An aerial, black and white photograph of a large, light-colored building complex, likely a historical or institutional site. The building features a prominent central dome and a large, paved square in the foreground. The square is marked with a grid pattern and has a small monument in the center. The building is surrounded by trees and a road. The text is overlaid on the right side of the image.

1.  
Příbram jako součást  
velkého příběhu  
západní civilizace

Václav Cílek a Jan Rohovec



**V počátcích těžby uranu se na Jáchymovsku (na snímku), ale i později v Příbrami ruda ručně rozbíjela kladívky a byla ukládána do bedniček.**

In the early days of uranium mining, ore was broken down manually with hammers and placed in boxes.

Zu Beginn des Uranabbaus wurde das Erz von Hand mit Hämmern zerschlagen und in Kisten gelagert.

Původní zdroj neznámý, foto archiv Jiří Ječmínek.



Wilhelm Röntgen

# 1. Příbram jako součást velkého příběhu západní civilizace

## Uran jako jed i lék

Když se řekne uran, okamžitě nás napadne slovo radioaktivita a hned za ním dvě témata – jaderná bomba a jaderná elektrárna. Od samého začátku jsou v „uranu“ obsaženy protichůdné možnosti velkého ničení i velkého dobra nízkooemisní energetiky. Uran a radioaktivní prvky obecně jsou jedem i lékem zároveň. Vždy se na ně budeme dívat ne-li s podezřením, tak určitě s respektem. A to platí i pro bývalý československý uranový průmysl a samotné město Příbram. Žili jsme zde a známe ho. Nemůžeme se na něj dívat jen z hlediska politických vězňů a perzekucí, ale také z pohledu lidí, kteří na šachtách – jak nám sami řekli – prožili nejlepší léta svého života.

Snad to není přehnaná analogie, ale podobný vztah k životu jsme viděli u námořníků na nákladních lodích a u hutníků. Vždy, když zacházíte s něčím tak velkým, silným a nebezpečným, jako je širé moře, horninový masiv nebo konvertor plný rozžhaveného železa, dotkne se to vaší podstaty a automaticky se učíte spoléhat na ostatní, protože člověk toho sám mnoho nezvládne. Příbram není tak jednoduché město, jako třeba Písek nebo Benešov, ale velké ničení je zde vyrovnáváno neméně silným dobrem, které samo sestává z mnoha vláken lidské soudržnosti, a proto se popisuje obtížněji než třeba utrpení vězňů v trestaneckém táboře Vojna.

Když John Browne psal svoji proslavenou knihu *Sedm proků, které změnily svět*, zařadil mezi ně vedle železa, uhlíku, stříbra, zlata, titanu a křemíku i uran. Všechny jsou zdrojem lidského utrpení i lidské prosperity. Je zapotřebí za nimi vidět osudy lidí, jejich zvědavost a vytrvalost, ale i společnost a kulturu, kterou formovaly. Dobře je to vidět na největším středočeském městě Kladně, které by bez dolů a hutí, bez uhlí a železa bylo historicky méně zajímavé než nedaleké, krásné, ale zapomenuté dvoutisícové Smečno. Podobně nebýt uranu by nová Příbram nejspíš vznikla bez Březohorského sídliště, velkorysého kulturního domu a vlastního divadla a fotbalový klub FK Příbram (založený 1928 jako SK Březové Hory, později TJ UD Příbram) by se asi nedočkal účinkování v nejvyšších fotbalových soutěžích, a dokonce v evropských klubových pohárech (i když v tom hrály roli také další faktory jako vstup soukromého kapitálu a podobně). Navíc, jak to i ve

sportu někdy bývá, nešlo o dlouhodobou neměnnou záležitost. Přitom kulturní, či dokonce citový význam některých prvků někdejšího báňského podnikání si už ani neuvědomujeme. Bez stříbra by například až donedávna nefungovala fotografie a s ní rodinná alba i obrázky v novinách.

Příbram byla skoro 40 let součástí velkého příběhu jaderných zbraní, jedno kolečko ve stroji studené války. K rozvoji jaderné energetiky přispěla ale už druhá světová válka. Oslabená poválečná Británie rychle spotřebovávala své zásoby uhlí a nemohla se spolehnout ani na dodávky irácké ropy. Královna Alžběta II. tak dne 17. října 1956 slavnostně spustila jaderný reaktor v Calder Hall. V té době vysoké školy navštěvovalo 5 % populace a jaderný průmysl přitahoval ty nejlepší studenty fyziky. Bez jaderných havárií v Čeljabinsku, Černobyli a Fukušimě by se asi jaderná energetika ubírala širší a přímější cestou, ale zdá se, že v nízkoemisním světě jí opět bude patřit kus budoucnosti. Jed jaderné války se může stát lékem na klimatické změny.

Teprve když jsme se na Příbram podívali z této široké perspektivy, začal se před námi odvíjet velký, světový příběh uranu a radioaktivity a uvědomili jsme si, že kdyby na mapě světa, dejme tomu z roku 1955, nějaká světélka označovala světově významná místa, na území tehdejšího Československa by svítilo možná jen jedno a byla by jím právě Příbram. Na druhou stranu ani zdejší obrovský uranový revír nemusíme přeceňovat, když si uvědomíme, že za celou dobu své existence poskytl asi 50 tisíc tun uranu, včetně započtených ztrát a odpisů, což zhruba odpovídá současné světové těžbě za jeden rok, která se pohybuje kolem 53 tisíc tun uranu.<sup>2</sup> Přesto se jednalo o jednu z nejlépe odkrytých žilných ložiskových struktur celé planety. V následujícím textu budeme většinou hovořit, jak je v Příbrami obvyklé, o uranovém ložisku, přestože správněji se jedná o uran-polymetalické ložisko. Další kovy, zejména stříbrné, zlaté, olovené a zinkové zrudnění, však v rámci těžby uranu nehrály žádnou ekonomickou roli.

Tradičně se vždy rozlišovala Příbram uranová a Příbram rudní. Uranová Příbram byla hlavně pás uranových šachet, kulturní dům a sídliště z 50.–70. let 20. století, zejména Zdaboř, zatímco rudní Příbram byly převážně šachty na Březových Horách a Bohutíně a jejich hornické kolonie. Byly to dva světy, které se navzájem dotýkaly, ale nikdy nesplynuly. Rudné doly sídlily na náměstí ve staré Příbrami a zůstávalo v nich něco ze slavné, ještě mocnářské historie 19. století. Tempo práce bylo rozšafné a vztahy sousedské. Pracovníci pocházeli ze starých hornických rodin a často se znali celé generace. Uranové doly spadaly nejprve pod Jáchymovské doly, později pod Ústřední správu a od roku 1967 pod Československý uranový průmysl (ČSUP). Ten byl nejčastěji popisován jako „stát ve státě“ s vlastními pravidly, vysokým, drsným tempem práce, dvojnásobnými i vyššími platy oproti rudným dolům, ale také rychlou obměnou pracovníků, z nichž mnozí pocházeli z východního Slovenska nebo se do dolů dostali jako vězni. Horníci z rudných dolů měli v Příbrami své rodiny a večer se scházeli na pivo. Brigádníci z uranových ubytoven prosluli vysokou spotřebou alkoholu,

zájmem o děvky (nikdo je nenazýval prostitutkami) a často i hazardními karetními hrami. Přicházeli a odcházeli. Jejich hlavním zájmem byly peníze a obava z úrazu. Kolorit dodávali uranovým dolům sovětští experti a agenti tajné Státní bezpečnosti (StB). Vyšší a někdy i střední management šachet hrával složité hry na donášení, udávání a obviňování ze záměrného neplnění plánu či sabotáže. A do tohoto stresujícího a často cynického prostředí tekla proudem alkohol. Na mnoha lidech, včetně v takovéto službě zběhlých agentů StB, to bylo vidět. Starší či usedlí horníci z rudných dolů se do práce na uranu nehrnuli.

## Radon a záření z nitra hmoty

*Uvolněním jaderné energie přivedla naše generace do světa tu nejvíc revoluční sílu od doby, kdy pravěký člověk objevil oheň. (...) My vědci rozumíme naši nevyhnutelně zodpovědnosti, abychom našim spoluobčanům přinesli porozumění jaderné energii a jejímu významu pro společnost. V tom spočívá naše bezpečnost i naše jediná naděje.*

Albert Einstein

Uran byl objeven v roce 1789 profesorem chemie Martinem Heinrichem Klaprothem (1743–1817) při analýze rud z dolu George Wagstorfa z Johanngeorgenstadtu nedaleko Božího Daru. Jméno prvku vzniklo podle názvu planety Uran objevené krátce před tím (1781) amatérským astronomem a hudebníkem F. W. Herschelem. Klaprothovi se nepodařilo izolovat kovový uran, ale připravil řadu barevných solí a tím umožnil pozdější využití uranu jako barviva ve sklářském průmyslu. Uraninit byl sice od roku 1565 znám jako *Pechblende*, ale neměl tehdy praktické využití.

Uraninit byl vybírán při těžbě stříbrných rud v Sasku již od roku 1825 a do konce 19. století bylo vytěženo asi 110 tun rudy při průměrné ceně 4,7 marky za kilogram kovového uranu. První cílená těžba uranu na světě pravděpodobně probíhala od poloviny 19. století v Jáchymově. Ten představoval při těžbě 620 tun velice kvalitní rudy v letech 1850–1900 hlavního světového producenta.<sup>3</sup> Zhruba poloviční množství rudy bylo za stejnou dobu vytěženo v Cornwallu a po roce 1870 se rozbíhá těžba v oblasti Central City v Coloradu. Ještě před druhou světovou válkou byla objevena rozsáhlá ložiska uranových rud v Kongu, Kanadě, Austrálii a Uzbekistánu. V té době uranové rudy kromě výroby barev sloužily k získávání radia pro vědecké, a zejména lékařské účely. Na výrobu 1 gramu radia byly zapotřebí nejméně 3 tuny uranu, ale u chudých rud byla výtěžnost mnohem nižší. Československo poskytovalo asi 10 % světové produkce radia.<sup>4</sup>

Uranový průmysl, Příbram a možná i děje, které nás dodnes ovlivňují, jako je například rakouské či německé odmítání jaderné energetiky, pravděpodobně nepochopíme, dokud si neujasníme vlastní vztah k radioaktivitě.<sup>5</sup>

Je nutné zastavit se u radonu, který je po kouření druhou nejrozšířenější příčinou rakoviny plic. V České republice je průměrná hodnota objemové aktivity radonu v budovách kolem  $120 \text{ Bq/m}^3$  a asi 2–3 % našich domů má vyšší hodnoty než  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Patříme tak k zemím s nejvyšší koncentrací radonu v bytech na světě.<sup>6</sup> Jedná se především o rodinné domy, obvykle sklepy či přízemí. Ve venkovní atmosféře je koncentrace radonu přibližně jen  $10 \text{ Bq/m}^3$ , naopak koncentrace radonu v půdním vzduchu v hloubce jednoho metru pod zemí jsou u nás v rozmezí  $20\,000$ – $2\,000\,000 \text{ Bq/m}^3$ . Jednotka Becquerel (Bq) označuje celkovou aktivitu měřenou jako množství jaderných rozpadů a nejčastěji ji v případě plynů vztahujeme ke krychlovému metru, u pevných látek ke gramu či kilogramu a u kapalin k litru.

Radon je bezbarvý plyn. Vzniká tak, že voda prochází horninovým masivem a přitom se z radioaktivních minerálů uvolňuje radium, uran a thorium. Drobná zrna radioaktivních minerálů se typicky váží do tmavé slídy – biotitu, který je běžný ve většině žul a příbuzných hornin. Minerály zvětrávají a voda se obohacuje radioaktivními prvky. Samotný radon vzniká rozpadem radia. Je těžší než vzduch. Ve studnách se uvolňuje z vody, ve sklepech a v přízemích z půdní vlhkosti. Ve většině případů se jeho zvýšené koncentrace dají odvětrat. Jinou, zejména v cizině běžnou metodou jsou radonové studny, stavěné jako jednoduché, asi 120 cm hluboké válcové jímký o průměru asi jeden metr. Do nich těžší radon stéká a snadno se dá odsát například průmyslovým vysavačem.

Průměrný obsah radonu v pitné vodě z podzemních zdrojů je v ČR kolem 14–15 Bq/l, ale nejvyšší hodnoty nalezené v soukromých studnách dosahují až přes 1 000 Bq/l. Lázeňské vody používané v jáchymovských lázních mají koncentraci kolem 10 000 Bq/l. Obsah radonu ve vodě je závislý na podloží. Rizikové jsou zejména žuly a pochopitelně i okolí uranových ložisek, a proto je častý výskyt vyšších hodnot zjišťován například v bývalých okresech Příbram, Písek, Písecká či Strakonice. O radonu se hodně mluvilo před nějakými dvaceti lety, od té doby přestal být mediálním tématem, přestože situace se nijak nezlepšila – na zhruba čtvrtině území Čech se jedná o poměrně výrazné riziko.

Na každý prvek se můžeme dívat buď jako na věc, které se máme bát, anebo jako na něco, co můžeme obdivovat. Už Paracelsus popisoval chronickou nemoc horníků jako *mala metallorum*. Záhy Georg Agricola doporučoval důkladné větrání, aby se předešlo hornické nemoci (*Bergsucht*), která však byla pravděpodobně způsobená hlavně zvýšeným obsahem oxidu uhličitého a jemných částic v dýmech vznikajících po sázení ohně,<sup>7</sup> nesoucích mimo jiné značný podíl jedovatého oxidu arsenitého – arzeniku. Běžnou součástí našich rudních ložisek je totiž arzenopyrit, který se vyžháním mění na směs oxidů a za vyšších teplot snadno přechází do par. Tímto způsobem se téměř otrávil i známý geolog Ignác Born, který krátce po sázení ohně navštívil žílu s minerálem kobaltinem (CoAsS). Ale představte si onu pozoruhodnou stránku radonu. Vdechnete jej a on se změní na



**Typický, černý až sklovitě lesklý ledvinový smolincec.**

Pitchblende, or uraninite, is typically black with a near glass-like lustre.

Typische schwarze bis glasig glänzende Pechblende.

Foto archiv Jiří Ječmínek.

polonium, které však vydrží jen asi tři minuty, než se promění na olovo a za další půlhodinu na vizmut a pak ještě na další prvky a jejich izotopy.<sup>8</sup>

## Radioaktivita a její dějiny

Radioaktivita patří mezi ty objevy, kterým máloco nasvědčovalo. Neočekávaně vtrhla do života koncem 19. století v době, kdy vrcholí secesní symbolismus, který sám je plný očekávání vyšších, neviditelných sil a světél. Vědělo se sice, že Demokritos (cca 460–370 př. n. l.), žák Leukippův, učil, že svět se skládá z drobných, nezničitelných a dále nedělitelných částic – atomů –, jež jsou v neustálém pohybu a mohou tvořit větší tělesa, která už umíme pocítovat smysly. Věřil také, že uvnitř hmoty je mnoho volného prostoru, ve kterém se atomy mohou pohybovat, a dokonce argumentoval, že světla Mléčné dráhy pocházejí ze vzdálených světů, z nichž některé mají slunce a měsíc a jiné nikoliv, ale ještě mnoho dalších staletí trvalo, než se jeho názory podařilo potvrdit.<sup>9</sup>



Moderní historie radioaktivity je předznamenána fyzikálními objevy na poli elektřiny a vývojem sklářské techniky ve druhé polovině 19. století. S trochou nadsázky lze říct, že tato doba byla dobou hledání a výzkumu světla. Jevy jako bouřkové blesky, polární záře, samovolné i vynucené světélkování některých nerostů či uměle připravených směsí po nasvícení slunečním světlem čím dál naléhavěji volaly po objasnění, pochopení a využití. Fyzikové se od poloviny 19. století všestranně soustředili na elektřinu jako fyzikální fenomén a nechyběly ani otázky vedení elektřiny v plynech. Díky pokroku sklářské techniky bylo možné poměrně snadno vyrobit vakuované trubice se zatavenými kontakty a trubici připojit na zdroj vysokého napětí, tzv. induktorium. Za příhodných napěťových podmínek se ve zbytkovém plynu v trubici vytvořil překrásný, barevně zářící výboj (Geisslerovy trubice, Crookesovy trubice, cca 1850–1860)<sup>10</sup>, dodávající laborořím až nadpřirozený vzhled. Doba prostě elektrickým hrátkám přála – uvažme, že v osvětlovačích technice se přecházelo od petrolejky k žárovce kolem roku 1880. Ukázalo se, že záření vycházející z trubic se šíří jen od některých elektrod trubice a jen určitými směry, avšak proč ta věc svítí a co je podstatou pozorovaného světla, zůstávalo bez odpovědi.

Významné pozorování v oboru učinil roku 1895 Wilhelm C. Röntgen, který si povšiml, že když v tmavé místnosti prochází proud katodou Crookesovy trubice zakryté tmavým papírem, v jistém směru i ve vzdálenosti 2 metrů od trubice se dá na některých látkách pozorovat intenzivní světélkování. Uvědomil si, že Crookesova trubice vedle viditelného záření produkuje i záření, které je pouhým okem neviditelné, avšak zato velmi pronikavé. Tento nový, neočekávaný typ záření označil pro jeho tajemnost a také pro stručnost zářením X. Röntgen byl velice svědomitý a skromný muž, a tak se po prvním experimentu uchýlil na dva měsíce do ústraní a jev dál zkoumal. Zjistil, že záření prochází v různé intenzitě různými látkami. Nafotil ruku své ženy, na které jsou vidět kosti a zlatý prsten. Když byla tato fotografie zveřejněna, způsobila obrovské pozdvižení. Lékaři si uvědomili, že budou schopní vidět zlomeniny a vnitřní orgány, ale některé ženy se bály, že jim s rentgenovými brýlemi bude vidět pod sukně. Röntgenova zpráva byla přeložena do angličtiny pod titulem „O novém druhu paprsků“<sup>11</sup> a okamžitě zaujala Antoina Henriho Becquerela, kterého o rok později přivedla k objevu jiného neviditelného záření, vycházejícího ze solí uranu.

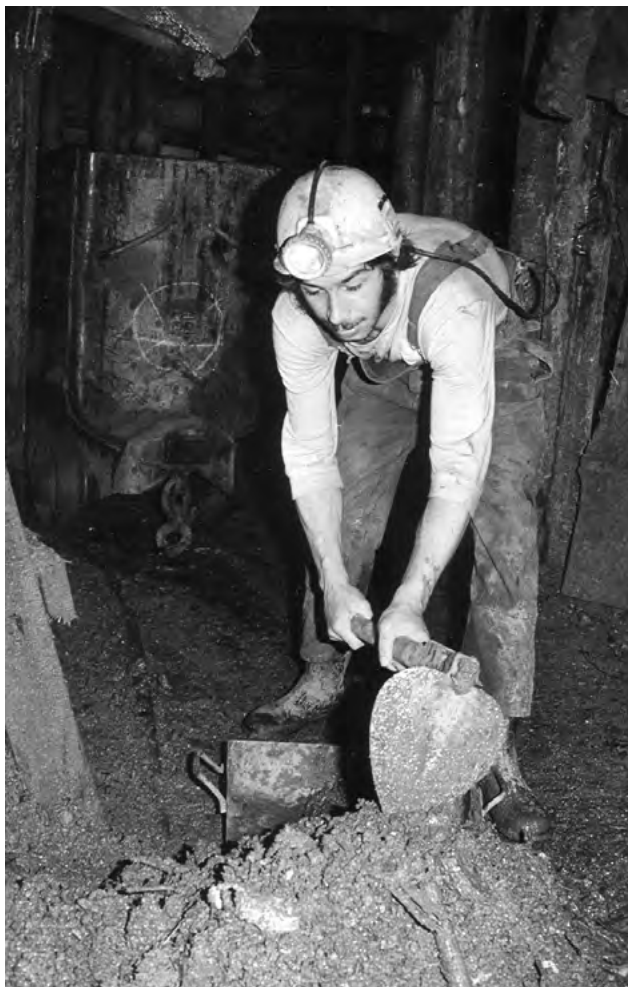
A. H. Becquerel byl syn a vnuk dvou generací významných francouzských přírodovědců. On sám se narodil přímo v budově pařížského přírodovědného muzea. Jeho otec se zabýval „fluorescencí“ minerálů, a proto měl poměrně velkou sbírku uranových minerálů, včetně uraninitu.<sup>12</sup> Svítivý efekt uranových barev a druhotných minerálů, jako jsou fosforečnany autunit a torbernit, je dán právě tím, že emitují záření a „prosvětlují“ sloučeninu zevnitř. Podobného jevu se využívalo u barev na hodinkách, aby bylo možné určit čas i v noci. Radioaktivní soli dodávaly energii světélkujícím fosforeskujícím směsím. Becquerel předpokládal, že přirozená radioaktivita by mohla existovat u hodně těžkých minerálů,

jako je uraninit, a také znal barevnost uranových solí a věděl, že některé samovolně světélkují a mohou vyvolat i světélkování (fluorescenci) jiných látek.

Vzal skleněnou fotografickou desku a pokryl ji černým papírem. Ten posypal uraninitem a dal na slunce. Předpokládal, že uraninit do sebe pohltí sluneční záření a pak jej zase jako nějaké jiné, „tvrdší“ záření vydá. To projde papírem a exponuje fotografickou desku. Další den bylo pod mrakem, a tak Becquerel pokus uklidil do zásuvky, ale přece jenom, když čekal na lepší počasí, desku vyvolal. K jeho překvapení se objevil ostrý obraz. Becquerel se domníval, že uraninit do sebe nejspíš zvládne pojmout tolik slunečního záření, že je může vyzařovat dlouhou dobu. Od té chvíle proto držel vzorky ve tmě, aby zjistil, kdy záření začne slábnout. Čekal rok a nic se nedělo. Pak minerály uranu rozpouštěl a znovu je nechal krystalizovat jako soli. To byl postup, který spolehlivě „fluorescenci“ ve všech ostatních případech zničil, ale u uranu kupodivu nefungoval. Becquerel usoudil, že to musí být výjimečný prvek. Celé to bylo podivné, nicméně to odpovídalo atmosféře doby a hledání neviditelných proudů v lidské psychice nebo v tajemných silách dějin. Pak ale věci nabraly nečekaný obrat.

V roce 1891 do Paříže přišla Maria Skłodowska, která se – podobně jako česká malířka Zdenka Braunerová – rozhodla pro tak samostatný život, jakého by nikdy doma nemohla dosáhnout. Křestní jméno si ve francouzském prostředí upravila na Marie. Nejprve ale z Varšavy finančně podporovala svoji sestru Broniu, která v Paříži studovala medicínu, a až po letech našetřila dostatek, aby se mohla vypravit za ní. Ani tak to ale nemohlo být jednoduché, protože Marie údajně jednou při přednáškách z hladu omdlela. Vystudovala fyziku a při studiu struktur oceli se potkala s Pierrem Curie, který se v té době zabýval elektrickými vlastnostmi krystalů. Stručně shrňme, že Röntgen objevil umělé neviditelné záření a Becquerel přišel na to, že existuje přirozená radioaktivita nerostů. Manželé Curieovi se rozhodli přirozenou radioaktivitu dále zkoumat, a to nikoliv skrze fotografické desky, ale sledováním elektrických vlastností paprsků pomocí tzv. elektroskopu, což je vakuovaná baňka se dvěma kovovými plíšky, známá z výzkumů statické elektřiny. Po nabití elektroskopu elektrickým nábojem se lehké plíšky vzájemně odpuzují, a tudíž rozestupují. Průchodem nabitých částic se plíšky vybíjejí, a tedy přibližují. Motivací k výzkumu bylo dřívější poznání, že částice nazývané ionty – podle řeckého slova označujícího poutníka či cestujícího – byly schopné vytvářet elektrické a optické jevy.

Marie si půjčovala různé vzorky minerálů a sledovala, které z nich projevují schopnost vyzařovat neviditelné paprsky. Ze všech vzorků, které Marie testovala, jen dva typy poskytovaly záření. Kromě již známých minerálů uranu objevila, že i minerály obsahující thorium (prvek nazvaný podle nordického boha Thora) mají podobné účinky. Schopnost vydávat neviditelné pronikavé paprsky v roce 1898 nazvala radioaktivitou. Když prováděla pokusy s torbernittem, tedy fosforečnanem uranu a mědi, byla radioaktivní odezva mnohem větší, než odpovídalo známému obsahu uranu. Marie proto připravila torbernit che-



Základem hornického řemesla je po dobu mnoha staletí až do současnosti dvojice nástrojů nazývaných na Příbramsku i jinde „krac a troky“. Krac neboli také kracka je hrabací motyčka, troky jsou necičky na přenášení rudy nebo obecně rubaniny. Zatímco motyček bylo na evropských hornických lokalitách používáno mnoho druhů, tvar neciček se podle archeologických nálezů z Alp téměř nezměnil od doby bronzové.

Traditional tools called *krac* and *troky* ('hoe' and 'tray'), which were essential to mining for many centuries.

Im Bergbau wurden seit vielen Jahrhunderten bis heute Krätze und Trog angewendet.

Foto archiv Jiří Ječmínek.

mickou cestou, ale ten měl menší aktivitu než přírodní vzorek. Znamenalo to, že dříve zkoumaný minerál musí obsahovat ještě nějaký další, dosud neznámý zářivý prvek.

Získání neznámé radioaktivní součásti z přírodního materiálu se ukázalo být velmi pracné a nesnadné. S pomocí německých chemiků se Curieovi naučili provádět rozklad minerálů a hledali způsob separace neznámé látky. Vodítkem správnosti zvolené cesty byla narůstající radioaktivita produktů. K překvapení badatelů však narůstala aktivita ne jedné, ale hned dvou frakcí. Podle Curieových by to mělo ukazovat na přítomnost dvou nových radioaktivních prvků, odlišných od uranu a thoria. Objevitelé je nazvali polonium (podle vlasti paní Curie) a radium (z latiny „zářivé“). Důkazem prvku byla poprvé v historii jeho radioaktivita, protože zastoupení prvků v přírodním materiálu je mizivé. Aby bylo možné získat co největší množství a podrobně prozkoumat jejich vlastnosti, vyjednali si Curieovi

z Jáchymova dodávku 100 kg odpadu po zpracování uranových barev a po čtyřech letech těžké práce v roce 1902 připravili 0,1 gramu solí radia.

Manželé Curieovi objevem radioaktivity položili základy moderní fyziky, která zkoumá poměry v jádru atomů. O rok později získali společně s H. Becquerellem Nobelovu cenu za fyziku za objev spontánní radiace. Pierre zemřel tragicky při pouliční nehodě. Zaujatý vlastními myšlenkami vstoupil bez rozhlížení do vozovky. Skromná, ale velmi pracovitá Marie Curie pokračovala ve výzkumu lékařského využití radia. V roce 1911 získala druhou Nobelovu cenu. Říká se, že si pro ni přišla ve stejných tmavých šatech, jaké na sobě měla už při předání první ceny. Zemřela v roce 1934 na leukémii, kterou pravděpodobně dostala při práci s radioaktivními materiály. V den jejího úmrtí Leó Szilárd podal patent, ve kterém navrhl princip atomové bomby a popsal myšlenku kritického množství, které je nutné k jaderné reakci.

Odkud radioaktivita přicházela? Curieovi se domnívali, že od Slunce, ale měření v noci dávalo stále stejné výsledky. Ptali se, zda vůbec platí zákon zachování energie. Do této záhadné situace vstoupili dva od dětství nerozluční přátelé, němečtí meteorologové, či spíš fyzikové atmosféry Julius Elster a Hans Geitel. Věděli, že vzduch je za určitých podmínek vodivý, jinak by se nemohlo při bouřce blýskat. Napadlo je, jestli na neviditelné záření nemá nějaký vliv počasí. Aby se vyhnuli působení Slunce, měřili při jednom z pokusů intenzitu radioaktivního záření v půl kilometru hlubokém dole v Harcu a stále jim vycházelo, že příčinou není ani počasí, ani sluneční svit. Postačující podmínkou pro projevení se radioaktivity byla pouhá přítomnost některého z poznaných radioaktivních prvků, bez ohledu na jeho chemickou vazbu nebo fyzikální stav sloučeniny. Nezbyvalo než připustit překvapivé vysvětlení, že radioaktivita je vlastností atomů prvků, a další výsledky naznačovaly, že její důvod musí být někde uvnitř atomu. Vystávala otázka: co když je atom složen z více částí a vyvíjí se?

Výzkum se další roky soustředil na záření. Kdyby bylo optické povahy, šlo by rozložit v hranolu na různé barvy. Kdyby ale záření bylo hmotné povahy, třeba složené z velmi drobných částic, bylo by možné jej odklonit pomocí magnetu. Pokusy s katodovým zářením nakonec přivedly J. J. Thomsona k objevu elektronu. Předpokládal, že pokud je negativně nabitý, jádro atomu by mělo být pozitivní. A jediný způsob, jak se něco dozvědět o jeho struktuře, bylo bombardovat jej jiným zářením.

Mezitím pokročila i výroba radia, které začalo být cenově dostupné. Ernest Rutherford zakoupil 30 mg sloučeniny radia a začal zkoumat jeho vlastnosti. Část vzorku s radiumem zapůjčil svým kolegům. Ti objevili, že radium emituje částice, ze kterých vzniká helium, ale ve spektru se objevily i čáry do té doby neznámého plynu, který po mnoha dohadách nazvali radon. Nemůžeme zde sledovat složité a krásné cesty vznikající jaderné fyziky, ale můžeme připomenout Rutherfordova žáka Hanse Geigera, který navrhl přístroj na měření radioaktivity, dodnes používaný Geigerův analyzátor – jednoduchý, přenosný přístroj, jakých bylo na každé uranové šachtě desítky.

Rutherford a další fyzici si všimli, že radium otepluje svoje okolí. Již první výpočty byly fantastické, protože gram radia měl vydávat 22 500 kalorií za hodinu! Později se ukázalo, že množství energie uvězněné v atomu je ještě mnohonásobně větší. Bylo to mnohem víc tepla, než kolik vznikalo při spalování vodíku, do té doby nejsilnější známé chemické reakci. Jev je v současnosti využíván v jaderných elektrárnách, což je vlastně velký parní stroj, ve kterém tepelná energie vzniká rozpadem jádra. Práce Rutherforda a jeho skupiny odhalily, že existuje dokonce více druhů záření radioaktivních prvků. Rutherford proto rozeznával záření alfa a beta. Alfa záření radia využil k odstřelování tenké zlaté fólie s úmyslem sledovat jeho průchod fólií. Zaznamenal však neočekávanou anomálii, kdy docházelo k částečnému ohybu záření, a dokonce v malé části případů k jeho odrazu. Znamenalo to, že atom zlata má vnitřní strukturu. S uvážením faktu, že částice záření alfa nesou kladný náboj, bylo možné vytvořit tzv. „planetární model“ atomu, který připomíná sluneční soustavu, v jejímž centru je velmi malé, těžké, kladně nabitě jádro a kolem něj obíhají záporně nabitě elektrony. Bylo to velice imaginativní, protože nitro hmoty se začalo podobat hlubinám vesmíru a makrokosmos vesmíru našel svůj obraz v mikrokosmu atomu.

V období kolem první světové války se sice hromadily objevy, ale stále nebylo jasné, kde se v atomu uranu či radia bere tak obrovské množství energie. Jadernou fyzikou se zabývalo stále víc vědců, což vedlo ke svolání první mezinárodní konference o jaderné fyzice v Římě v roce 1931. Ještě v té době to vypadalo, že obor má sice obrovský teoretický význam, ale praktické uplatnění se bude odehrávat v daleké budoucnosti anebo k němu nikdy nedojde. Vědci se však naučili poměrně přesně měřit radioaktivitu a také si všimli, že když jako Pierre Curie nebo Ernest Rutherford nosíte ampuli s radiem v náprsní kapse, přivodíte si ošklivé spáleniny, protože záření radia ničí živé buňky.

Tento poznatek využili francouzští lékaři za první světové války. Infekce ran představovala nejvážnější problém válečné medicíny, protože antibakteriální léčiva typu sulfonamidů ani antibiotika v té době nebyly známy. Paní Curie vyráběla tenké, oboustranně zatavené skleněné kapiláry naplněné radonem. Ten se průběžně, bez ohledu na válečnou situaci, uvolňoval z jejích vzorků radia. Tyto kapiláry se přikládaly do obvazů co nejtěsněji k ráně, aby radioaktivní záření radonu a jeho dceřiných produktů brzdilo rozvoj infekce. Podobný princip se dnes využívá při léčbě rakoviny. Neexistuje výpočet, který by srovnával množství lidských životů ztracených a naopak získaných při práci s radioaktivními látkami, ale předpokládáme, že po desetiletích léčby rakoviny je celková bilance pozitivní.

Dokonce byla vyvinuta nová hnojiva, která využívala radioaktivních zbytků po zpracování radia. Biologové si totiž všimli, že ačkoliv velké dávky radioaktivity rostliny zabíjí, malé dávky mohou podporovat jejich růst. Biologové z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy dokonce zalévali rostliny jáchymovskou vodou, aby zjistili, jaký má na ně vliv, ale výsledky nebyly průkazné.



**Hloubení uranové šachty; v pozadí je vidět základ budoucího náraziště (místa určeného k dopravě rubaniny a mužstva jamou). Horníci na místo sjíždějí v okovu. Někteří z nich mají vysoké, tzv. hlubinářské přilby, o kterých se věřilo, že lépe chrání před pádem kamene. I malý kámen padající stovky metrů dosahuje nebezpečné rychlosti a při pádu vydává zlověstný bručivý zvuk.**

Excavation of the uranium shaft; miners descend underground in a 'hoppet'.

Teufen eines Uranschachtes, Bergleute im Kübel bei der Ein- oder Ausfahrt.

Foto archiv Jiří Ječmínek.

## Okouzlení radioaktivitou

Neobvyklé účinky radioaktivního záření a radioaktivních látek právem vzbuzovaly zájem médií a tím i nejširší veřejnosti, která byla seznámena s překrásným uranovým sklem, uranovými barvami a velmi povzbudivými výsledky využití radioaktivity pro lékařské účely. Radioaktivita se stala na počátku 20. století módní záležitostí nejlepší společnosti, ale i běžní lidé podléhali kouzlu neviditelných paprsků. Nejednen hospodský nazval v té době svůj podnik Restaurace Radio.