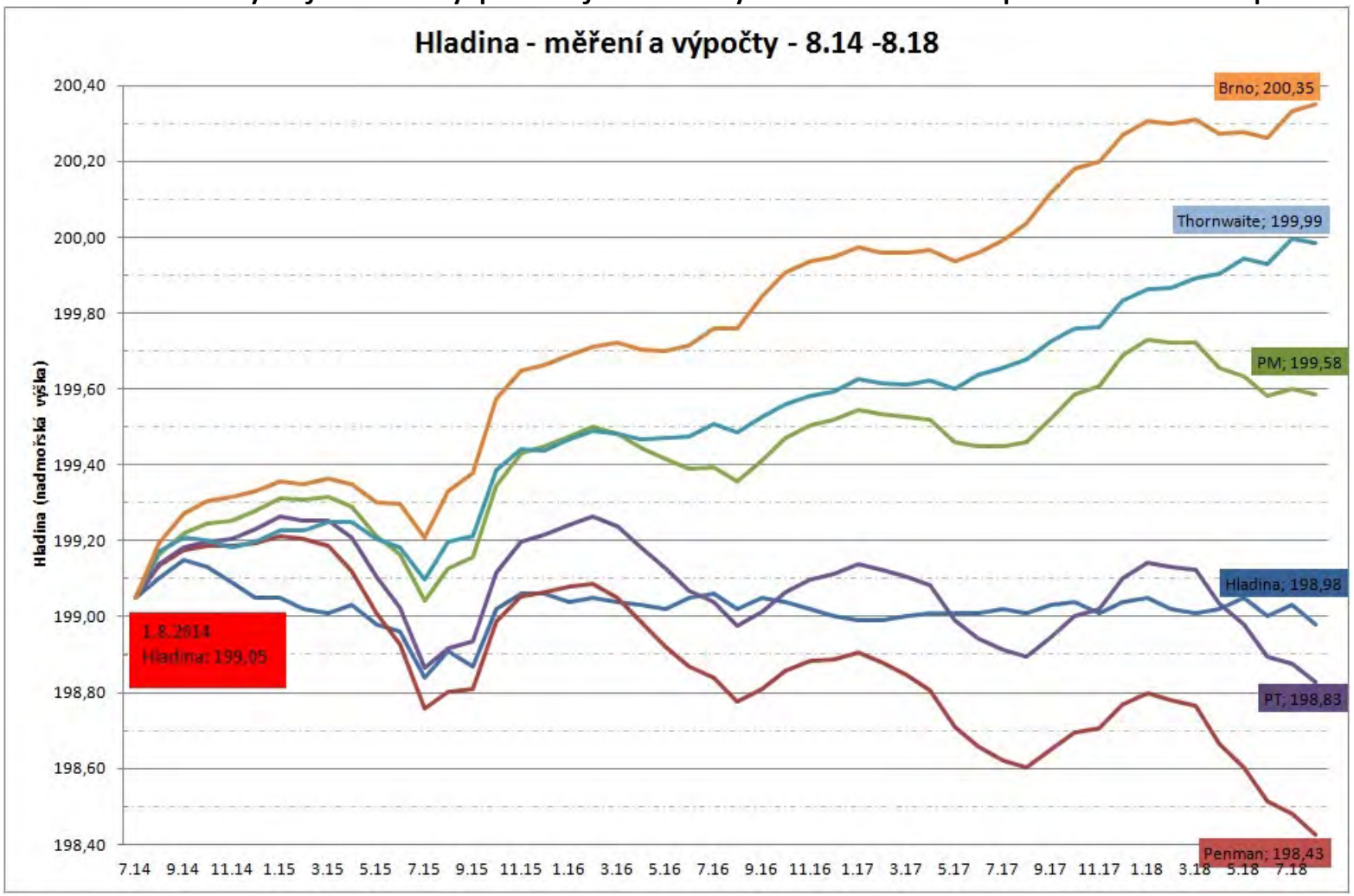
Z metod transportu hmoty je zde adaptováno využití tlaku vodních par, teploty a rychlosti větru.

Z metod energetické bilance pak použití radiační bilance Q_N .

Jako reprezentanty kombinovaných metod jmenujme *Penman* a *Penman-Monteith* rovnice a odhady podle *PristleyTaylora a Thornwaita.*

Pomocí těchto metod jsme vypočetli odhady výparu, které jsme porovnali s výparem udávaným PKÚ.

- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**
- Srovnání vývoje hladiny podle jednotlivých vzorců od srpna 2014 do srpna 2018



- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**

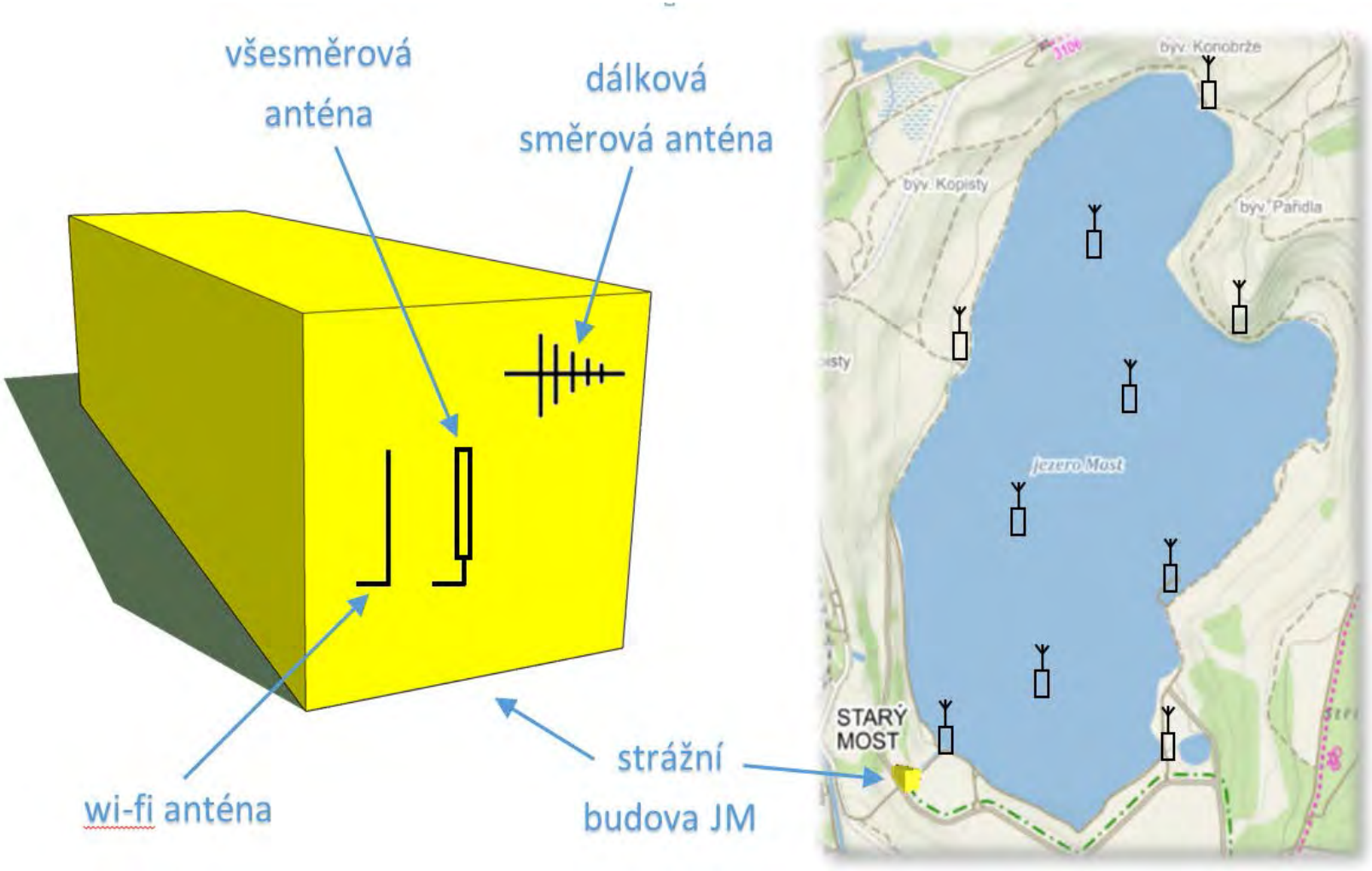
Bilance příjmů a výdajů z *Provozních dat* PKÚ

Brno souhrn	Dokup	Srážky	Příjem	Výpar	Bilance	Hladina	Abs. rozdíl
2014	1613	501	2114	452	1662	1310	-352
2015	389	482	871	535	336	10	-326
2016	228	525	753	470	283	-60	-343
2017	354	501	855	534	321	40	-281
2018	312	235	547	465	82	-60	-142
Součet	2896	2244	5140	2456	2684	1240	-1444

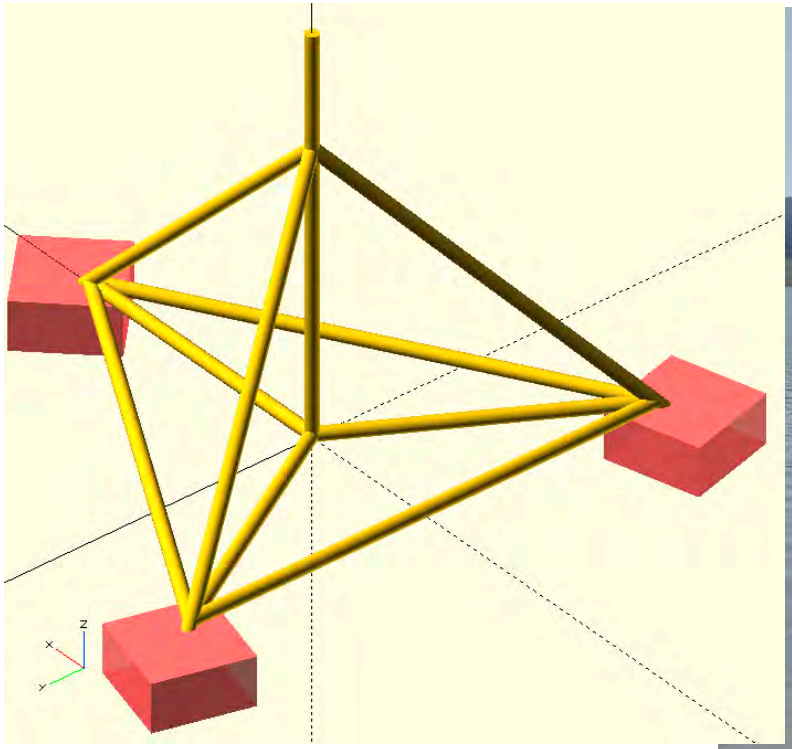
- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**

Společnou nevýhodou meteostanice Kopisty a plovoucí meteostanice je to, že jde o „bodový“ zdroj.
Z jednoho bodu se tedy snažíme vyvozovat chování plochy 310 ha. Navíc v případě výpadku bodové zdroje, dojde ke ztrátě dat.
Tyto důvody vedly k myšlence vybudování sítě mikrometeostanic pokrývající jezero Most a jeho nejbližší okolí.

- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**



- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**



- **Matematické modely srážko-odtokových procesů**
- V současné době máme vypracovány početní postupy, které nám dovolují zpracovávat balíky dat, které máme k dispozici. Kromě dat z ÚFA AV ČR a meteostanice umístěné na JM, můžeme nyní pracovat i s daty naší budované verifikační sítě. Nyní máme k dispozici 5 mikrometeostanic na břehu a hladině jezera. Více zdrojů dat nám umožňuje překlenout výpadky z měření, které vznikají vlivem vnějších okolností (odstavení meteostanice, nefunkčnost wifi připojení, atd.). Všechny výsledky můžeme srovnávat s hodnotami z výparoměru, který je umístěn na hladině JM.

Děkuji za pozornost / Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede. Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020

GeoMAP