

Borůvka, Otakar: About Otakar Borůvka

Eduard Fuchs

Otakar Borůvka a Francouzská matematika

Práce z dějin vědy, Vol. 21, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, Praha, 2009, ISBN 80-7285-050-1, 69-80

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/500420>

Terms of use:

© Akademie věd ČR, 2009

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

OTAKAR BORŮVKA A FRANCOUZSKÁ MATEMATIKA

Eduard Fuchs

Stojíme na prahu 21. století a v nejrůznějších souvislostech rekapitulujeme události století minulého. Porovnáme-li stav matematiky dnes a před sto lety, zůstaneme mnohdy stát v úžasu nad tím, jak prozíraví byli naši předchůdci a jak daleko dohlédli nejen pokud jde o problematiku vědy, ale i pokud jde o metody jejího dalšího rozvoje. Stejně tak ovšem náš úžas probouzejí ty aspekty vývoje vědy, které ani ti největší myslitelé nemohli předvídat a vytušit.



David Hilbert

Oba tyto póly by bylo možno snadno dokumentovat na jedné z největších matematických osobností minulého přelomu věků, na **Davidu Hilbertovi**²⁾, který tak prozíravě nastínil vývoj matematiky ve 20. století

2) David Hilbert (1862-1943), německý matematik.

ve své slavné přednášce o 23 problémech, kterou přednesl na 2. světovém matematickém kongresu v Paříži v srpnu roku 1900.

My se však dnes chceme zabývat jinou osobností, která svým dílem výrazně ovlivnila rozvoj matematiky ve 20. století: jedním z největších českých matematiků, **Otakarem Borůvkou**, jehož životní osudy i vědecká práce jsou v mnohém typické pro osud intelektuálů i pro vývoj matematiky ve 20. století. Navíc se pokusíme prokázat, že jeho sepětí s francouzskou matematikou a s francouzskými matematiky bylo pro jeho osudy a dílo zásadní a v žádném případě je nelze považovat za okrajové či násilně vykonstruované.

O. Borůvka se narodil ještě na sklonku 19. století, 10. 5. 1899, v malém jihomoravském městečku Uherském Ostrohu. Kdybychom chtěli jednou větou naznačit, co na jeho životních osudech lze považovat za typické pro 20. století, mohli bychom hovořit o jeho studiích za 1. světové války, kdy před hrozbou odvodu a odchodu na frontu přerušil studium na gymnáziu a odešel studovat na vojenskou technickou akademii do rakouského Mödlingu u Vídně (pro nás, kdož jsme ho znali jako seriózního starého pána, byla věru komická představa mladého O. Borůvky jezdcího na koni a šermujícího s kuklou na hlavě, v níž mu překážely silné brýle, které již tehdy nosil); mohli bychom hovořit o jeho mladých letech v nově vzniklém demokratickém Československu, o tragických letech 2. světové války, kdy byly české vysoké školy uzavřeny, o nesnadném životě v komunistickém režimu, kdy nestraník Borůvka byl trnem v oku tehdejšími mocipánům a jehož „buržoasní původ“, kontakty se zahraničními vědci a světový ohlas jeho prací byly jen „přítěžujícími“ okolnostmi.

Nebylo by lehké popisovat události po ruské okupaci v r. 1968, kdy byl profesor Borůvka po 50 letech práce z univerzity doslova vyhozen beze slova uznání natož díky. A konečně bychom mohli hovořit o posledních letech jeho života, kdy se dožil návratu demokracie do své vlasti a byť fyzicky ne zcela v pořádku, tak duševně naprosto svěží se dočkal i všestranného uznání za své celoživotní dílo, které se definitivně završilo 22. 7. 1995, kdy ve svých 96 letech v Brně zemřel.

Domníváme se, že na jeho osudech lze opravdu sledovat evropské dějiny 20. století jako na dlani.



Otakar Borůvka v r. 1981

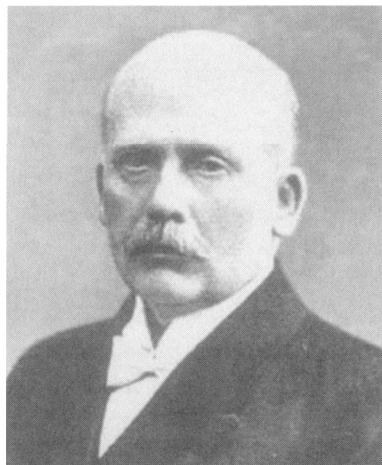
Na Borůvkovu další životní dráhu měly v počátku zásadní vliv dvě okolnosti. První z nich bylo to, že v r. 1919, po řadě let zápasů o zřízení druhé české univerzity, byla v Brně, druhém největším městě nově vzniklého Československa, založena univerzita, která byla pojmenována po prvním československém prezidentovi, T. G. Masarykovi³⁾. Druhou ze zmíněných okolností byl fakt, že prvním profesorem matematiky na Masarykově univerzitě byl jmenován **Matyáš Lerch**, který přivedl O. Borůvku k matematice a na něhož po celý život O. Borůvka vzpomínal s úctou a vděčností jako na svého prvního a „celoživotního“ učitele.

Matyáš Lerch (1860-1922) byl prvním českým matematikem světového jména. V r. 1900 získal Velkou cenu pařížské akademie za práci *Essais sur le calcul du nombre des classes de formes quadratiques binaires aux coefficients entiers*. České poměry na sklonku 19. století svým způsobem charakterizuje skutečnost, že přes jeho mimořádné vědecké výsledky pro něho na českých vysokých školách nebylo místo, které získávali mnohem průměrnější adepti. A tak na přímluvu a doporučení svého dobrého přítele a příznivce Ch. Hermitea⁴⁾, se stal profesorem matematiky ve švýcarském

3) Tomáš Garrigue Masaryk (1850-1937), český politik a univerzitní profesor filosofie a sociologie, 1918-1935 československý prezident.

4) Charles Hermite (1822-1901), francouzský matematik.

Fribourgu. Na české školy se vrátil až v r. 1906, kdy byl jmenován profesorem na české technice v Brně. Tam také po skončení 1. světové války začal studovat O. Borůvka, který si víceméně náhodou zapsal matematickou přednášku u Lercha, jemuž se většina studentů snažila vyhnout. Lerchovy přednášky totiž rozhodně pro svou náročnost nepatřily k těm oblíbeným.



Matyáš Lerch

Setkání profesora Lercha a mladého studenta Borůvky se pro Borůvku stalo osudové. Jak sám s oblibou říkával, stala se matematika jeho životním posláním proto, že ji neuměl. Začátky u Lercha rozhodně nebyly snadné. Borůvka se však s usilovností sobě vlastní začal matematice věnovat natolik, že když se Lerch stal profesorem na Masarykově univerzitě, nabídl svému studentovi, aby se stal jeho asistentem. A tak Borůvka, stále ještě posluchač techniky, začal na univerzitě mimořádně studovat a současně i pracovat jako Lerchův asistent.

Lerch pracoval v různých oblastech matematiky, nejvýznamnějších výsledků však dosáhl v teorii čísel a především v matematické analýze. A právě k matematické analýze, zejména ke studiu vlastností speciálních funkcí, vedl i O. Borůvku. A Borůvka se analýze začal opravdu cílevědomě věnovat.

V r. 1922 však prof. Lerch náhle a neočekávaně zemřel a v r. 1923 na jeho místo přišel mladý a ambiciózní Eduard Čech⁵⁾, který se v té době věnoval diferenciální projektivní geometrii, kterou v letech 1921-1922 studoval v Turinu u Fubiniho⁶⁾, a v níž měl v té době již světové jméno.

Čech byl v mnoha ohledech pravým opakem Lerchovým. Lerch byl svým způsobem typickým reprezentantem končícího 19. století, reprezentantem generace ovládající „klasickou“ matematiku, generace, jejíž přehled a vhlad do matematiky byl obdivuhodný a jejíž schopnosti například v matematické analýze byly pro dnešní matematiky jen těžko představitelné⁷⁾. Přesto však tato generace pomalu vyklízela pole generaci nastupující; a Čech byl jejím čelným a důstojným představitelem.

Čech přinesl do brněnského matematického života vzruch. Podle Borůvkových vzpomínek (viz například [1]) přinesl osvěžení svými přednáškami na nejrůznější témata, do té doby prakticky nefrekventovaná, svými náměty organizačními, svými zahraničními styky



Eduard Čech

5) Eduard Čech (1893-1960), český matematik.

6) Guido Fubini (1879-1943), italský matematik.

7) Při četbě Lerchových článků z analýzy člověk žasne, s jakým přehledem a samozřejmostí se přenáší přes četná úskalí, která se při „rekonstrukci“ našinci jeví jako překonatelná jen s maximálními obtížemi.

a cestami, novými metodami práce. Pod Čechovým vlivem a vlastně na Čechovo zadání se Borůvka záhy přeorientoval na projektivní diferenciální geometrii, kterou se musel učit od začátku. A tady začíná Borůvkova cesta k jeho „druhému velkému učiteli“, jak o něm vždycky s úctou hovořil. Po letech Borůvka vzpomíná ([1], str. 94):

Brzy jsem od Eduarda Čecha dostal za úkol prostudovat a osvojit si metody pařížského profesora Elie Cartana v oboru diferenciální geometrie, zejména jeho metodu pohyblivého reperu. Byl to úkol téměř nad mé síly. Tehdy nebyly v tomto směru žádné učebnice a jediným pramenem byly časopisecké práce Elie Cartana, které ostatně ani nebyly vždycky k dosažení. Byl jsem ve své práci zcela izolován, a to nejenom v Brně (Eduard Čech v té době Cartanovy metody ještě neuměl), ale možná vůbec na této planetě, neboť ony metody byly zbrusu nové, originální, hluboce založené a ne právě lehké čitelné. Vzpomínám si, že jsem Cartanovo pojednání o projektivní deformaci ploch, které bylo pro mne hlavním pramenem studia, uměl ustavičným čtením téměř nazpaměť a přece se mně kořeny metody ustavičně ztrácely v mnoha nejasnostech.

Poznamenejme, že Borůvkova slova o obtížnosti Cartanových metod nejsou ani trochu přehnaná; metoda pohyblivého reperu dodnes patří k těm nejobtížnějším metodám moderní diferenciální geometrie. Po formální stránce totiž vede na komplikované systémy parciálních diferenciálních rovnic, u nichž je navíc nutno brát v úvahu jejich prodloužení. Tato obtížnost je ovšem vyvážena hlubokými výsledky, které umožňuje získat.

A Borůvka, byť s obtížemi, tuto metodu zvládl a Eduard Čech, který to dovedl patřičně ocenit, zařizuje Borůvkovi studijní pobyt v Paříži, aby přímo u Elie Cartana studoval jeho progresivní metody. 1. října 1926 tedy Borůvka odjel na téměř roční pobyt do Paříže⁸⁾. Navštěvoval přednášky matematiků, kteří dodnes patří k těm nejvýznamnějším a jejich jména znějí jako z legend: Émile Picard⁹⁾, Jacques Hadamard¹⁰⁾,

8) Borůvka měl fenomenální paměť. A tak po více než 60 letech dovedl o všech svých zahraničních cestách vyprávět neuvěřitelné podrobnosti. Prakticky u všech svých zahraničních přednášek (a byly jich desítky) si pamatoval jejich významné účastníky včetně takových podrobností, kde jednotliví účastníci seděli a jak na problematiku reagovali.

9) Charles Émile Picard (1856-1941), francouzský matematik.

10) Jacques Hadamard (1865-1963), francouzský matematik.



Elie Cartan

Maurice Fréchet¹¹⁾, Edouard Goursat¹²⁾, především však Elie Cartan¹³⁾. S ním se záhy Borůvka sblížil. Navštěvoval ho nejprve pravidelně v jeho pracovně na Sorbonně, posléze i v jeho bytě ve Versailles a postupně se s ním sblížoval nejen odborně, ale i lidsky. Ano, právě Elie Cartan se stal jeho „druhým velkým učitelem“, jehož po celý život vděčně vzpomínal. Borůvka, člověk laskavý avšak přísný a náročný k sobě i k ostatním o Elie Cartanovi ještě na sklonku svého života říká ([3], str. 60): *A tak musím říci, že během častého styku s ním ve mně vzrůstala hluboká úcta k tomuto muži, u něhož jsem nacházel všechny vlastnosti, které ve mně vytvářejí obraz ideálního člověka.*

Dovolte, abych stručnou osobní vzpomínkou nakrátko přeskočil více než 40 let. Borůvka se během svého druhého pařížského pobytu v letech 1929-1930 zúčastnil i rodinné dovolené Elie Cartana v Alpách, během níž se sblížil i se čtyřmi Cartanovými dětmi. Syn Henri se posléze sám stal vynikajícím matematikem, profesorem na pařížské univerzitě a jedním ze zakladatelů proslulého kolektivu Bourbaki. V červnu r. 1969, po několikaletém úsilí prof. Borůvky, navštívil Henri Cartan¹⁴⁾ Brno, kde

11) Maurice René Fréchet (1878-1973), francouzský matematik.

12) Edouarde Goursat (1858-1936), francouzský matematik.

13) Elie Joseph Cartan (1869-1951), francouzský matematik.



Henri Cartan

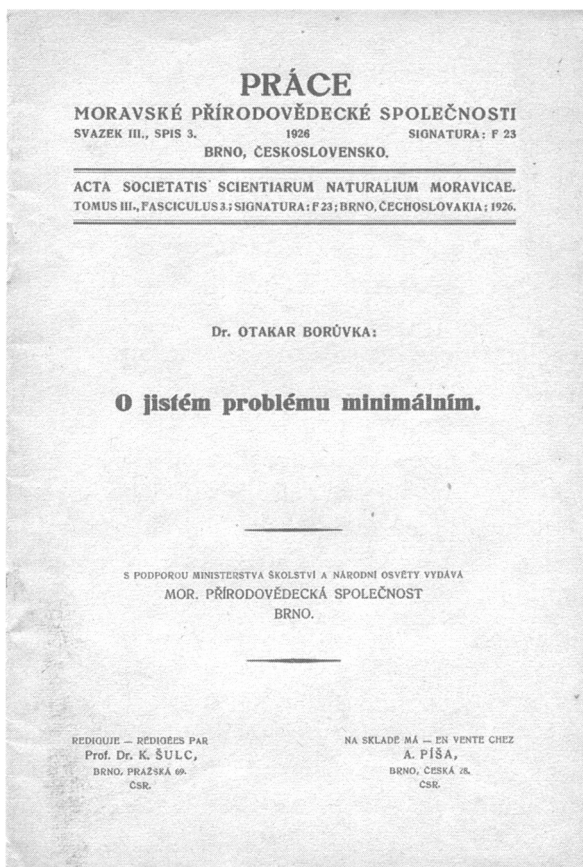
proslovl dvě přednášky, kterých jsem se mohl rovněž zúčastnit. Abych byl upřímný, téma Cartanových přednášek si již přesně nepamatuji. Dodnes mně však v mysli utkvělo, s jakou radostí ho prof. Borůvka uváděl jako svého přítele a syna jednoho z nejvzácnějších lidí, s nimiž se kdy setkal.

Borůvka jako jeden z prvních matematiků Cartanovy metody v diferenciální geometrii zvládl a během příštích let v řadě publikací dosáhl v této oblasti pozoruhodných výsledků. Řada jeho výsledků vstoupila do učebnic geometrie, na jeho výsledky z teorie analytických korespondencí bezprostředně navázala proslulá bolognská škola. Když byl v Paříži v r. 1952 ustaven mezinárodní výbor pro souborné vydání díla Elie Cartana, stal se O. Borůvka jedním z jeho členů.

Vraťme se však ještě jednou do období prvního Borůvkova pařížského pobytu. Tehdy se totiž udála i jiná zajímavá příhoda, která bezprostředně souvisí s jinou oblastí Borůvkova díla, s výsledkem, jímž navždy vstoupil do historie matematiky. Jak to ovšem často bývá, v první chvíli si ani sám zřejmě nebyl plně vědom mimořádné důležitosti tohoto výsledku. Oč tedy jde?

14) Henri Paul Cartan (*1904), francouzský matematik.

Borůvka vzpomíná (viz [3]): *Studium na školách technického směru mně velmi přiblížilo inženýrské vědy a způsobilo, že jsem měl pro technické a jiné aplikace matematiky vždycky plné porozumění. Brzy po skončení 1. světové války, na začátku 20. let, prováděly Západosmoravské elektrárny v Brně elektrifikaci jižní Moravy. V rámci přátelských styků, které jsem měl s některými jejich pracovníky, jsem byl požádán, abych z hlediska matematického řešil otázku co nejušpornějšího provedení elektrovodní sítě. Podařilo se mně najít konstrukci*



Uvedený výsledek Borůvka uveřejnil v práci *O jistém problému minimálním*, kterou uveřejnil v r. 1926 ([2]). V té době ještě neexistovala

teorie grafů, která se konstitovala až asi o 10 let později. V celé Borůvkově práci se ostatně pojem „graf“ ani jednou nevyskytuje. Fakticky však Borůvka objevil algoritmus pro nalezení minimální kostry konečného souvislého grafu, který dnes hraje naprosto zásadní roli v teorii grafových algoritmů a v celé moderní diskrétní matematice. Jak tomu již bývá, byl tento výsledek v následujících desetiletích ještě několikrát znovu „objeven“, Borůvkova priorita je však naprosto nezpochybnitelná.

V rámci prvního pařížského pobytu Borůvka navštěvoval, kromě jiných, i seminář prof. Coolidge¹⁵⁾, který v té době v Paříži působil. Na jaře 1927 byl Borůvka Coolidgem vyzván, aby na semináři promluvil o svých výsledcích. Ačkoliv víceméně samozřejmě předpokládal, že bude hovořit o svých výsledcích z diferenciální geometrie, nabídl v podstatě formálně Coolidgovi výběr ze tří témat, z nichž jedno se týkalo onoho „minimálního problému“. K Borůvkovu nesmírnému překvapení si Coolidge právě ono téma pro seminář okamžitě vybral. A tak Borůvka na semináři referoval na tu dobu o věru netradiční problematice.

Poněkud pikantní je následující skutečnost: ačkoliv uvedené přednášky se zúčastnil i Elie Cartan¹⁶⁾, zřejmě na téma přednášky časem zapomněl, neboť v r. 1938 doporučil pro *Comptes Rendus* práci G. Choqueta, v níž je Borůvkův algoritmus bez citace zopakován.

Jen pro dokreslení dodejme, že další „objev“ téhož algoritmu provedl v r. 1961 G. Sollin. Rukopis však nepublikoval, ačkoliv práce byla již dokonce citována v knize Berge a Ghoula-Houri *Programming Games and Transportation Networks*, Wiley 1965.

V polovině třicátých let ve své vědecké práci postupně Borůvka diferenciální geometrii opouštěl. Odmítl nabídku Eduarda Čecha, aby se zapojil do práce jeho brněnského topologického semináře, který si postupně získával bez nadsázky světový ohlas; jeho lákala moderní algebra, která se rychle rozvíjela po vydání průkopnické van der Waerdenovy¹⁷⁾ knihy v r. 1931.

15) Julian Lowell Coolidge (1873-1954), americký matematik.

16) Osobní sdělení O. Borůvky autorovi.

17) Bartels Leendert van der Waerden (1903-1996), nizozemský matematik.

A tak několik následujících let cílevědomě pracoval v algebraické problematice. Vybuďoval teorii grupoidů jako dalekosáhlé zobecnění teorie grup, kterou začal na fakultě přednášet. Systematicky také pracuje na teorii rozkladů na množině, kterou bohatě využíval právě v teorii grupoidů. Poznamenejme, že do té doby byly rozklady v matematice uvažovány prakticky pouze v jazyku teorii ekvivalencí, kterou souběžně s Borůvkou budovali francouzští matematikové Paul Dubreil¹⁸⁾ a M. L. Dubreil-Jacotin. (O jejich práci však Borůvka prakticky nic nevěděl, protože za druhé světové války, v době okupace, byl přístup i k časopiseckým pramenům prakticky znemožněn.)

Ačkoliv jsou teorie rozkladů a teorie ekvivalencí prakticky rovnocenné, je každá z nich výhodná v jiném typu úvah. Borůvkovi teorie rozkladů umožnila odvodit dalekosáhlé zobecnění proslulé věty Jordan-Hölder-Schreier-Zassenhausovy na jedné straně a současně dospět k počátkům teorie svazů, která se v té době teprve začínala utvářet v díle Birkhoffově¹⁹⁾. Mimochodem, Borůvka je rovněž spoluvůrcem české terminologie v této oblasti. Český termín „svaz“ pro anglický termín „lattice“ užil poprvé právě Borůvka v r. 1939.

Po druhé světové válce se nakrátko poměry vrátily do normálních kolejí. Borůvka se již po několikáté ve své profesionální dráze přeorientoval na úplně novou matematickou disciplínu. Poslední desetiletí věnuje teorii obyčejných diferenciálních rovnic, v níž vybuďoval školu mezinárodního významu. Tato část jeho tvůrčí dráhy však již přesahuje rámec tohoto pojednání.

Zcela jsme pominuli mnoho dalších aspektů Borůvkova života, především jeho vynikající dílo pedagogické, jímž se zapsal do dějin české i slovenské matematiky. Ukončeme však tuto přednášku jedním jeho citátem, který ve zkratce vystihuje styl jeho myšlení i životní krédo:

Dívám-li se dnes kriticky na své dílo, zdá se mi, že metoda, kterou jsem ve své práci používal, byla velmi správná: studoval jsem problémy z různých matematických oborů, přičemž jsem obvykle vycházel z nezodpovězených otázek blízkých klasické látce. Tím jsem získal přehled o rozsáhlých oborech matematiky a našel jsem souvislosti mezi poznatky ze vzájemně vzdálených matematických oborů.

18) Paul Dubreil (1904-1994), francouzský matematik.

19) Garrett Birkhoff (1911-1996), americký matematik

Před každým vážnějším úkolem pečlivě a svědomitě zkoumám, jak bych jej nejlépe vyplnil, a když najdu řešení, provedu jej, jak nejlépe dovedu podle svého nejlepšího vědomí a svědomí a svých sil. Úspěchy považuji za přirozené důsledky svého jednání a nepřipisuji jim zvláštní důležitost. Neúspěchy pokládám za projevy složitosti života a беру si z nich poučení. Avšak nikdy nelituji svých rozhodnutí, protože jsem v každém okamžiku jednal, jak nejlépe jsem dovedl.

LITERATURA

- [1] Borůvka, O.: *Několik vzpomínek na matematický život v Brně*, Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 22 (1977), 91-99.
- [2] Borůvka, O.: *O jistém problému minimálním*, Práce Moravské přírodovědecké společnosti 3 (1926), 37-58.
- [3] *Otakar Borůvka*, Universitas Masarykiana, Brno 1996.