Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí

Sborník referátů ze semináře

Úpice 2019

Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí

Editor: Marcel Bělík

„Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí“
příspěvky přednesené na semináři v České Skalici ve dnech 22.– 24. 5. 2018

ISBN 978-80-86303-53-6

Pořadatelé:

Hvězdárna v Úpici ve spolupráci s

• Českou astronomickou společností
• Českou bioklimatologickou společností v Praze
• Komisí pro otázky životního prostředí AV ČR
• Českou lékařskou společností J. E. Purkyně – Spolkem lékařů v Trutnově
• Jednotou českých matematiků a fyziků

Redakční rada sborníku „Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí“

Předseda RNDr. Martin Novák

Členové: RNDr. Petra Koucká Knížová, PhD.
Ing. Lenka Hájková, PhD.
Ing. Marcel Bělík
Mgr. Richard Kotrba

Všechny příspěvky uvedené ve sborníku jsou recenzované.

Za věcnou správnost otištěných příspěvků, studií, článků, zpráv apod., včetně autorských práv odpovídají jejich autoři. Názory autorů ve zveřejněných materiálech se nemusí shodovat s názory a stanovisky redakční rady.

OBSAH:

Zbytkové optické vady objektivu Merz 108/1620 mm Zdeněk Rail, Zbyněk Melich, Bohdan Šrajer, David Vápenka	6
Několik návrhů mimoosových optických soustav Zdeněk Rail, Helena Franců, Iva Ulrichová, Gabriela Šípová, David Vápenka, Emil Vávra	27
Digitalizace Maksutovovy komory 350/840 úpické observatoře Zdeněk Rail, Zbyněk Melich	48
Nový pozorovací sluneční dalekohled Radovan Mrllák	61
100 let Československé republiky a 101 let České astronomické společnosti Marcel Bělík	62
Komety, meteory, Neptun a Josef Morstadt Martin Cholasta	63
Střípky z digitalizovaného archivu dr. Františka Průši Martin Lehký	64
Solarografie pro 80 dětí Richard Kotrba	65
Třicet let soužití s kometami Martin Lehký	66
Krkonošský národní park – ostrov severské přírody v srdci Evropy Dan Bílek	67
Krkonoše z letadla Dan Bílek	68
Detekce vlivů proměnlivosti sluneční aktivity na troposféru: Problémy a výzvy z pohledu klimatologa Radan Huth	69
Extrémní teploty v pražském Klementinu – horké léto a studená zima Jaroslav Střeštík	70
VÝSKYT MRAZŮ V DUBNU A KVĚTNU NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ 1961–2015 Lenka Hájková, Věra Kožnarová	77
Meteorologické podmínky a smog v ČR Martin Novák	90
Dědičnost závislostního chování a možnosti jeho včasného odhalování Petr Kachlík	91
Vulkanické pohoří v Centrálním masivu ve Francii "Francouzské středohoří" Blanka Šreinová	100
Neobvyklé zemětřesení ML=3.5 u Hlučína 10.12.2017 Jan Zedník	123
Great American Eclipse Radovan Mrllák, Marcel Bělík	124
Solar eclipse and its effects in the ionosphere Petra Koucká Knížová, Daniel Kouba, Zbyšek Mošna, Kateřina Potužníková	125
Montessori vzdělávací systém z pohledu rodiče Alžběta Tichá	126

Zbytkové optické vady objektivu Merz 108/1620 mm

Zdeněk Rail, Zbyněk Melich, Bohdan Šrajer, David Vápenka
Ústav fyziky plazmatu AV ČR,v.v.i -Toptec, Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8, Česká republika.

e-mail : rail@ipp.cas.cz, melichz@ipp.cas.cz, srajer@ipp.cas.cz, vapenka@ipp.cas.cz

Abstrakt: Během čištění a seřizování Merzova objektivu o průměru 108 mm a ohniskové vzdálenosti 1620 mm jsme měli příležitost proměřit jeho optické parametry. Z naměřených hodnot jsme provedli výpočet zbytkových optických vad tohoto achromatického objektivu. Výsledky těchto matematických simulací přinášíme v tomto referátu. Objektiv byl vyroben okolo roku 1923.

Klíčová slova: Achromatický dublet, aplanát, sférochromatická vada, koma.

The Residual Optical Aberrations of the Merz Objective Lens 108/1620 mm

Abstract: During the cleaning and adjustment of the Merz objective lens of diameter 108 mm and focal length 1620 mm we had possibility to measure its optical parameters. We used them for evaluation of its residual optical aberrations. The results of the mathematical simulations we bring in this paper. The objective lens was manufactured about 1923.

Key words: Achromatic dublet, aplanat, spherochromatic aberration, coma.

1. Úvod

V roce 2017 byly v ÚFP AVČR v.v.i.- Centru Toptec restaurovány mechanické díly a čočky dalekohledu firmy Merz o průměru 108 mm a ohniskové vzdálenosti 1620 mm. [1], [2], [3]
Přístroj byl dlouhá léta skladován v půdních prostorách jednoho domu v severních Čechách, kde byl nedávno objeven. Za velice nízkou cenu jej odloupil jeden z amatérských astronomů, kterému se postupně k němu podařilo získat i další chybějící díly. Dnes vlastní prakticky kompletní refraktor s originální montáží z 20.let minulého století.
V průběhu restaurování byl jeho objektiv proměřen a výsledky měření posloužily k vytvoření matematické simulace jeho zbytkových vad.

2.Měření objektivu

Optické parametry dubletu byly získány standartním způsobem. Nejprve byla u objektivu jako celku změřena pomocí autokolimačního testu jeho chromatická křivka - sečné vzdálenosti paraxiálních paprsků v závislosti na vlnových délkách. Pro čtyři spektrální čáry byla měřena sférická aberace. Poté jsme čočky vyjmuly z objímky a sférointerferometrem Dynafyz změřili tvary a poloměry křivostí ploch. Dále bylo provedeno určení jejich středových tlouštěk. Abychom zjistili indexy lomů skel čoček, bylo nutné autokolimačním testem proměřit chromatickou křivku spojky. Ze sečných vzdáleností paraxiálních paprsků spojky

jsme vypočítali indexy lomů pro jednotlivé vlnové délky a mohli tak matematicky vyjádřit disperzní křivku korunového skla, ze kterého je vyrobena. Indexy lomů rozptylky a disperzní křivku flintového skla byly dopočítány tak, aby výsledná chromatická křivka dubletu co nejlépe odpovídala naměřeným hodnotám. Pro zjištění chromatických křivek objektivu a spojky ve spektrálním rozsahu od 420 nm do 720 nm bylo užito okolo 20 filtrů s pološířkami 10 nm. Uprostřed tohoto oboru byla přesnost stanovení sečné vzdálenosti paprsků okolo 0.1-0.15 mm, v jeho krajích byla dosahována přesnost cca 0.3 - 0.5 mm kvůli nižší spektrální citlivosti oka. Chyby v měření sečných vzdáleností dubletu a spojky mají zásadní vliv na výpočet indexů lomů skel pro jednotlivé vlnové délky a stanovení jejich disperzních křivek. V tabulce 2 uvádíme jejich vypočítané hodnoty na 6 desetinných míst, aby bylo možné tyto křivky určit s dostatečnou hladkostí.

3. Výsledky měření

Achromatický dublet firmy Merz má optický průměr 108 mm a pro zelené paprsky spektrální čáry e (vlnová délka λ_e = 546.1 nm) má jeho ohnisková vzdálenost hodnotu1620.4 mm. Dublet je achromatizován pro spektrální čáry C a F (λ_C = 656.3 nm, λ_F = 486.1 nm). Středové a krajní paprsky zelené spektrální čáry e (λ_e = 546.1 nm) protnou optickou osu ve vzdálenosti cca 1610.5 mm od vrcholu výstupní plochy.
Podélná chromatická vada paraxiálních paprsků ve spektrálním oboru mezi čarami C a F má hodnotu cca 0.8 mm, pro celý viditelný obor mezi vlnovými délkami 400 nm až 770 nm dosahuje cca 6 mm. Na konkávní ploše rozptylky je zonální vada, která způsobuje v zelené čáře e (λ_e = 546.1 nm) podélnou sférickou vadu dubletu cca 2 - 2.5 mm. Paprsky v zóně h = 27 mm mají o 2 - 2.5 mm kratší sečnou vzdálenost než středové a krajní. Je-li objektiv optimálně zaostřen pro čáru e (λ_e = 546.1 nm), jeho vlnová aberace na optické ose v této čáře odpovídá cca 0.25 λ. Aby matematická simulace sférochromatické vady co nejlépe odpovídala skutečnosti, konkávní plocha rozptylky byla vyjádřena pomocí asférických koeficientů. Čočky dubletu jsou velice tenké, spojka má středovou tloušťku cca 10 mm, rozptylka pouze 5.6 mm. Ve spektrálním oboru mezi čarami C a F (λ_c = 656.3 nm, λ_F = 486.1 nm) poskytuje tento dublet osové geometrické obrazy hvězd o průměru cca 80 μm. Střední hodnota průměru osových obrazů hvězd (RMS) je menší, cca 30 μm. Objektiv je blízký aplanatickému řešení, zbytková koma je u něho velmi malá. Čočky jsou vyrobeny ze skel, blízkých Schottovým sklům K5 a F2, s indexy lomů n_{e1} = 1.52187 a n_{e2} = 1.62299. Jejich Abbeho čísla vycházejí ν_{d1} = 60.22 a ν_{d2} = 36.36. Některé plochy dubletu jsou poškozeny vodou, které na ně pravděpodobně natekla při skladování.

4. Závěr

Dalekohled firmy Merz má achromatický objektiv s korekcí typu C-F (λ_C= 656.3 nm, λ_F = 486.1 nm), blízký aplanatickému. Jeho průměr je 108 mm a ohnisková vzdálenost 1620.4 mm. Třetí plocha je asférická a vnáší do obrazu sférickou vadu, která podstatně nezhoršuje zobrazení. Mnohem horší vliv na kontrast budou mít skvrny na optických plochách, způsobené odpařením zateklé vody. Odstranit tyto defekty je možné pouze přeleštěním nebo i přebroušením. Jednalo by se o poměrně zdlouhavou práci vzhledem k nízkým středovým tloušťkám čoček. Jednodušší by bylo vyrobit objektiv nový, ze skleněných disků s většími tloušťkami.

V současné době se výrobou refraktorů se světelnostmi cca 1/15 zabývá jen velice málo výrobců. Na trhu je velký výběr apochromatických objektivů se světelnostmi okolo 1/8 nebo i většími. S použitím reduktorů ohniskové vzdálenosti lze s těmito přístroji úspěšně fotografovat i mlhoviny.
Merzův objektiv 108/1620 mm však reprezentuje jinou kategorii refraktorů. Lze jej porovnat s poloapochromatickým Zeissovým objektivem o rozměrech 110/1650 mm, který se začal vyrábět okolo roku 1924. Tehdy Dr. August Sonnenfeld navrhl použít v objektivu kombinaci skel KzF2 - BK7, poskytující lepší korekci optických vad a vyšší kontrast obrazu. Dublet ale není aplanatický. Tento objektiv je v Zeissových závodech vyráběn dodnes a je označován jako semiapochromát, typ AS. [2], [3], [4], [5]

Pro porovnání zobrazovacích vlastností systémů s podobnými rozměry jsme do obrazové části za článkem zařadili i výsledky simulací dubletu ze skel KzF2 - BK7 110/1650 mm, Spot Maksutovova Cassegrainu 100/1430 mm a dále achromatického objektivu 127/1600 mm z kombinace skel BK7 - F2. [4]

5. Poděkování

Tato práce byla napsána v rámci projektu No. LO1206 Ministerstva školství mládeže a sportu České republiky.

6. Obrazová část

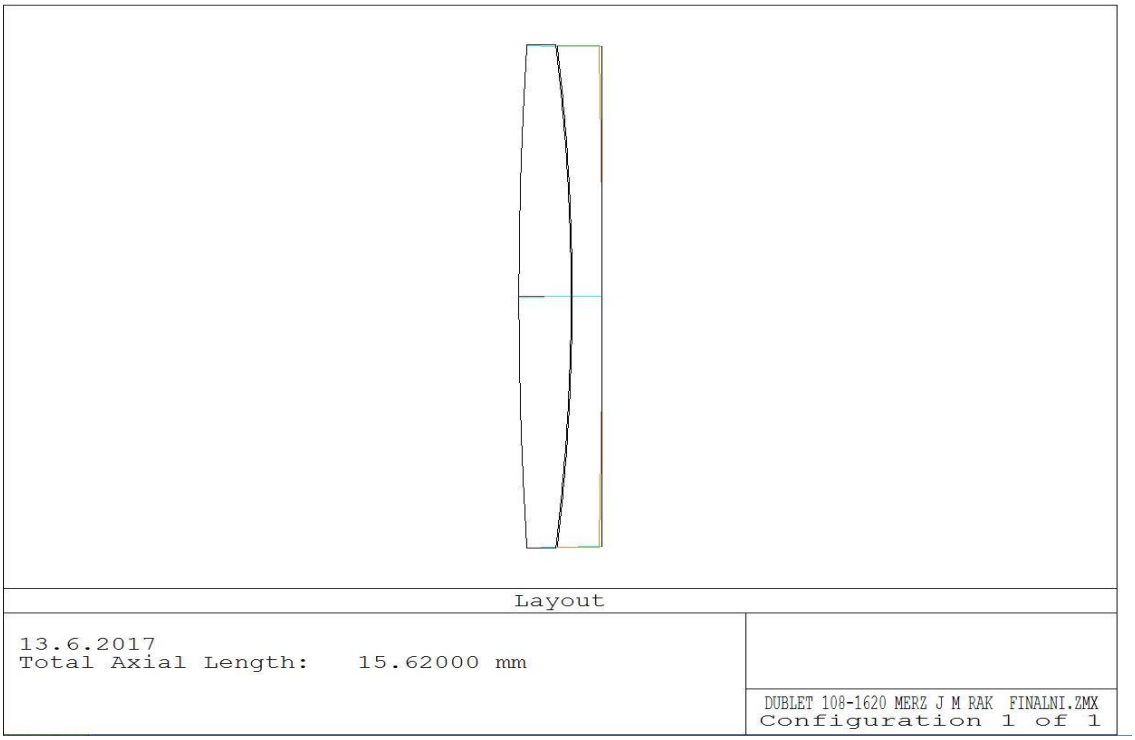
Povrch	Typ	Poloměr křivosti [mm]	Tloušťka [mm]	Sklo	Průměr [mm]	Koeficienty rozvoje řezu plochy do řady k*r^4+l*r^6	Pozn.
OBJ	standard	inf	inf	Air	0	0	
1	standard	964.60	9.79	M-K5	108	0	
2	standard	-506.55	0.2	Air	108	0	
3	standard	-516.33	5.63	M-F2	108	Koef. r^4 : 3.80e-010 Koef. r^6 : -7.40e-014	
STO	standard	-2465.00	1610.98	Air	108	0	
IMA	standard	inf			14.32	0	

Tabulka 1. Optické parametry dubletu Merz o průměru 108 mm a ohniskové vzdálenosti 1620.4 mm.

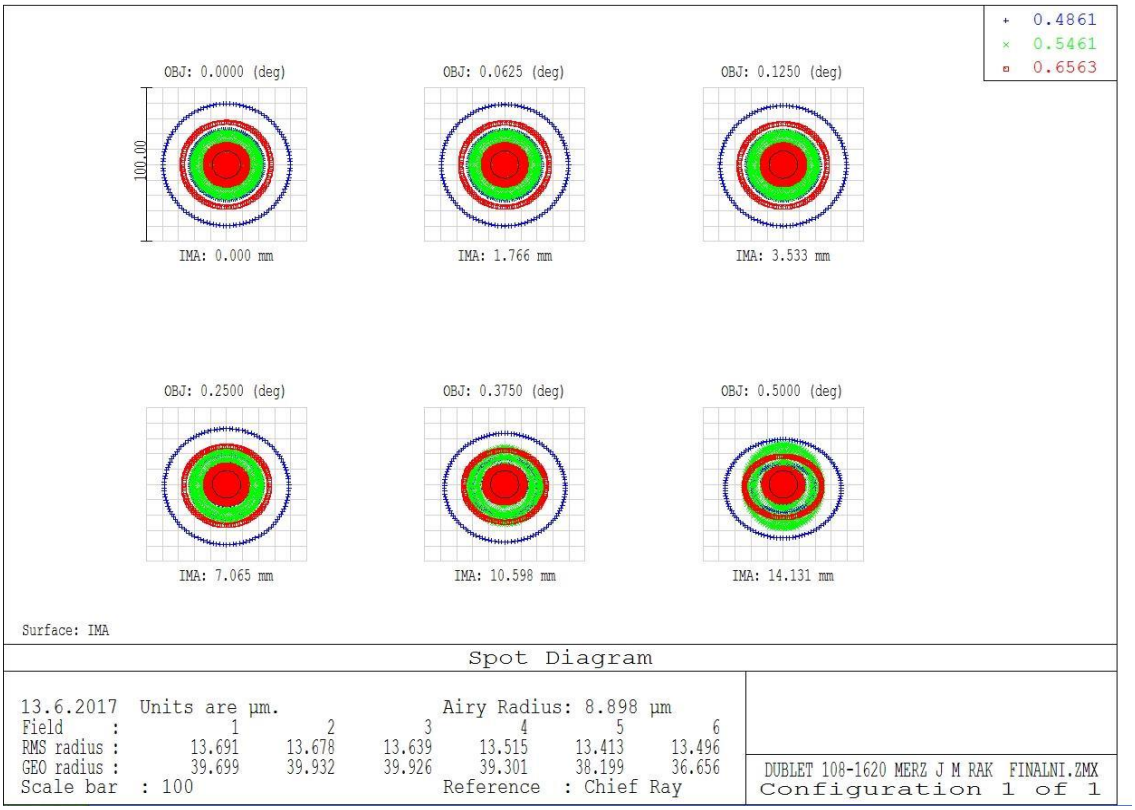
Vlnová délka [μm]	0.404600	0.435800	0.486133	0.546100	0.587562
Korunové sklo spojka	1.534973	1.530788	1.525884	1.521870	1.519822
Flintové sklo rozptylka	1.650236	1.641189	1.631097	1.622992	1.618952

Vlnová délka [μm]	0.623400	0.656273	0.687000	0.706500	0.768200
Korunové sklo spojka	1.518376	1.517249	1.516335	1.515812	1.514393
Flintové sklo rozptylka	1.616176	1.614068	1.612397	1.611455	1.608933

Tabulka 2. Indexy lomů korunového a flintového skla objektivu Merz 108/1620 mm, měřených při tepotě t = 25˚ C.

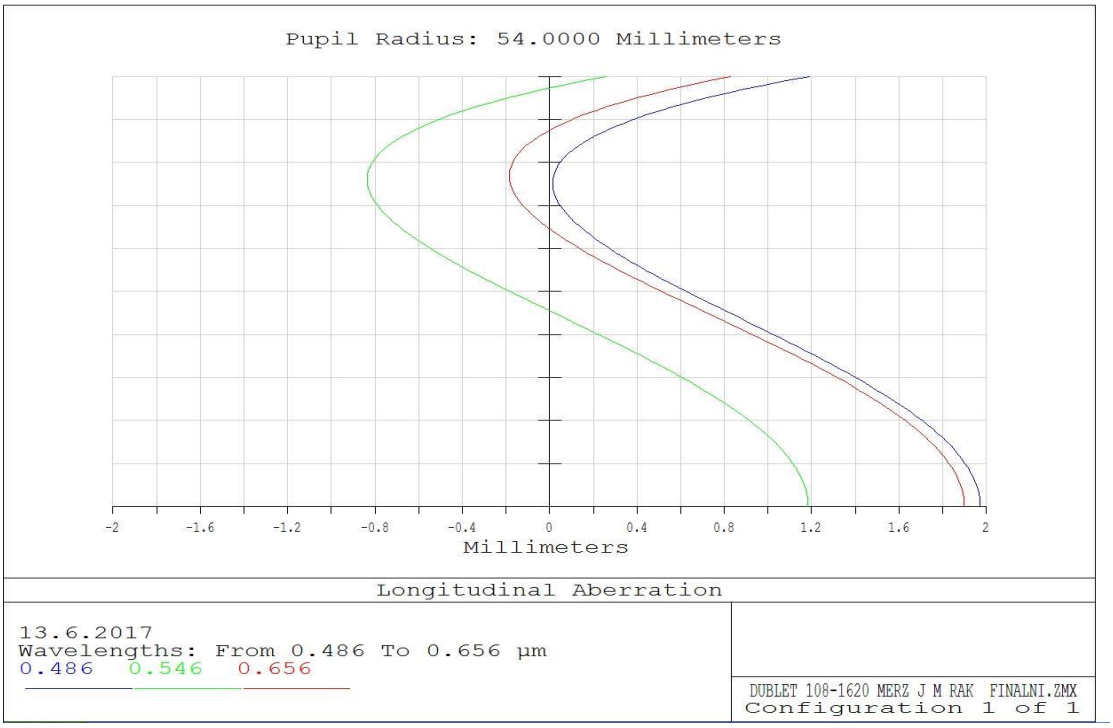


Obrázek 1. Schéma objektivu Merz 108/1620 mm.

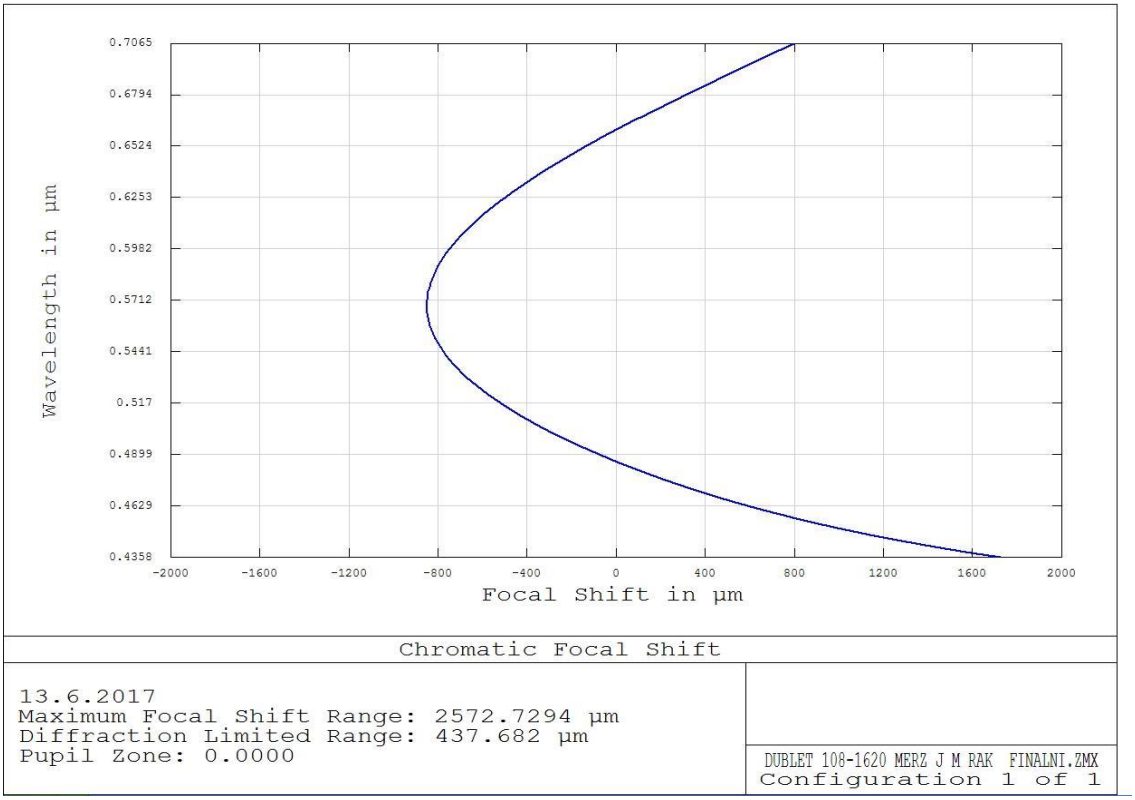


Obrázek 2. Spotdiagramy objektivu Merz 108/1620 mm.

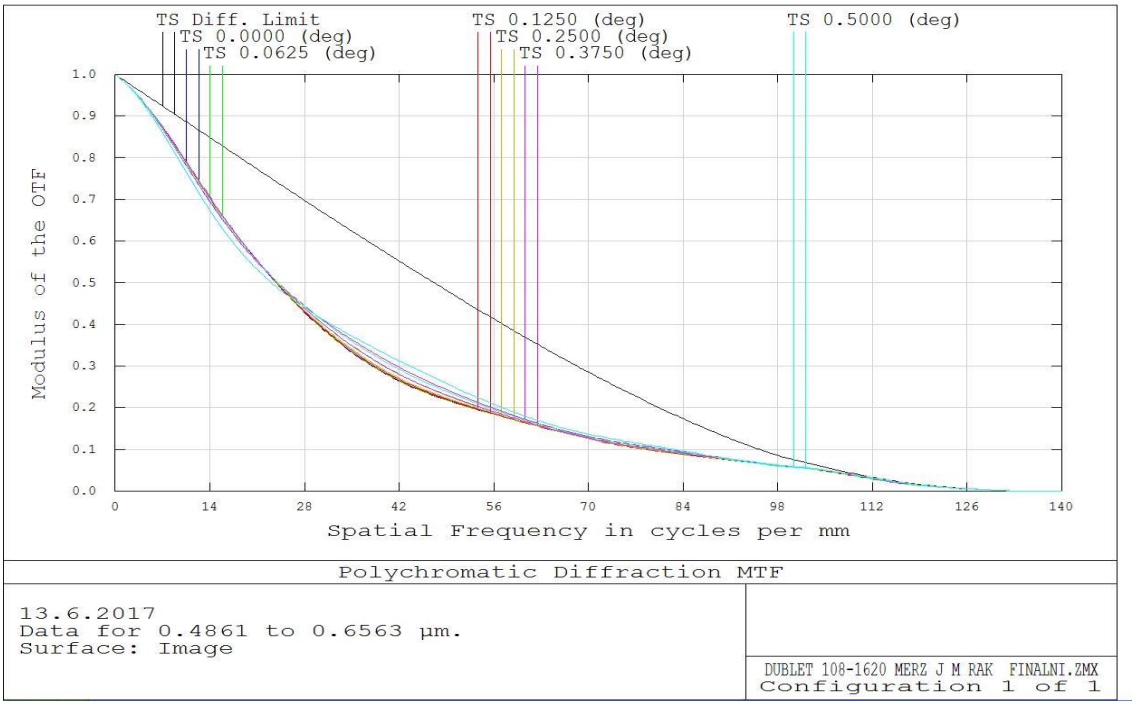
Obrázek 3. Matrix spotdiagramy objektivu Merz 108/1620 mm.



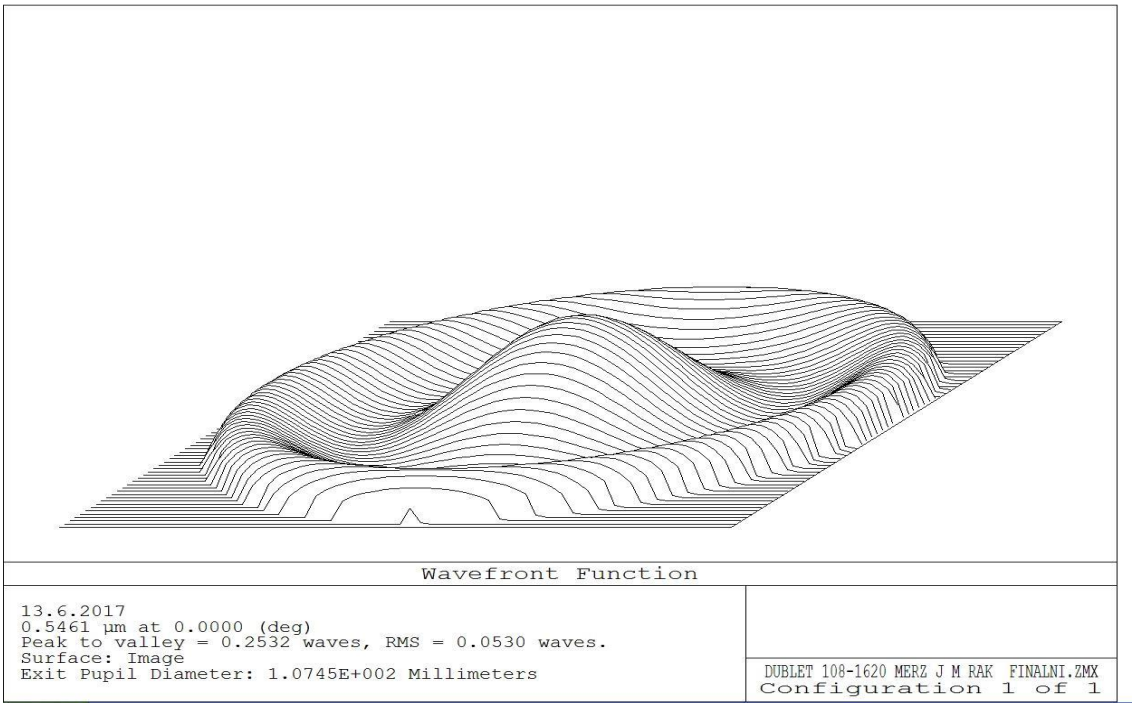
Obrázek 4. Sférochromatická vada objektivu pro vlnové délky 486 nm, 546 nm a 656 nm.



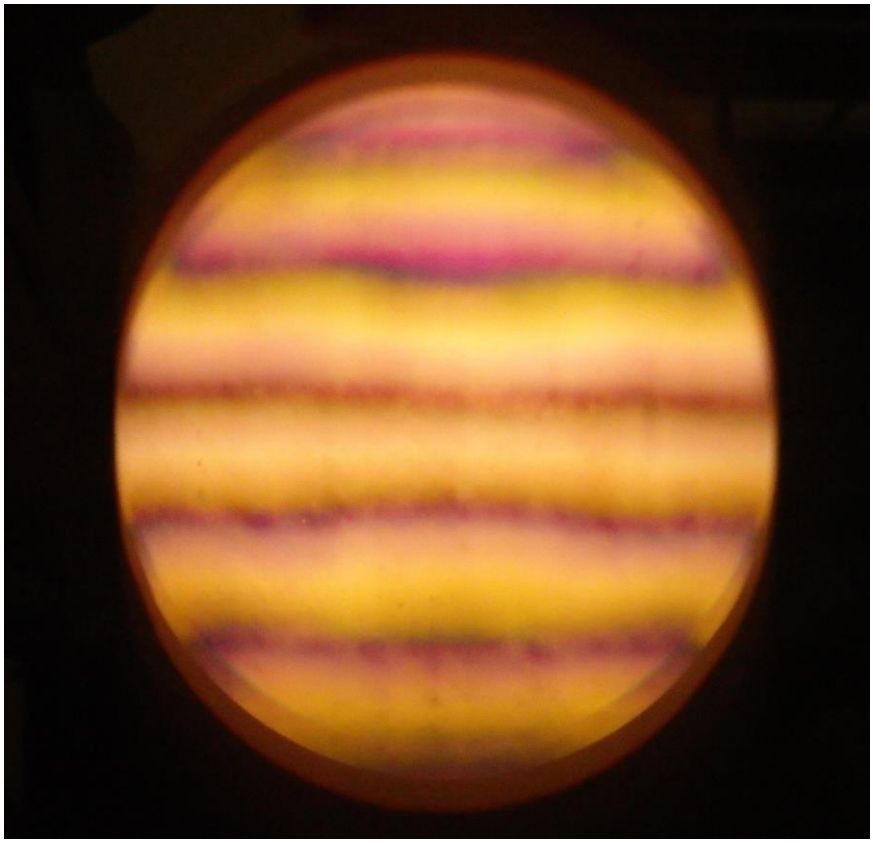
Obrázek 5. Chromatická křivka objektivu Merz 108/1620 mm.



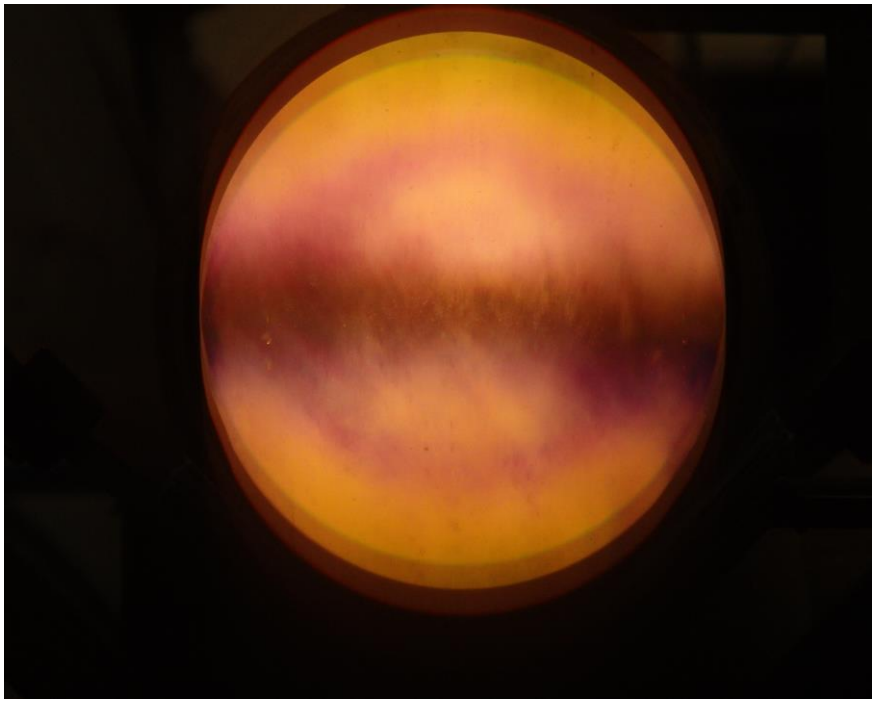
Obrázek 6. Modulační přenosová křivka objektivu Merz 108/1620.



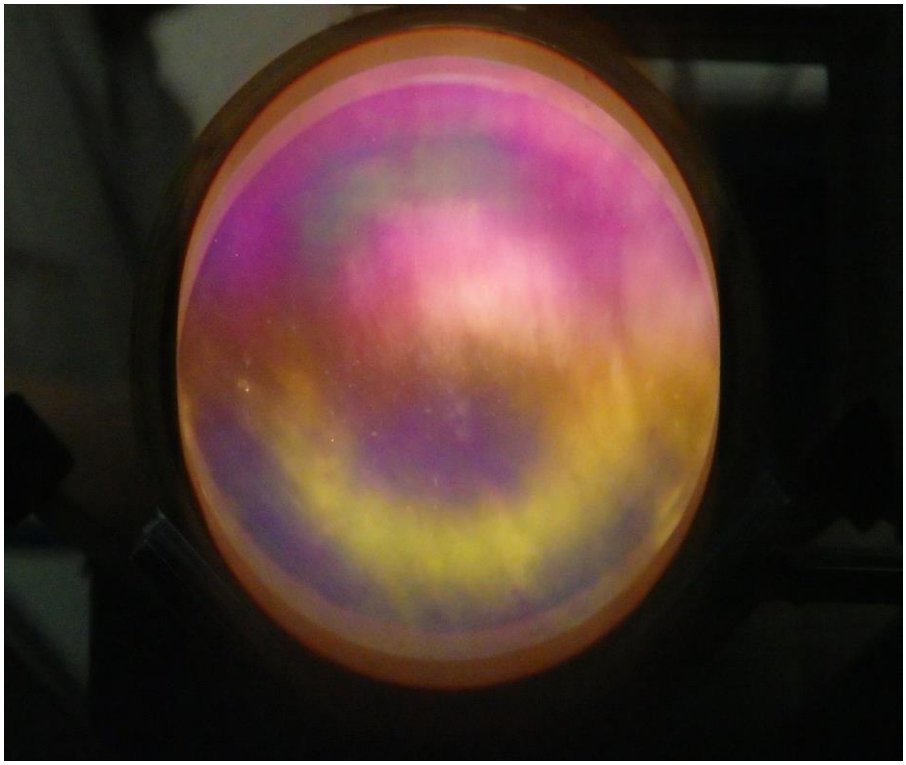
Obrázek 7. Vlnová aberace objektivu Merz 108/1620 pro papsky vlnové délky 546.1 nm.



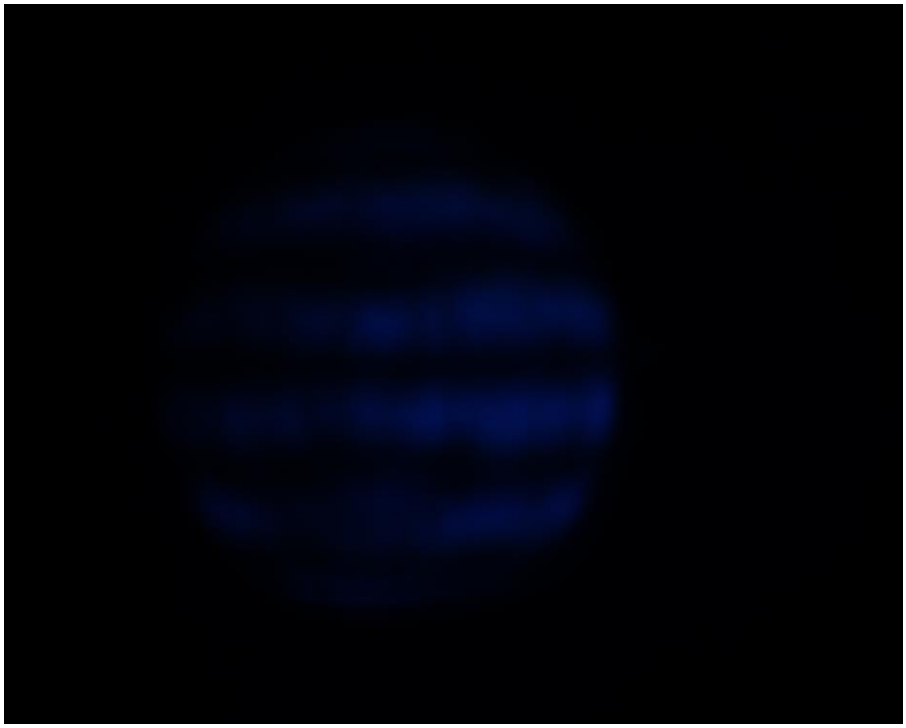
Obrázek 8. Ronchigram objektivu Merz 108/1620 mm.



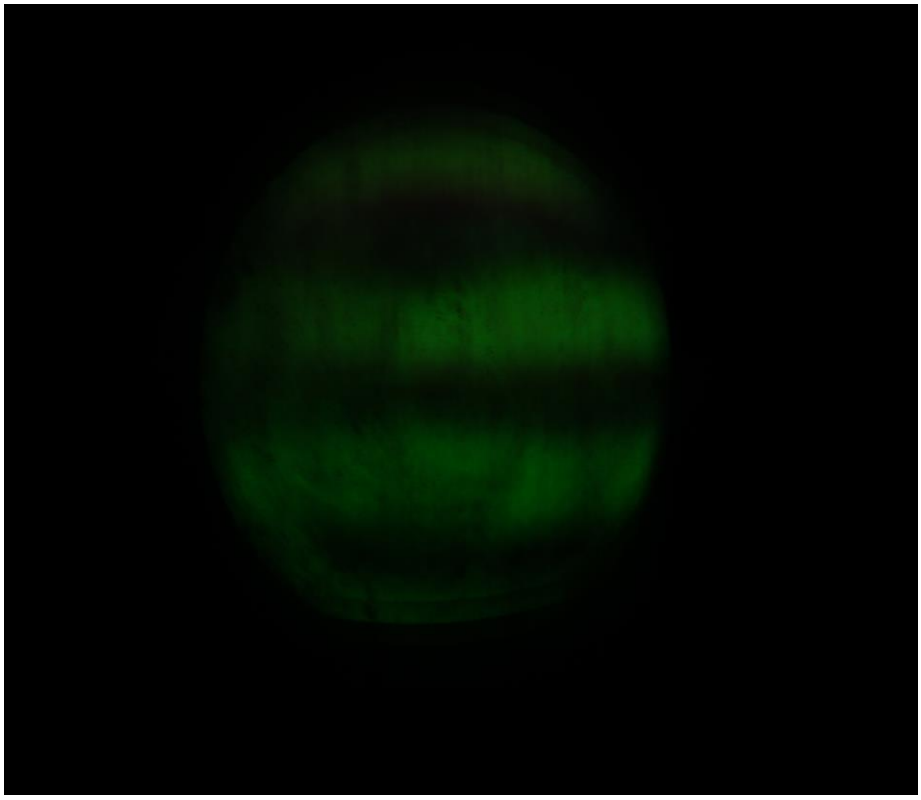
Obrázek 9. Fázový Ronchigram objektivu Merz 108/1620 mm pro nejkratší paprsky o vlnové délce 587 nm.



Obrázek 10. Fázový Ronchigram objektivu Merz 108/1620 mm, s mřížkou ve společnou sečné vzdálenosti paprsků čar C a F (vlnové délky 656.3 nm a 486.1 nm).

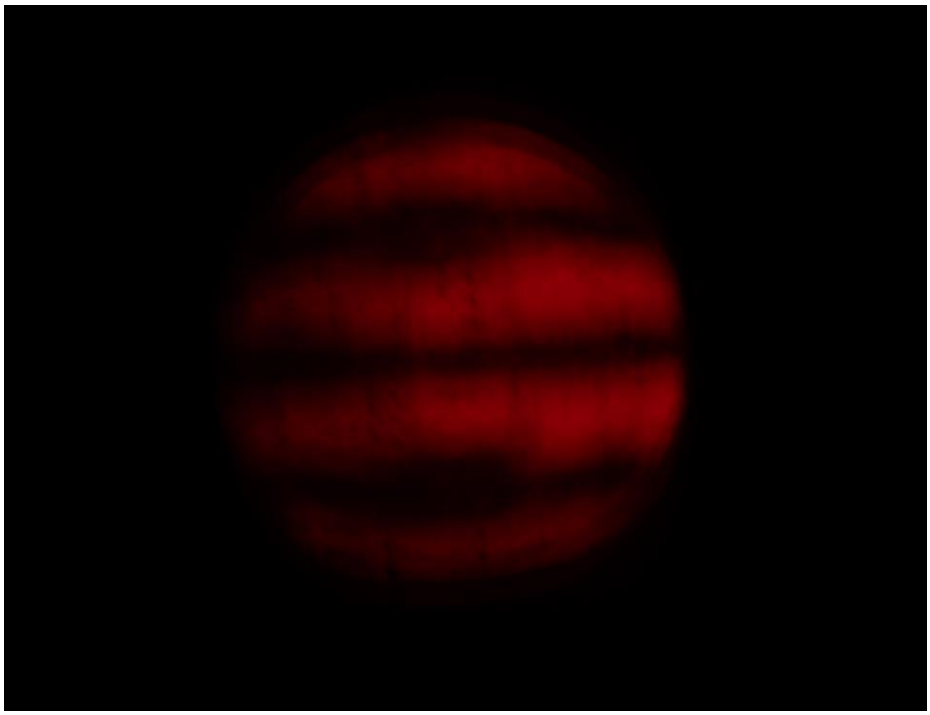


Obrázek 11. Ronchigram pro paprsky o vlnové délce 470 nm.



Obrázek 12. Ronchigram pro paprsky o vlnové délce 546.1 nm.

Obrázek 13. Ronchigram pro paprsky o vlnové délce 587 nm.



Obrázek 14. Ronchigram pro paprsky o vlnové délce 656 nm.

Obrázek 15. Obrázek mřížky 5 vryp/ mm.

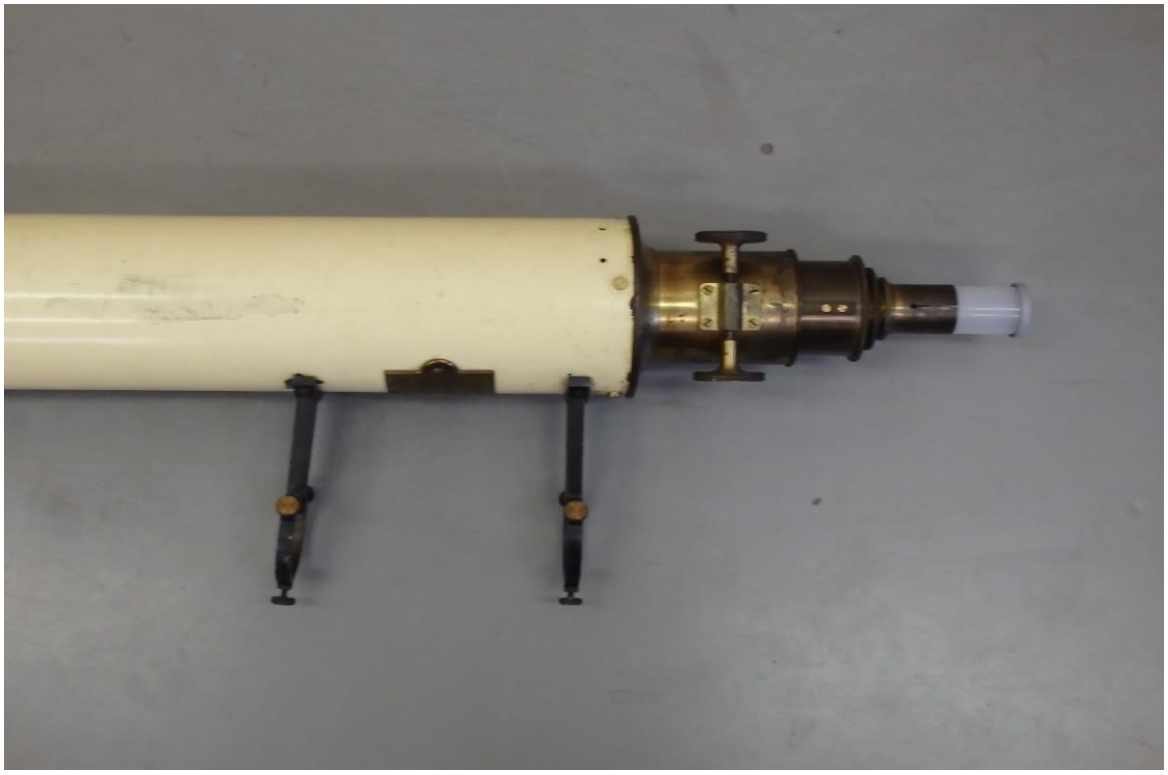
Obrázek 16. Objektiv Merz 108/1620 v objímce.

Obrázek 17. Objímka objektivu Merz 108/1620.

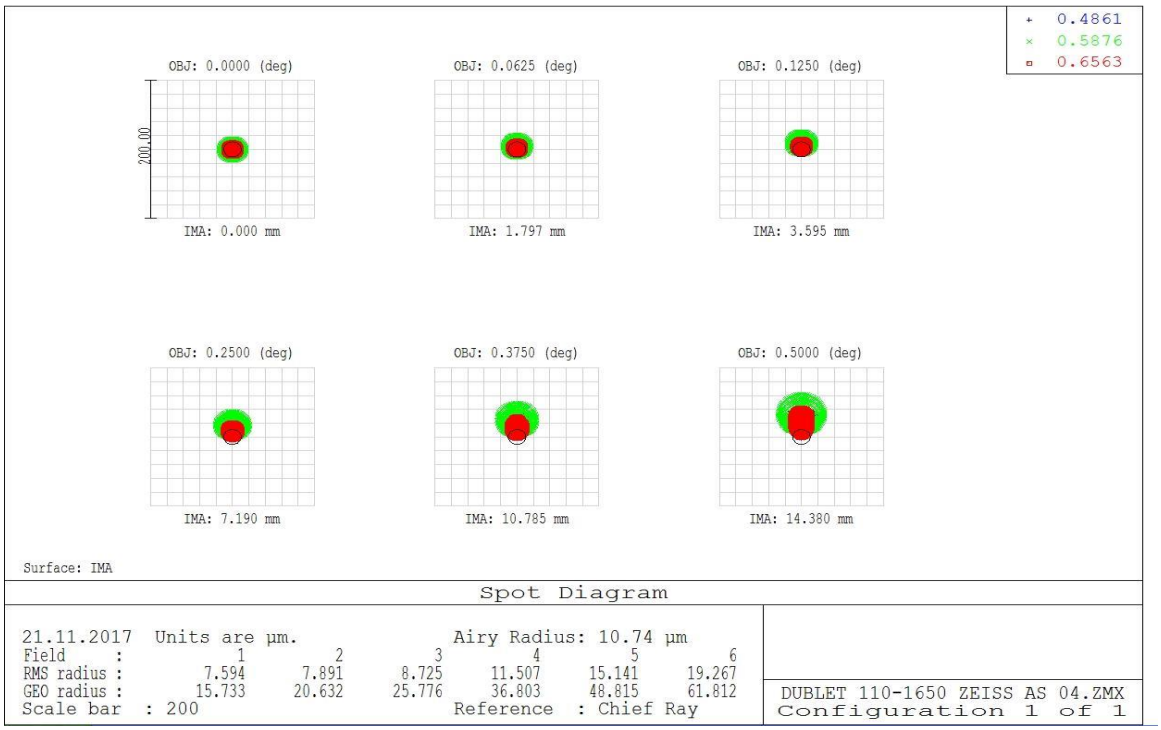
Obrázek 18. Skládání objektivu Merz 108/1620.

Obrázek 19. Dalekohled Merz 108/1620.

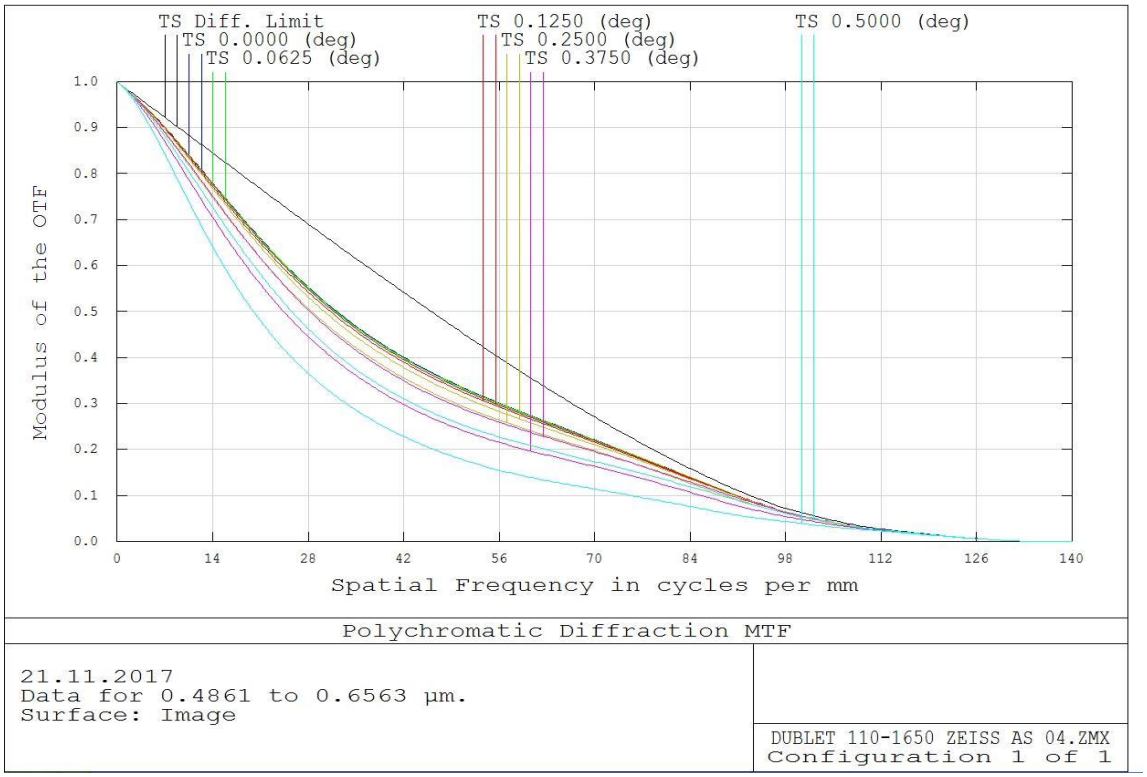
Obrázek 20. Tubus dalekohledu Merz 108/1920.



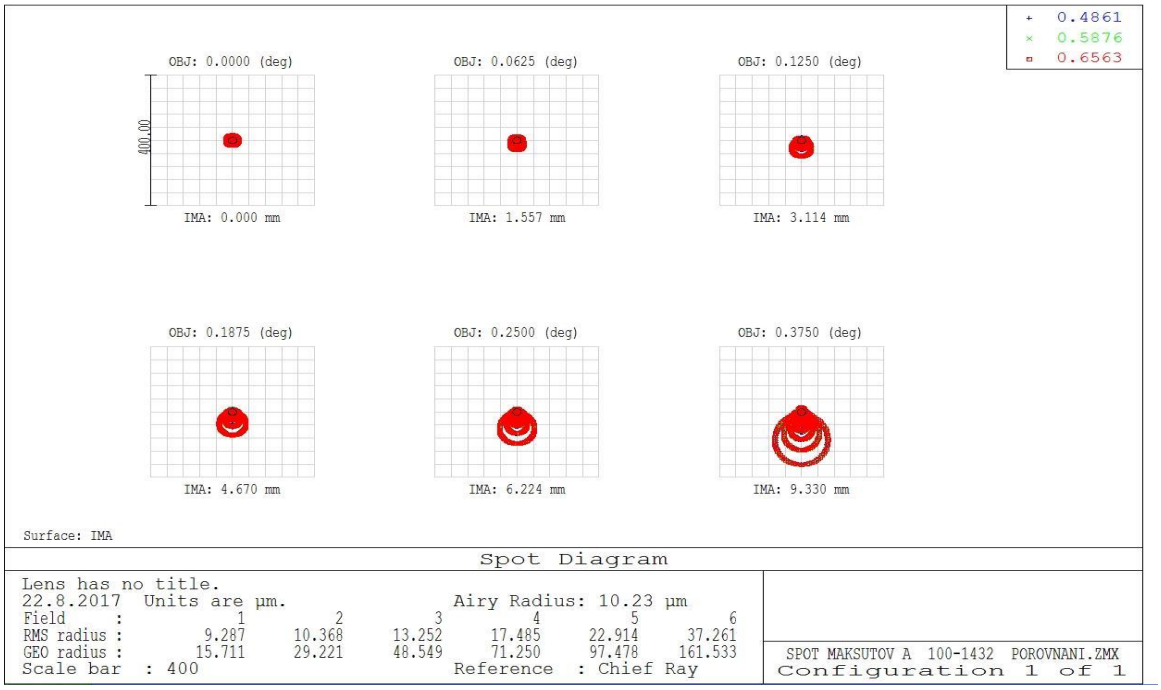
Obrázek 21. Okulárový výtah tubusu dalekohledu Merz 108/1620.



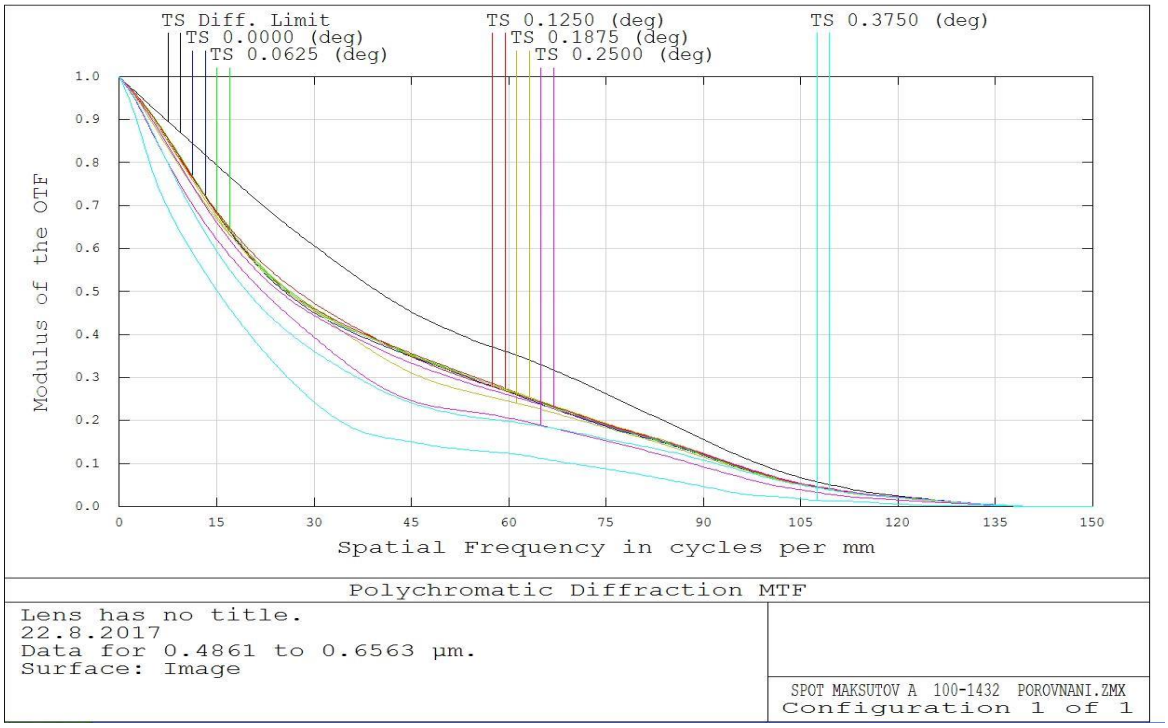
Obrázek 22. Spotdiagramy objektivu 110/1650 AS z kombinace skel KzF2-BK7 s redukovanou chromatickou vadou.



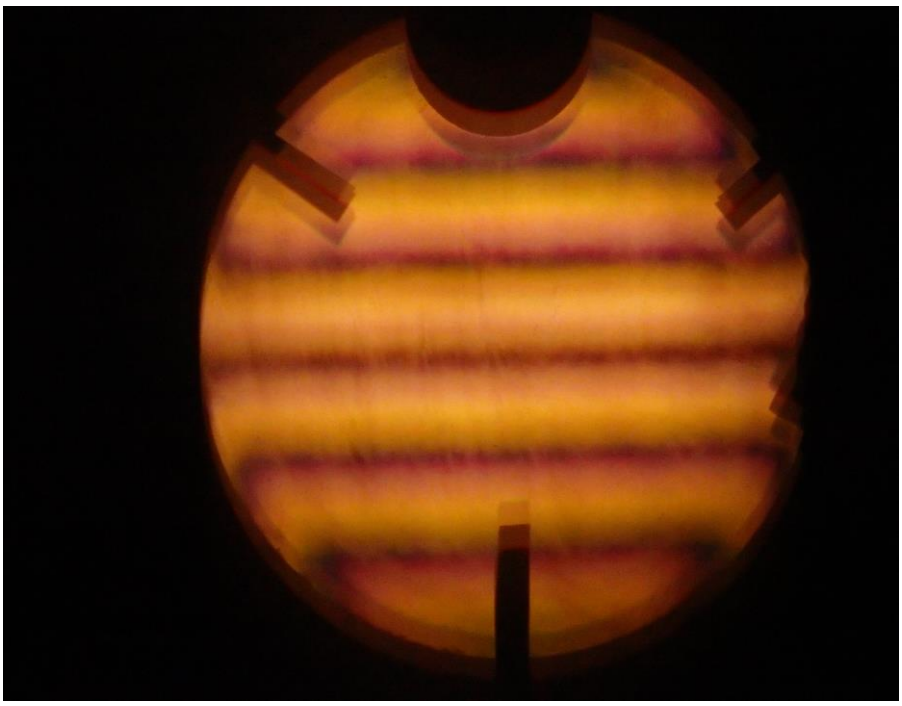
Obrázek 23. Modulační přenosová křivka objektivu 110/1650 AS z kombinace skel KzF2-BK7 s redukovanou chromatickou vadou.



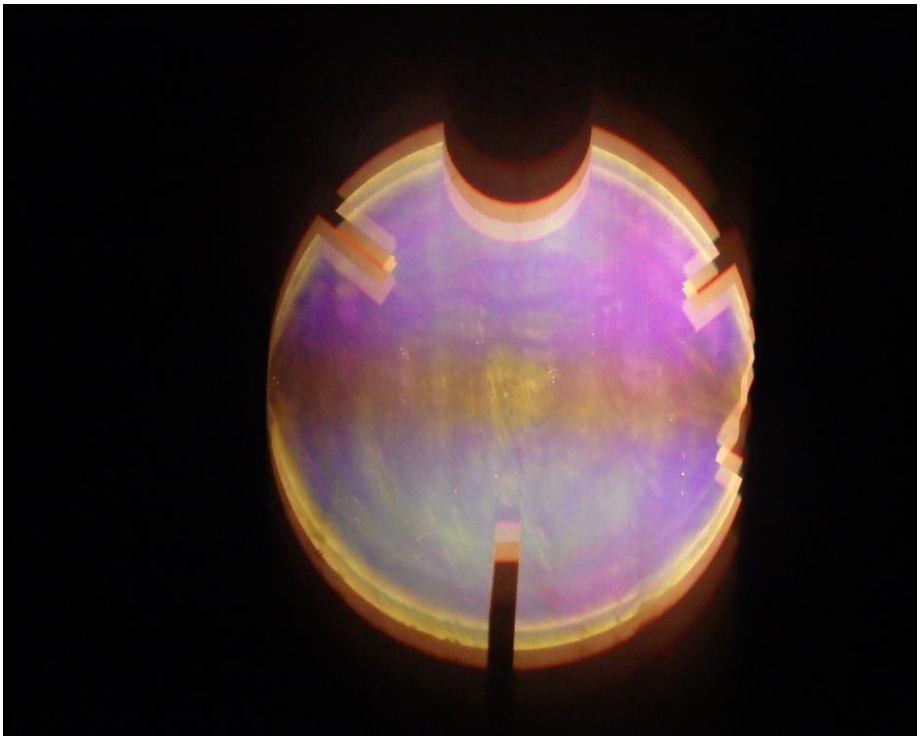
Obrázek 24. Spotdiagramy Spot Maksutova o průměru 100 mm a ohniskové vzdálenosti 1434 mm.



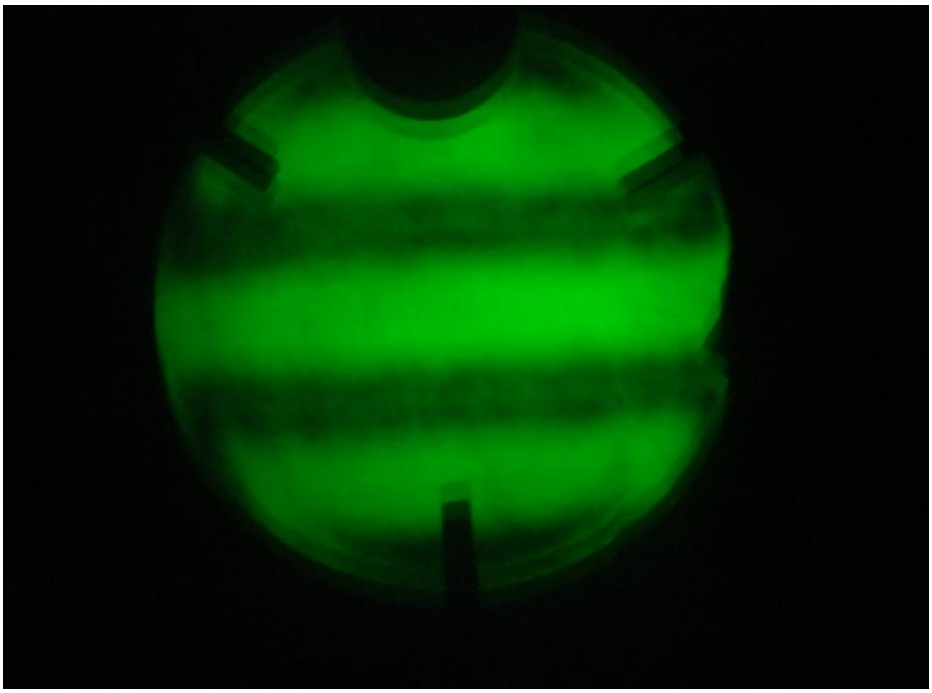
Obrázek 25. Modulační přenosová křivka Spot Maksutova o průměru 100 mm a ohniskové vzdálenosti 1434 mm.



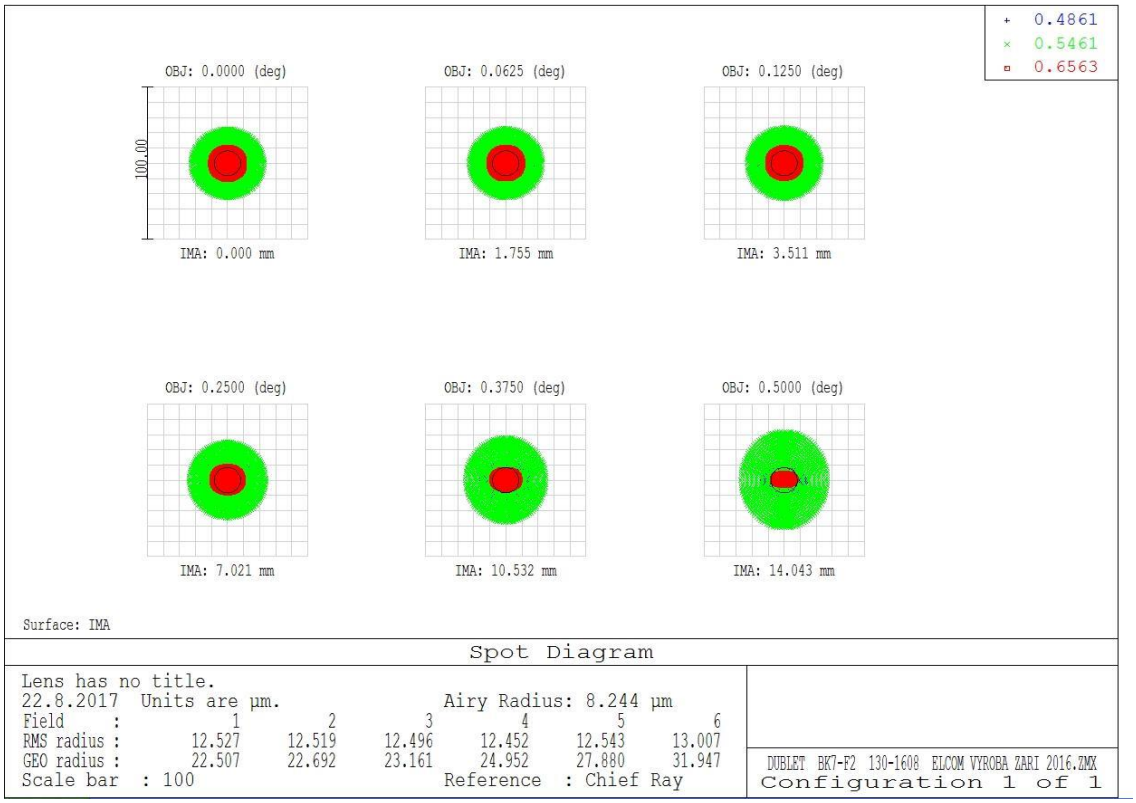
Obrázek 26. Ronchigram aplanatického dubletu o průměru 127 mm a ohniskové vzdálenosti 1600 mm ze skel BK7-F2.



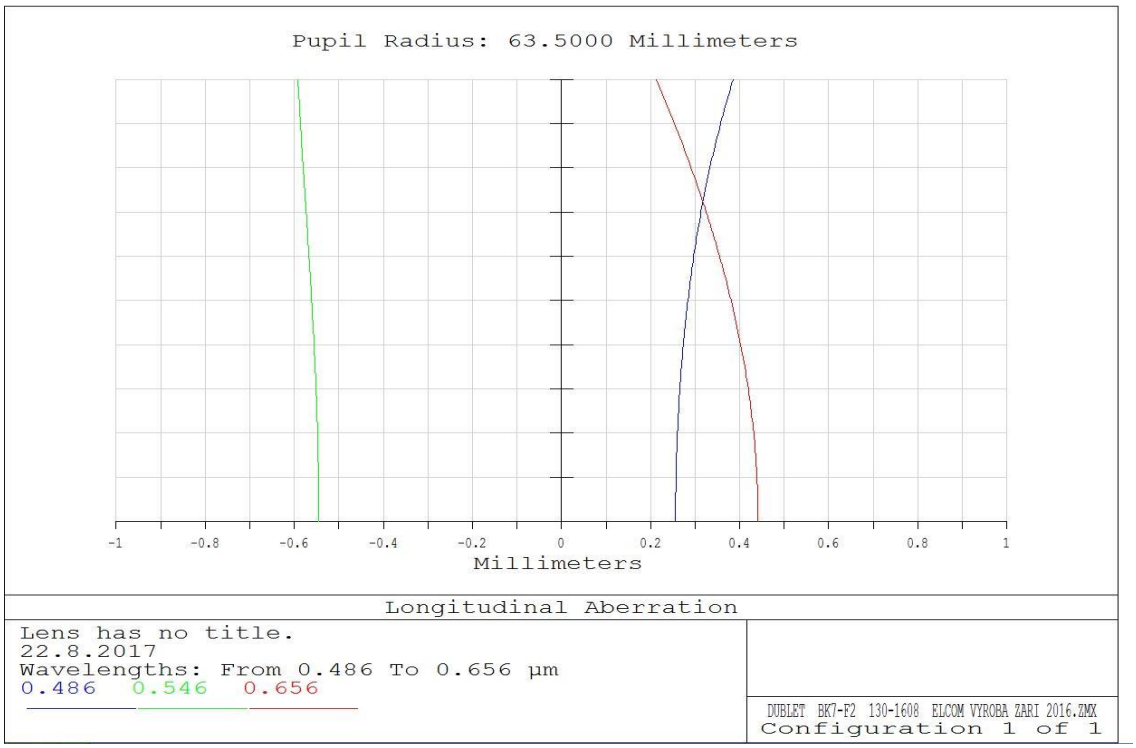
Obrázek 27. Fázový Ronchigram aplanatického dubletu o průměru 127 mm a ohniskové vzdálenosti 1600 mm ze skel BK7-F2.



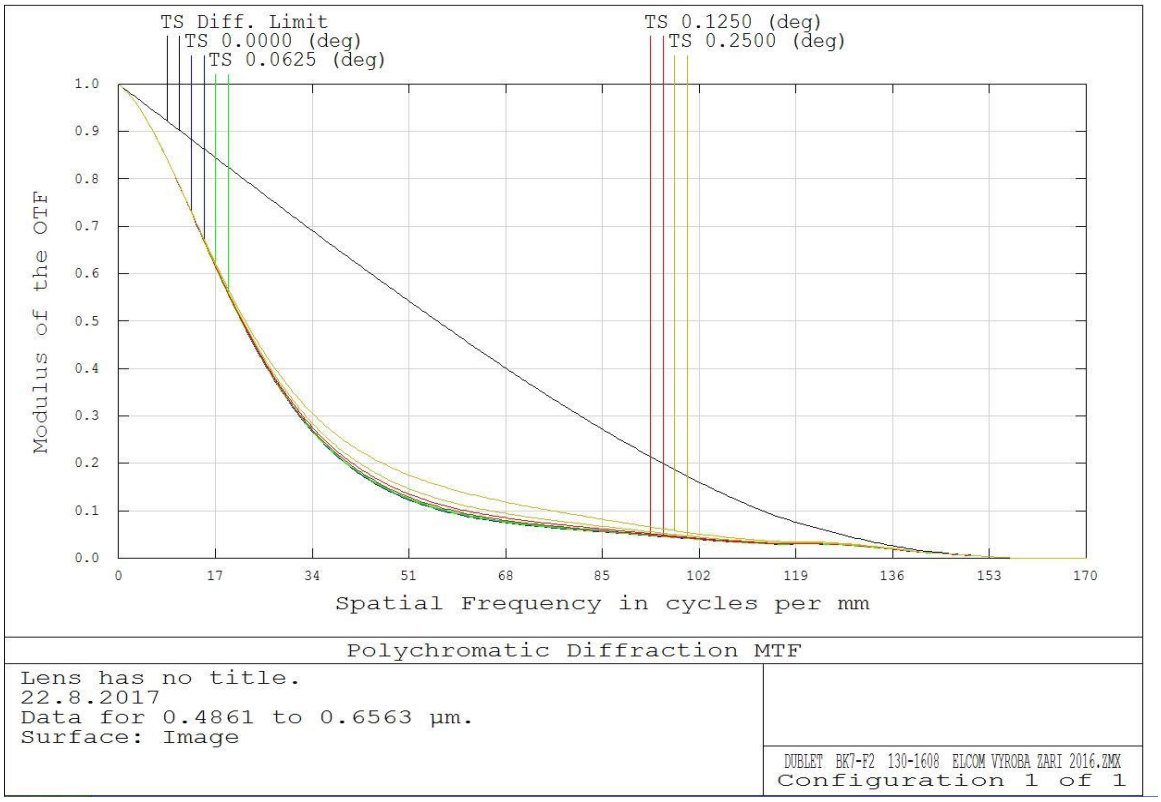
Obrázek 28. Ronchigram aplanatického dubletu o průměru 127 mm a ohniskové vzdálenosti 1600 mm ve spektrální čáře e (λ_e= 546.1 nm) ze skel BK7-F2.



Obrázek 29. Spotdiagramy achromatického dubletu 127/1600 mm ze skel BK7-F2.



Obrázek 30. Chromatická vada achromatického dubletu 127/1600 mm ze skel BK7-F2.



Obrázek 31. Modulační přenosová křivka achromatického dubletu 127/1600 mm ze skel BK7-F2.

7. Literatura

[1] Wissenschaftlicher Instrumentenbzu der Firma Merz in Muenchen (1838- 1932), Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften Fachbereich Geowissenschaften der Universität Hamburg, vorgelegt von Jürgen Kost, Hamburg, 2014, http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2015/7310/pdf/Dissertation.pdf

[2] Fernrohre und Ihre Meister, Rolf Reikher,VEB Verlag Technik Berlin, 1957

[3] The History of the Telescope, Henry C. King, Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2005

[4] Rutten van Venrooij, Telescope Optics, Willmann-Bell, Inc., Richmond, Virginia, 2002

[5] N. N. Michelson, Optičeskije teleskopy, Izdatelstvo “Nauka“, Glavnaja redakcija fiziko-matematičeskoj literatury, Moskva, 1976

8. Autoři

Zdeněk Rail, prom.fyz., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: rail@ipp.cas.cz

Zbyněk Melich, RNDr, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 917, e-mail: melichz@ipp.cas.cz

Bohdan Šrajer, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: srajer@ipp.cas.cz

David Vápenka, ing, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: vapenka@ipp.cas.cz

Několik návrhů mimoosových optických soustav

Zdeněk Rail, Helena Franců, Iva Ulrichová, Gabriela Šípová, David Vápenka, Emil Vávra

Ústav fyziky plazmatu AV ČR,v.v.i. - Toptec, Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8, Česká republika.

e-mail : rail@ipp.cas.cz, francu@ipp.cas.cz, ulrichova@ipp.cas.cz, sipova@ipp.cas.cz, vapenka@ipp.cas.cz, vavra@ipp.cas.cz

Abstrakt : Tento referát seznamuje čtenáře s několika typy optimalizovaných mimoosových zrcadlových soustav. Soustavy bez centrálního stínění a barevné vady poskytují zobrazení s vysokým kontrastem obrazu. Jsou vhodné pro využití jako dalekohledy pro astronomická pozorování nebo jako přesné laboratorní kolimátory paralelních svazků světla.
Řada těchto přístrojů byla navržena a zkonstruována pro nejrůznější účely ve Vývojové optické dílně AVČR, dnes ÚFP AV ČR v.v.i.- Centru Toptec v Turnově.
Tato práce seznamuje čtenáře s několika z nich.

Klíčová slova : Mimoosová soustava, sférická vada, koma, astigmatismus, křivost pole.

Several Optical Designs of Off-Axis systems

Abstract : This paper informs a reader about several types of optimized off-axis mirror systems. The unobstructed mirror systems provide high contrast images without chromatic aberration. They are suitable both for astronomical observations and laboratory use as the precise parallel beam collimators. Several optical systems were designed and constructed in the Development Optical Workshop of AS CR, today the IPP AV CR, v.v.i.,Center Toptec in Turnov. Their brief account is presented in this paper.

Key words : Off-axis optical system, spherical aberration, coma, astigmatism, field curvature.

1. Úvod

Zmínky o mimoosových dalekohledech jsou zaznamenávány v řadě publikací už od 16. století. Jedna z prvních pochází z knihy Pantometria od Thomase Diggese z roku 1591. Autor v ní krátce popisuje pokusy svého otce, Leonarda Diggese, se soustavou mimoosového zrcadla a čoček. V roce 1652 vydal jezuita Niccolo Zucchi knihu Optica Philosophia, ve které podal zprávu o své neúspěšné konstrukci dalekohledu se skloněným konkávním zrcadlem a s rozptylkou jako okulárem. Zucchi okulárovou čočku umístil tak, aby neclonila vstupní svazek. Pravděpodobně použil nekvalitní bronzové zrcadlo a proto jeho soustava z roku 1616 špatně zobrazovala. Později, v 18. století se bezvýsledně pokoušel vyrobit podobný přístroj i Jacques Lemaire.

Jedny z prvních mimoosových soustav reálně použil až William Herschel ve druhé polovině 18. století. Pro své dalekohledy, především Newtonova typu, tento astronom vybrousil několik stovek kovových zrcadel. Jeho čerstvě vyleštěná bronzová zrcadla měla maximální odrazivost okolo 65 %, ale časem ji velice rychle ztrácela. Proto se rozhodl u několika svých přístrojů snížit ztráty světla vyjmutím rovinného sekundárního zrcadla, skloněním primárního zrcadla a umístěním ohniskové plochy vně tubusu. Hlava pozorovatele i okulárová část dalekohledu neclonila vstupní aperturu. Zbytkovou komu a astigmatismus částečně kompenzoval mírným sklonem okuláru. Tuto úpravu Herschel provedl jen u několika svých přístrojů. Později byl tento systém po něm nazván. [1]
Od 70. let 19. století byly v Německu a Rakousku-Uhersku vyráběny soustavy-brachyty, jejichž konstrukce vychází z řezu Cassegrainova dalekohledu. Princip těchto mimoosových přístrojů byl v Anglii znám od roku 1825, kdy byl popsán jeden z prototypů. [2], [3]
V padesátých letech 20. století Anton Kutter navrhl nový mimoosový dalekohled, který též vychází ze systému Cassegrain, avšak autor dodatečným náklonem sekundárního zrcadla opravil zbytkový astigmatismus. Obě zrcadla v tomto systému jsou sférická. [4]
Kutterův dalekohled byl v bývalém Československu uveden článkem RNDr. Ivana Šolce CSc. v jednom z čísel časopisu Říše hvězd v roce 1974. [5]
Několik systémů Kuttera bylo vyrobeno na tehdejším pracovišti VOD ČSAV v Turnově. Tyto dalekohledy se však mezi astronomy nerozšířily kvůli problémům výroby dlouhofokálních sférických zrcadel a dále jejich omezenému použití. S přístrojem o malé světelnosti, cca 1 : 30, lze úspěšně pozorovat pouze Slunce, Měsíc, planety a dvojhvězdy. Navíc amatérští výrobci těchto přístrojů použili neoptimální optický návrh soustavy a s jejich vlastnostmi nebyli spokojeni. Od 70. let byla v časopisech publikováno mnoho článků o konstrukci mimoosových soustav, vhodných pro použití v kosmickém výzkumu. Díky optickým výpočetním programů bylo možné kontrolovat a radikálně optimalizovat jejich zbytkové vady.
Světelnosti těchto soustav s asférickými zrcadly byly mnohem větší, až 1 : 9-10 a více, což rozšířilo jejich možnosti použití. V astronomii našly dlouhofokální nezacloněné soustavy uplatnění hlavně jako přístroje pro výzkum Slunce. [7], [8]

2. Rozlišovací schopnost optické soustavy a modulační přenosová křivka

V ideální nezacloněné soustavě s kruhovou vstupní aperturou se na optické ose zobrazí hvězda jako difrakční kroužek, obklopený soustřednými světlými a temnými prsteny.
Tento obraz vzniká v důsledku vlnových vlastností světla. Profil intenzity světla v difrakčním obrazu je popsán Airyho funkcí, která je výsledkem integrace všech příspěvků světelné energie z celé nezacloněné apertury od jejího středu až k okraji. Dolní hranice integrační meze tohoto integrálu, reprezentující střed nezacloněné apertury, je rovna nule. Horní mez má hodnotu poloměru vstupní apertury. Za rozlišovací mez soustavy o průměru D byla vzata hodnota poloměru prvního tmavého kroužku, jehož úhlový poloměr φ je pro světlo o vlnové délce λ roven (1)

$$\tan(\varphi) = 1.22 * \lambda / D \qquad (1)$$

V případě apertury s centrálním stíněním je dolní hranice integační meze rovna poloměru středové clony, horní mez má hodnotu poloměru vstupní apertury. U takové soustavy je průběh Airyho funkce jiný. U zacloněné soustavy hodnota konstanty 1.22 v pravé části rovnice (1) klesá se vzrůstajícím průměrem středové aperturní clony. V případě stínění cca

40 % vstupního průměru svazku se zmenšuje na hodnotu cca 1.08 - 1.10. Průměr středového maxima a prvního tmavého kroužku je menší a proto má zacloněný systém větší rozlišovací schopnost než nezacloněný. Zvětšováním centrálního stínění soustavy nad 50 % a více dochází k propadu intenzity středního difrakčního kroužku a ke vzniku tmavého středového minima. Dalším kriteriem k hodnocení zobrazovacích vlastností soustav jsou průběhy modulačních přenosových křivek. V zacloněné soustavě se 40 % centrálním stíněním se u středních frekvencí snižuje hodnota přenosové křivky až o cca 30 - 35 % oproti ideální nezacloněné soustavě. Avšak pro velmi malé detaily, v oblasti vysokých frekvencí obrazu, má zacloněná soustava oproti nezacloněné hodnoty modulační přenosové křivky vyšší, protože pokles Airyho funkce středního maxima je u těchto soustav strmější.

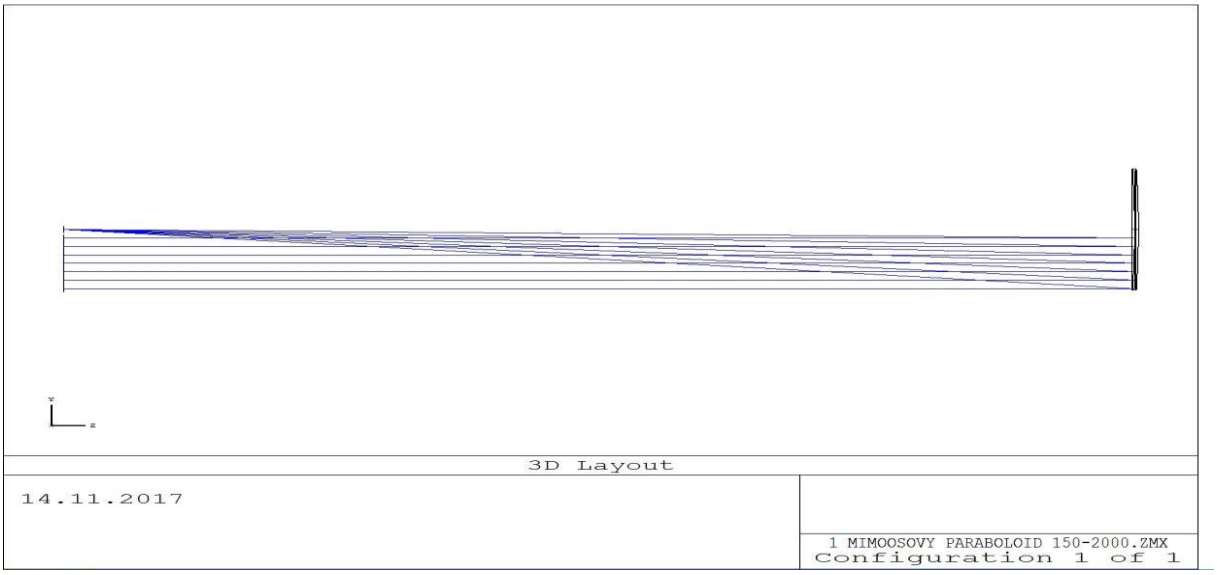
3. Příklady mimoosových soustav

3.1 Mimoosový paraboloid a sféra

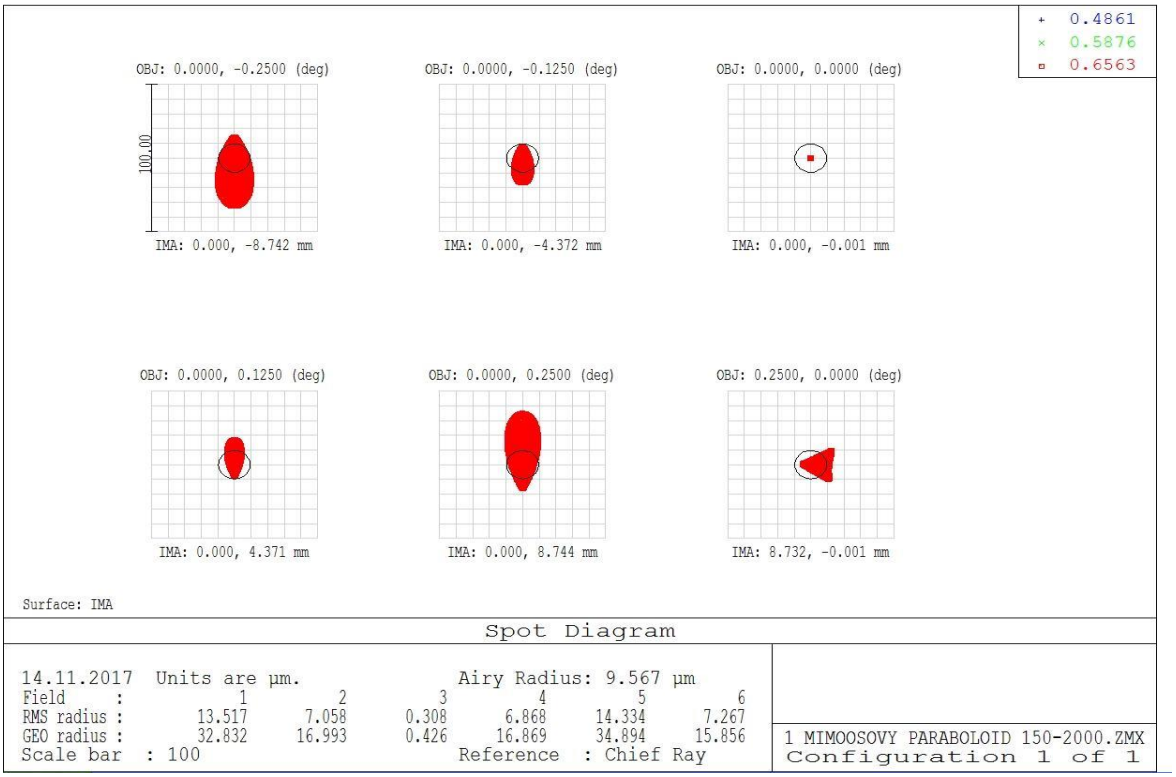
Nejjednodušší mimoosovou zrcadlovou soustavu lze realizovat kruhovou clonou, umístěnou excentricky před paraboloidickým zrcadlem. Soustava bude na optické ose stigmatická. Průměr užitečného zorného pole omezuje kombinace vad komy a astigmatismu. Velikost obrazů hvězd vně optické osy bude srovnatelné s těmi, které poskytuje zrcadlo o cca dvojnásobném průměru. U soustavy s průměrem vstupní apertury 150 mm a ohniskovou vzdáleností 2000 mm budou geometrické průměry obrazů hvězd, srovnatelné s difrakčním kroužkem na poli o průměru cca 12´- 15´. Dále od optické osy jsou obrazy hvězd podstatně větší. V současné době jsou mimoosové paraboloidy používány jako kolimátory světelných svazků pro široký spektrální obor kvůli jejich achromatickému obrazu. V laserové optice umožňuje plocha s vysoce odraznou vrstvou minimalizovat ztráty záření. Největší nevýhodou těchto soustav je obtížnost výroby hladkých ploch s asférickým profilem s velkou odchylkou od sféry. Taková zrcadla jsou ale v dnešní době velice žádaná.
Je-li světelnost mimoosového paraboloidického zrcadla malá (1 : 30 a méně), lze asférickou plochu aproximovat plochou sférickou, kterou lze snadno vyrobit i změřit.
Tato zrcadla jsou často užívána jako zobrazovací členy coelostatů pro pozorování Slunce.
Při konstrukci těchto přístrojů je vždy potřebný kontrolní výpočet soustavy pomocí některého optického programu, (Oslo, Zemax..), aby soustava poskytovala obrazy potřebné kvality. Požadujeme-li zobrazení Slunce o úhlovém průměru cca 30´ blízké difrakčnímu limitu po celé ploše, sférické zrcadlo o průměru 150 mm by mělo mít ohniskovou vzdálenost alespoň 5000 mm (světelnost cca 1 : 35).

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	2000		83.727			
2	Coord. Br.		0		0		100	0
3	Standard	-4000	0	Mirror	180	-1		
STO	Standard	Infinity	-1999.989		175.369			
IMA	Standard	Infinity			8.779			

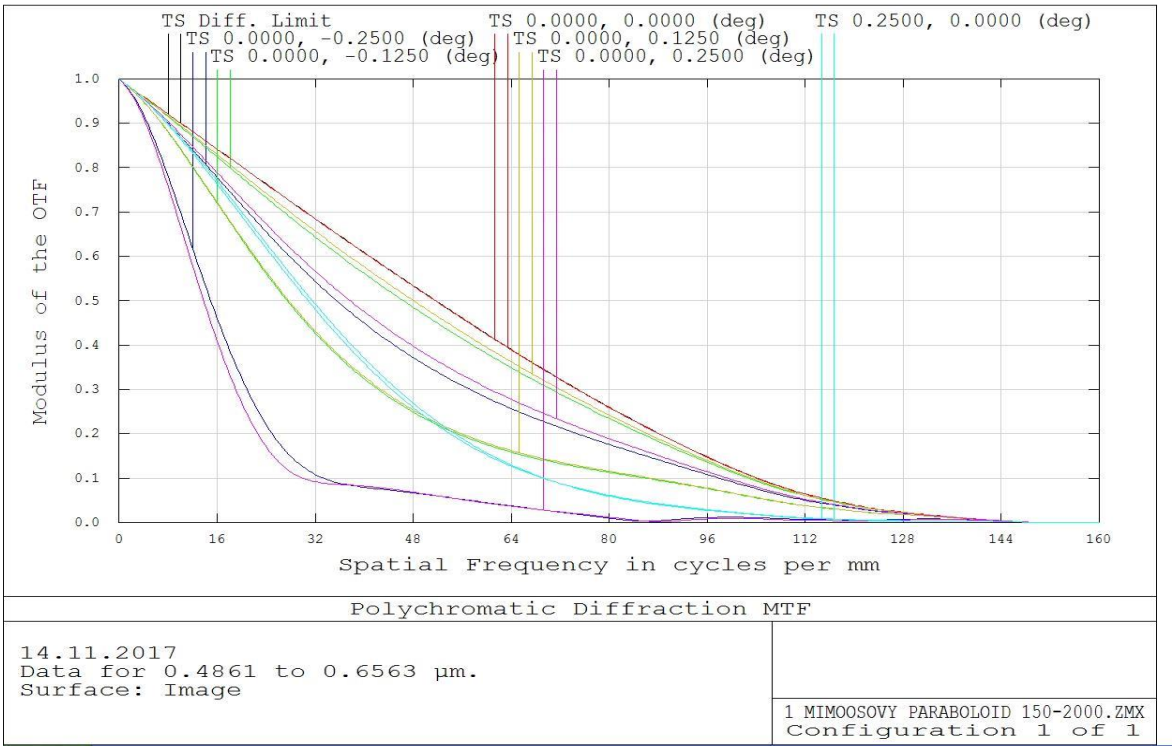
Tabulka 1. Parametry soustavy mimoosového paraboloidu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.



Obrázek 1. Schéma soustavy mimoosového paraboloidu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.



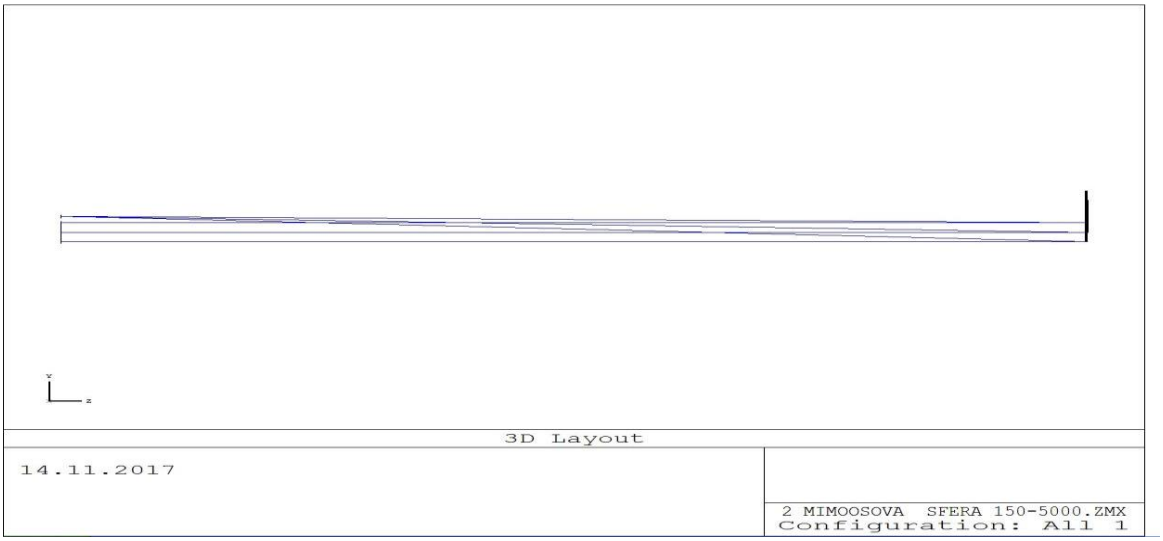
Obrázek 2. Spotdiagramy soustavy mimoosového paraboloidu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.



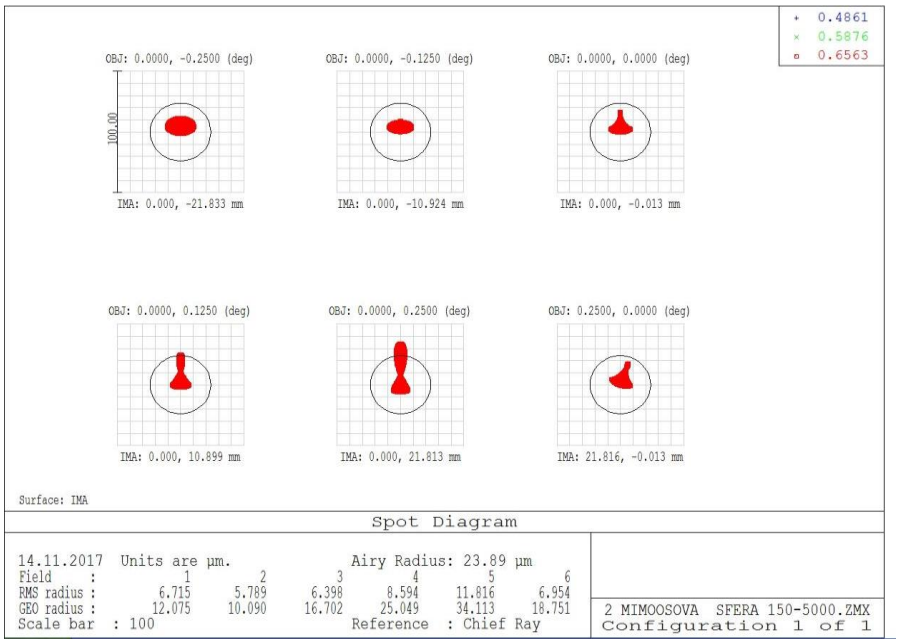
Obrázek 3. Modulační přenosová křivka soustavy mimoosového paraboloidu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	5000		96.817			
2	**Coord. Br.**		0		0		125	0
3	Standard	-10000	0	Mirror	200.01	0		
STO	Standard	Infinity	-4999.097		200.10			
IMA	Standard	Infinity			21.847			

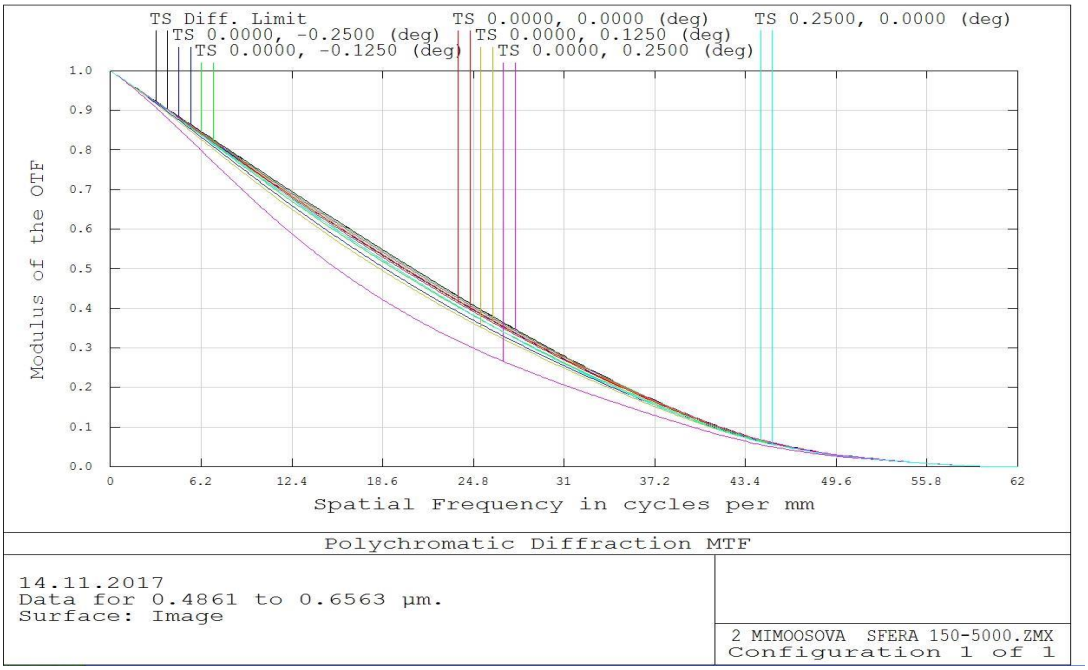
Tabulka 2. Parametry soustavy mimoosového sférického zrcadla o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



Obrázek 4. Schéma soustavy mimoosového sférického zrcadla o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



Obrázek 5. Spotdiagramy soustavy mimoosového sférického zrcadla o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



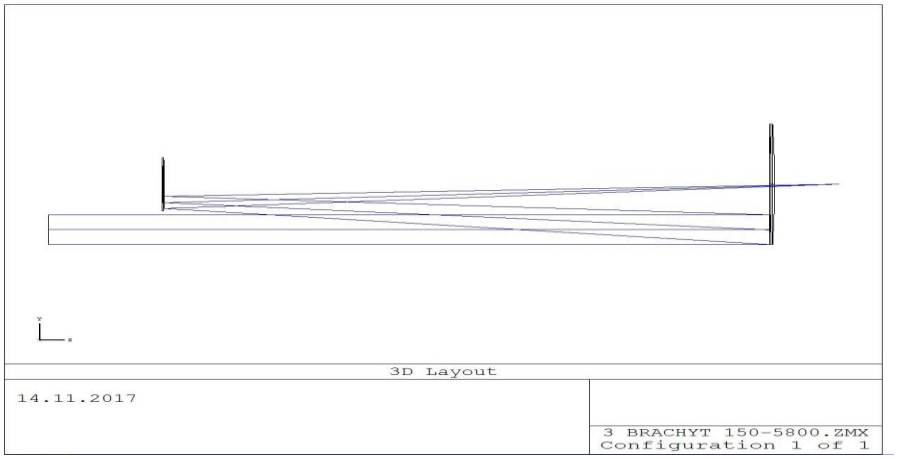
Obrázek 6. Modulační přenosová křivka soustavy mimoosového sférického zrcadla o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.

3.2 Dvojzrcadlové soustavy brachyt a Kutter

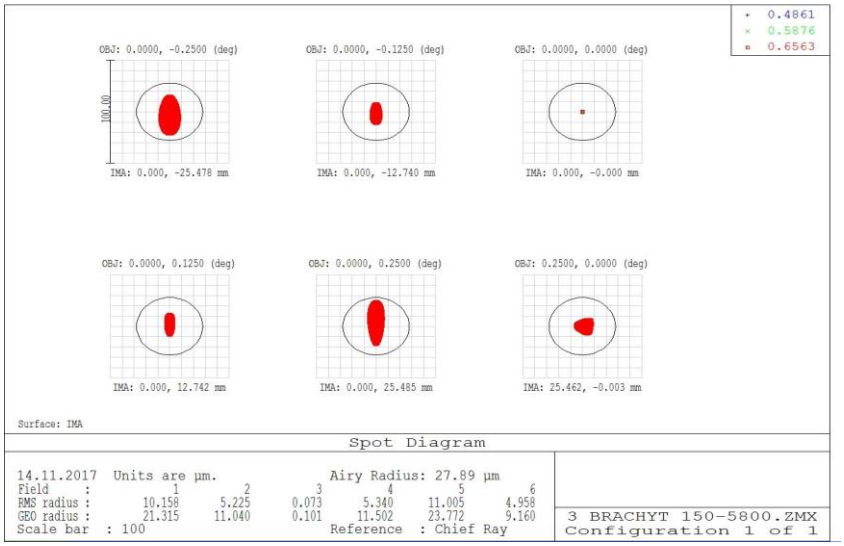
Dvojzrcadlová soustava brachyt je navržena jako řez z Cassegrainova dalekohledu. Za jeho vynálezce jsou považováni vídenští optici K. Fritch a Forster, kteří jej od roku 1877 začali vyrábět. Ukázalo se, že přístroj tohoto typu byl v Anglii znám již v roce 1825.
Jeho konstrukce vznikla excentrickým posunem aperturní clony u Cassegrainova dalekohledu tak, aby sekundární zrcadlo neclonilo vstupní svazek. Většina vyrobených přístrojů má obě zrcadla sférická, protože výroba mimoosových asférických ploch je velmi náročná. Dalekohledy jsou vhodné k pozorování Slunce Měsíce, planet, dvojhvězd. Reálné světelnosti soustav se sférickými zrcadly jsou okolo 1 : 30. [6]
Konstrukce dalekohledu Antona Kuttera též vychází ze soustavy Cassegrainovy. Kutter však navrhl sklonit sekundární zrcadlo, aby ze soustavy odstranil astigmatismus.
Sklon sekundárního zrcadla se pohybuje od 2.5 – 3.5 násobku sklonu primárního zrcadla. Stejně jako brachyt, i Kutterova soustava má optimální světelnost okolo 1 : 30 a její použití je velice podobné. Jedním z hlavních stavebních parametrů dvojzrcadlové soustavy je koeficient prodloužení. Toto číslo je podílem ohniskové vzdálenosti soustavy ku ohniskové vzdálenosti primárního zrcadla. Je–li u zacloněných soustav typu Cassegrain považována hodnota 1:2.5 - 4 za optimální, nezacloněné Kutterovy soustavy mají mít tuto hodnotu okolo 1 : 1.5 - 2.0.
V této oblasti hodnot koeficientu prodloužení dochází k nejlepší opravě optických vad.
Světelnosti primárních zrcadel u těchto optimalizovaných soustav vycházejí cca 1 : 20 - 25 a průměry sekundárních zrcadel cca 70 % průměru primárních. Zbytkovou komu Kutterova dalekohledu lze zmenšit čočkovým korektorem, umístěným před ohnisko soustavy. Čočky však omezují použitelný spektrální obor.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	2500		85.9			
2	Coord. Br.		0		0		230	0
3	Standard	-7000	0	Mirror	305.0	-1		
4	Coord. Br.		0		0		0	0
5	Standard	Infinity	-2100		305.6	0		
6	Coord. Br.		0		0		0	0
7	Standard	-7000	0	Mirror	131.3	-16		
8	Coord. Br.		0		0		0	0
9	Standard	Infinity	2333.3		131.3	0		
IMA	Standard.	-1997.5			25.51			

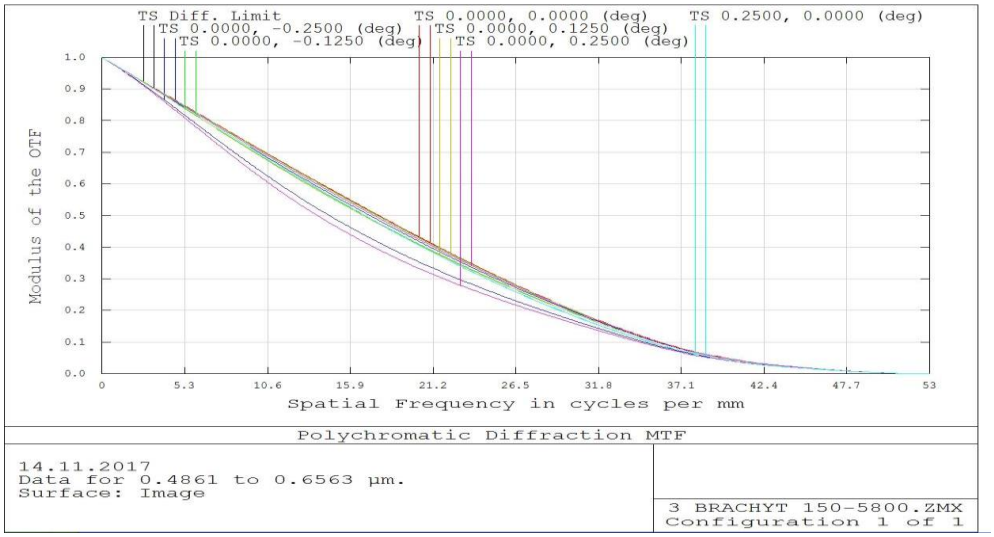
Tabulka 3. Parametry soustavy brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



Obrázek 7. Schéma brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



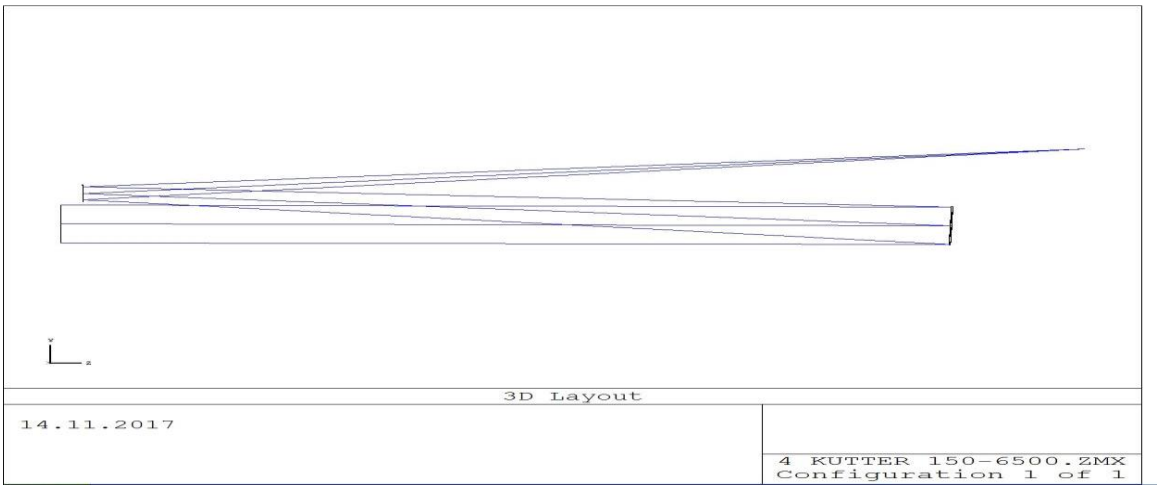
Obrázek 8. Spotdiagramy brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.



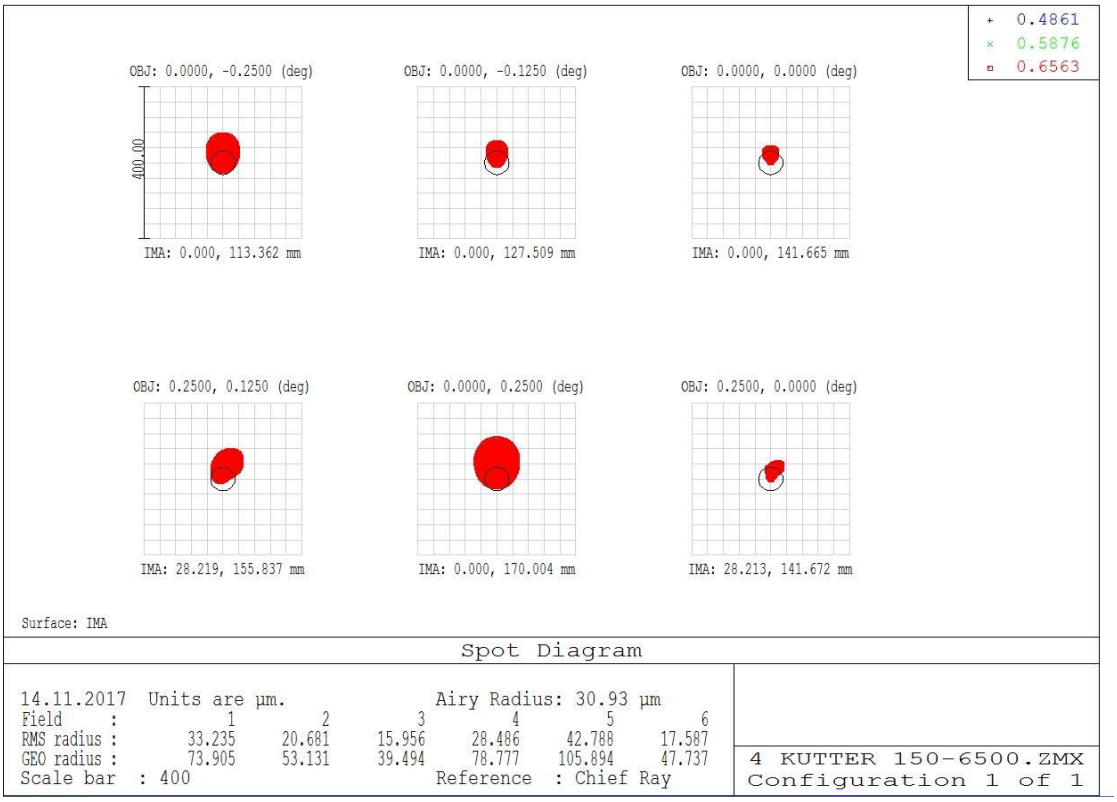
Obrázek 9. Modulační přenosová křivka brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5000 mm.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	2000		84.8			
2	Coord. Br.		0		0		0	1.8
3	Standard	-6000	0	Mirror	76.5	0		
4	Coord. Br.		0		0		0	-1.8
5	Standard	Infinity	-1950		0			
6	Coord. Br.		0		0		122.7	-0.564
7	Standard	-3900	0	Mirror	35.7	0		
8	Coord. Br.		0		0		0	-0.564
9	Coord. Br		2252.3		0		0	0
IMA	Standard.	Infinity			0			

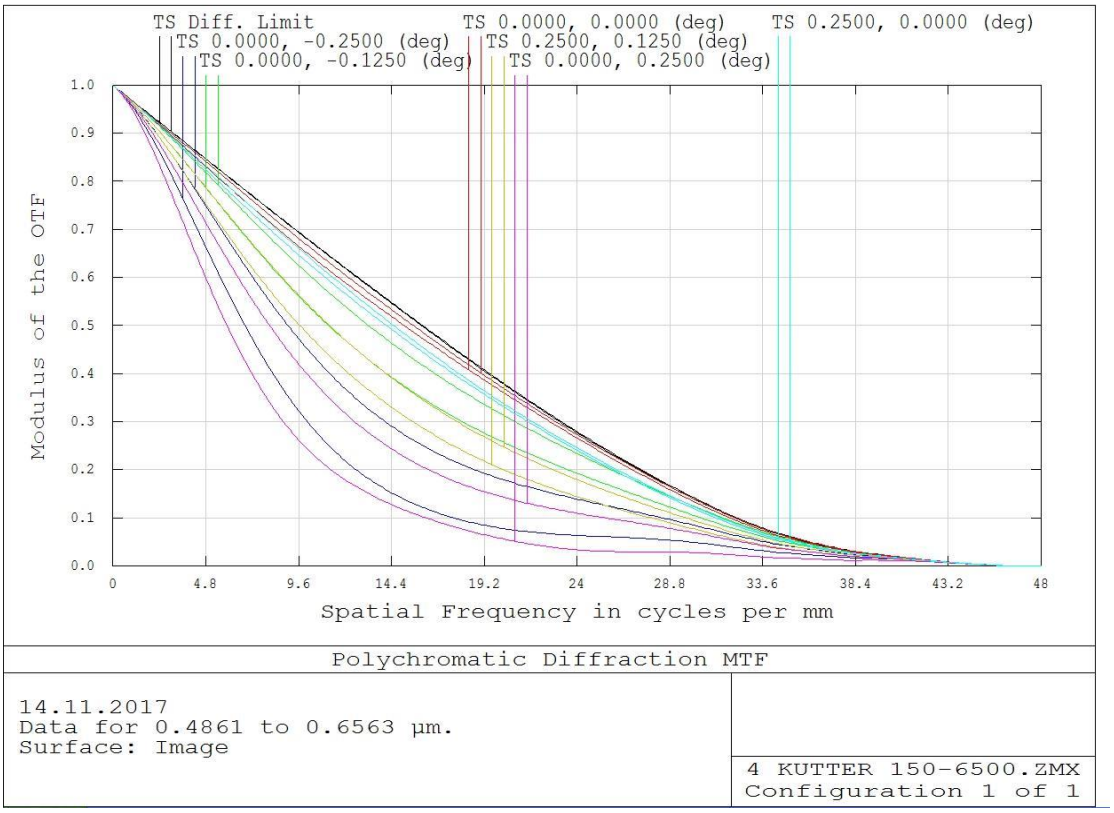
Tabulka 4. Parametry Kutterovy soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 6500 mm.



Obrázek 10. Schéma systému Kutter o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 6500 mm.



Obrázek 11. Spotdiagramy systému Kutter o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 6500 mm.



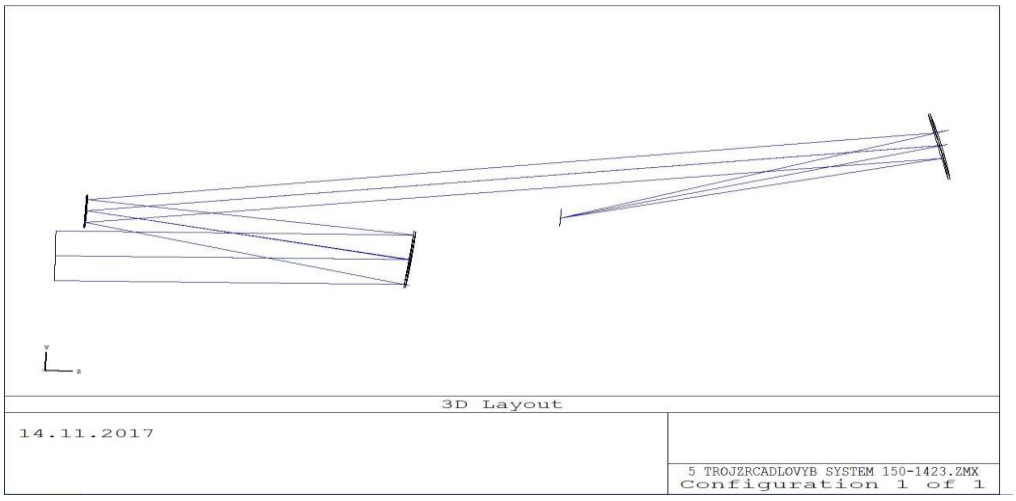
Obrázek 12. Modulační přenosová křivka systému Kutter o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 6500 mm.

3.3 Trojzrcadlový systém s asférickými zrcadly

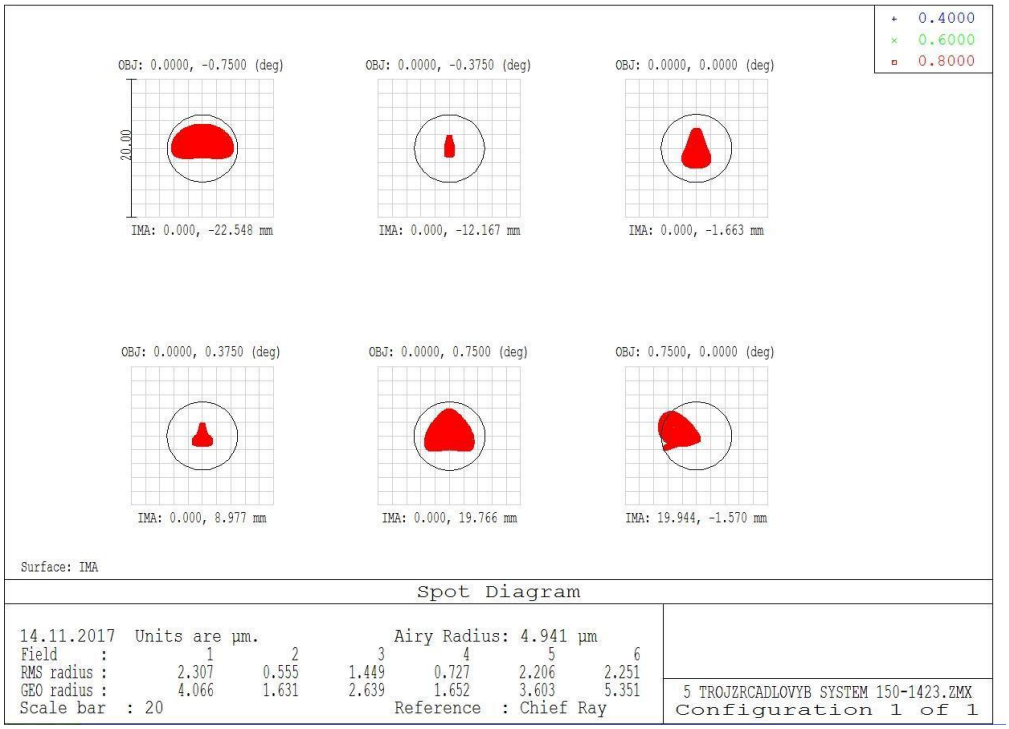
Trojzrcadlový mimoosový systém s asférickými plochami umožňuje konstrukci světelného přístroje s mnohem lepší korekcí zbytkových optických vad než předchozí soustavy. Systém o světelnosti 1 : 10 je schopen vykreslit na rovinnou plochu zorné pole o průměru cca 2° s geometrickými obrazy hvězd, srovnatelnými s rozměry difrakčního kroužku. U předložené soustavy jsou plochy zrcadel téměř centrické, s malou asféričností, což ulehčuje jejich výrobu. Návrh vychází z trojzrcadlového přístroje, u níž byla excentricky zavedena aperturní clona. Nevýhodou může být jeho nekompaktnost.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	700		75			
2	Coord. Br.		0		0		0	6
3	Standard	-2400	0	Mirror	85.0	-1		
4	Coord. Br.		0		0		0	-6
5	Standard	Infinity	-640		0			
6	Coord. Br.		0		0		135	2.232
7	Standard	-1048.03	0	Mirror	50	-0.272		
8	Coord. Br.		0		0		0	-2.232
9	Standard	Infinity	1680.64		0	0		
10	Coord. Br.		0		0		225	-12.385
11	Standard	-1481.74	0	Mirror	99.66	0		
12	Coord. Br.		0		0		0	12.385
13	Standard	Infinity	0		0	0		
14	Coord. Br.		0		0		-267	3
15	Standard	Infinity	-745.97		0	0		
IMA	Standard	Infinity			25	0		

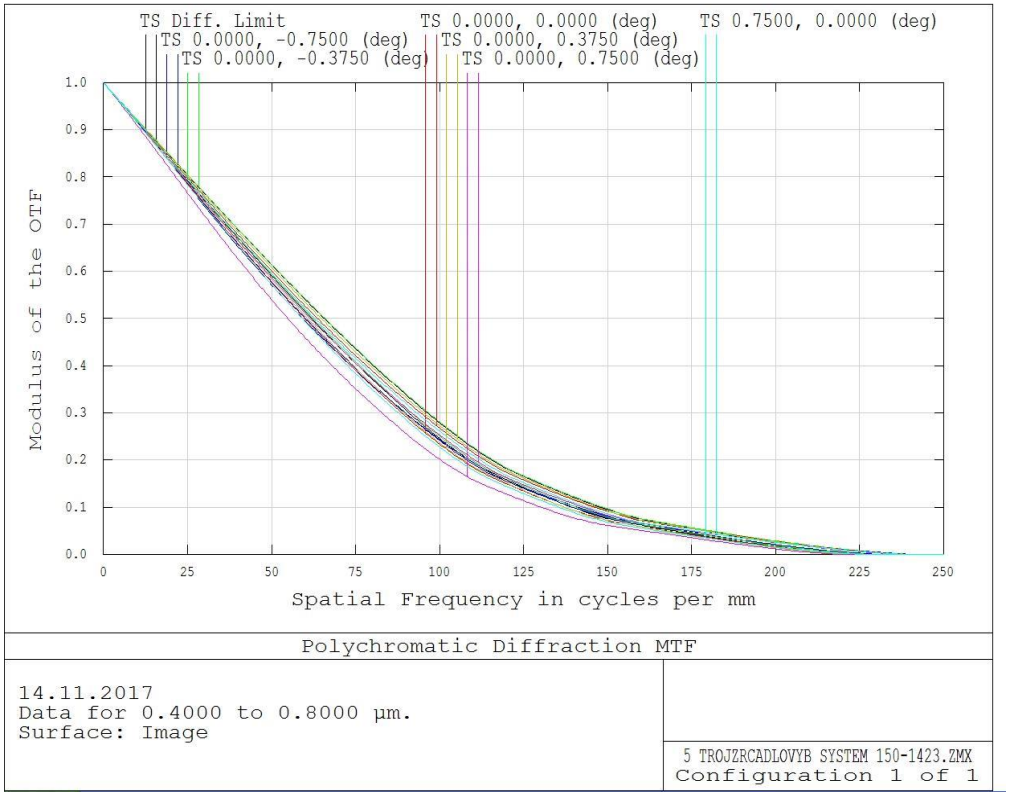
Tabulka 5. Parametry nekompaktní trojzrcadlové soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1423 mm.



Obrázek 13. Schéma nekompaktní trojzrcadlové soustavy soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1420 mm.



Obrázek 14. Spotdiagramy nekompaktní trojzrcadlové soustavy soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1420 mm.



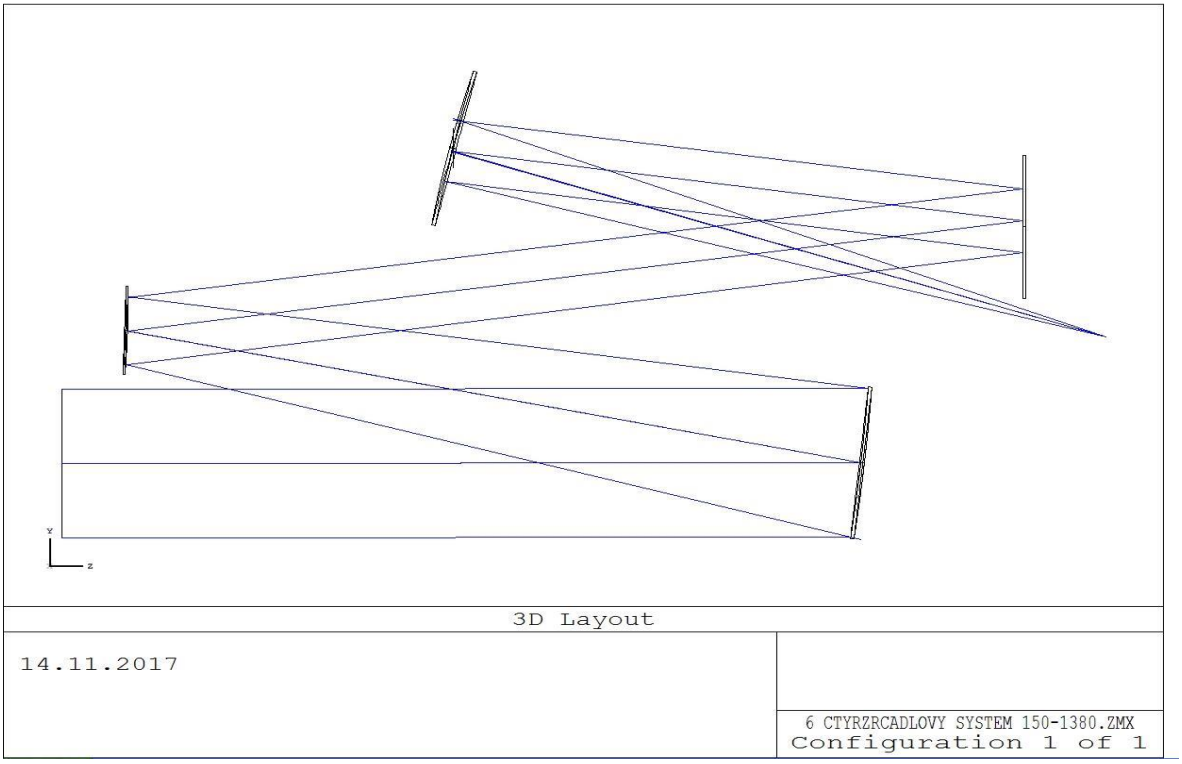
Obrázek 15. Modulační přenosová křivka nekompaktní trojzrcadlové soustavy soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1420 mm.

3.4 Kompaktní čtyřzrcadlový systém

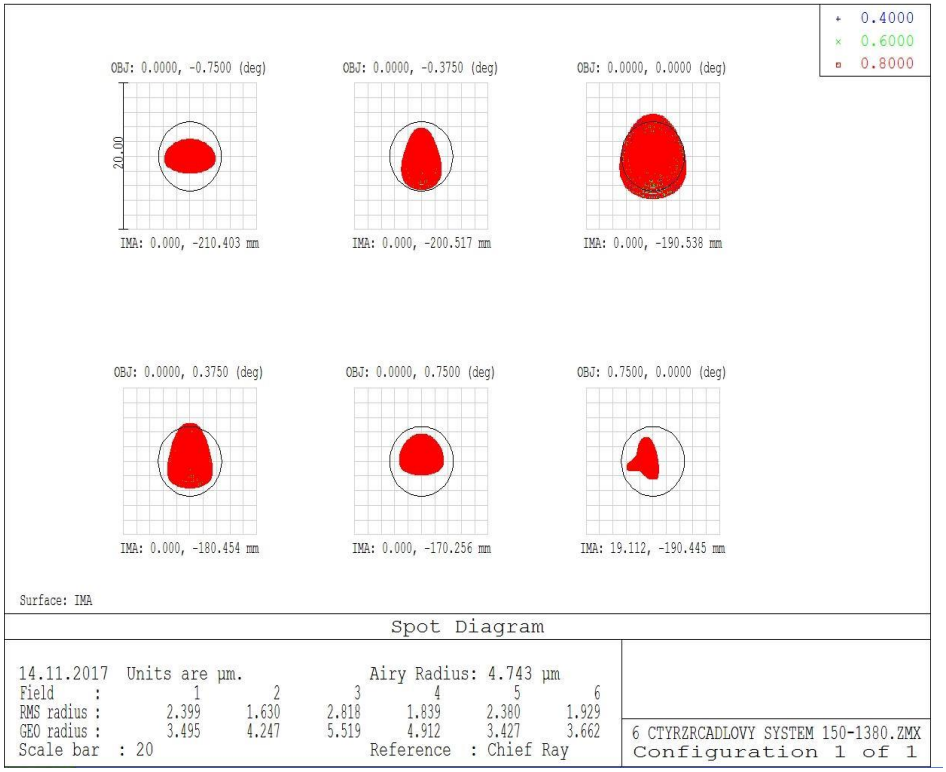
Tento návrh vychází z předchozího trojzrcadlového systému, ze kterého vložením pomocného rovinného zrcadla vznikl kompaktní systém. Jeho zbytkové vady jsou jsou velmi malé a blízké předchozímu návrhu. Podobné systémy se často používají jako hlavní zobrazovací objektivy satelitárních přístrojů. Jejich světelnosti mohou být okolo 1 : 9 – 10 a více. Také optické plochy tohoto systému jsou navrženy blízké centrickým a jsou-li asférické, mají malé odchylky od sférické plochy.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	700		75			
2	Coord. Br.		0		0		0	5.88
3	Standard	-2400	0	Mirror	77.0	-1		
4	Coord. Br.		0		0		0	-5.88
5	Standard	Infinity	-642.40		0			
6	Coord. Br.		0		0		134.5	1.821
7	Standard	-1129.58	0	Mirror	45	-0.662		
8	Coord. Br.		0		0		0	-1.821
9	Standard	Infinity	0		0	0		
10	Coord. Br.		784.41		0		104	0
11	Standard	Infinity	0	Mirror	72	0		
12	Standard	Infinity	-498.84		0			
13	Standard	Infinity	0		0	0		
14	Coord. Br.		0		0		80	13.257
15	Standard	1261.23	0	Mirror	80	0		
16	Coord. Br.		0		0		0	-13.257
17	Standard	Infinity	0		0	0		
18	Coord. Br		0		0	0	0	0.048
19	Standard	Infinity	571.53		20	0		
IMA	Standard	Infinity			0	0		

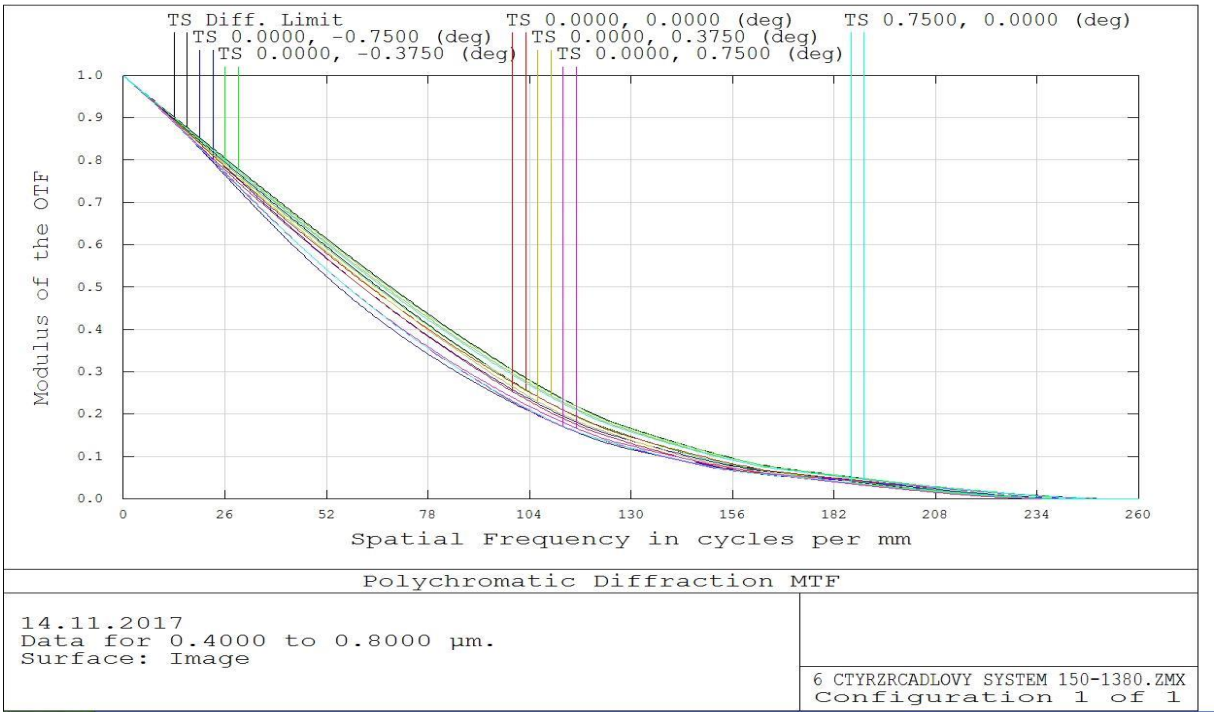
Tabulka 6. Parametry čtyřzrcadlové soustavy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1380 mm.



Obrázek 16. Schéma kompaktního čtyřzrcadlového systému o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1380 mm.



Obrázek 17. Spotdiagramy kompaktního čtyřzrcadlového systému o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1380 mm.



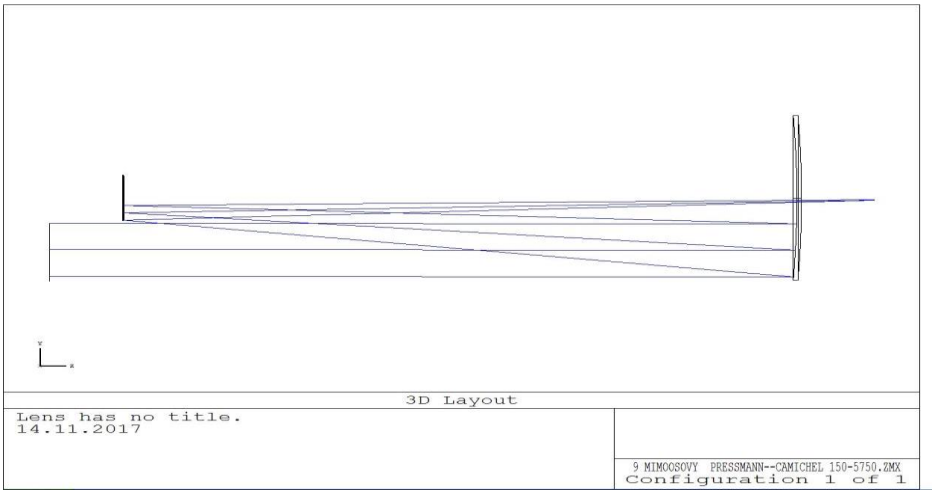
Obrázek 18. Modulační přenosová křivka kompaktního čtyřzrcadlového systému o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 1380 mm.

4. Mimoosové zrcadlové soustavy, vyrobené na pracovišti ÚFP AV ČR v.v.i.- Toptec.

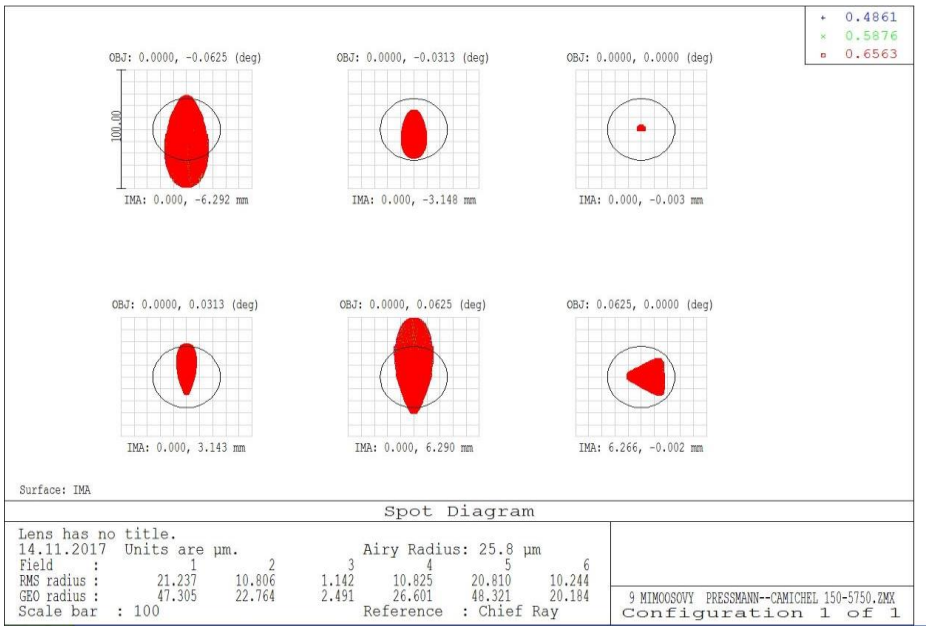
Na pracovišti Centra Toptec byla navržena a zkonstruována řada mimoosových katoptrických a katadioptrických soustav. Většinou se jednalo o přístroje, sloužící jako vstupní objektivy ke slunečním spektrografům nebo jako kolimátory paralelních svazků. Bylo vyrobeno i několik Kutterových soustav pro vizuální astronomická pozorování. Výrobu těchto soustav preferoval RNDr. Ivan Šolc CSc, který v polovině 70. let popsal u nás Kutterovu soustavu. Navrhl a zkonstruoval řadu menších zrcadlových soustav s nezacloněnou vstupní aperturou pro pozorování Slunce. Dva Kutterovy systémy o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti cca 3000 mm si na základě článku z časopisu Říše hvězd vyrobil pan Josef Vích z Náchoda.
Od roku 2006 byl na pracovišti Toptec řešen jako grantový úkol výroba spektrografu s dvojlomně-polarizačním filtrem, umožňující pozorování Slunce v šesti spektrálních čarách. Zorné pole mělo mít průměr několika úhlových minut. Pro tento účel byly navrženy dva hlavní napájecí optické systémy. První variantou zobrazovacího objektivu byla nezacloněná soustava brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti cca 5750 mm. Dvojlomně-polarizační filtr by se v ní vkládal přímo do sbíhavého svazku před ohnisko. Tato dvojzrcadlová soustava byla řešena jako řez Pressmann-Camichelova dalekohledu se sférickým primárním zrcadlem. Sekundární zrcadlo má profil mimoosového zploštělého sféroidu. Asférický člen byl se šesti dalšími nalepen na přípravku a společně figurován.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Standard	Infinity	1600		87.4			
2	**Coord. Br.**		0		0		165	0
3	Standard	-4000	-1440	Mirror	250	0		
4	Standard	-1720	1605.16	Mirror	70	8.6		
IMA	Standard	Infinity			0			

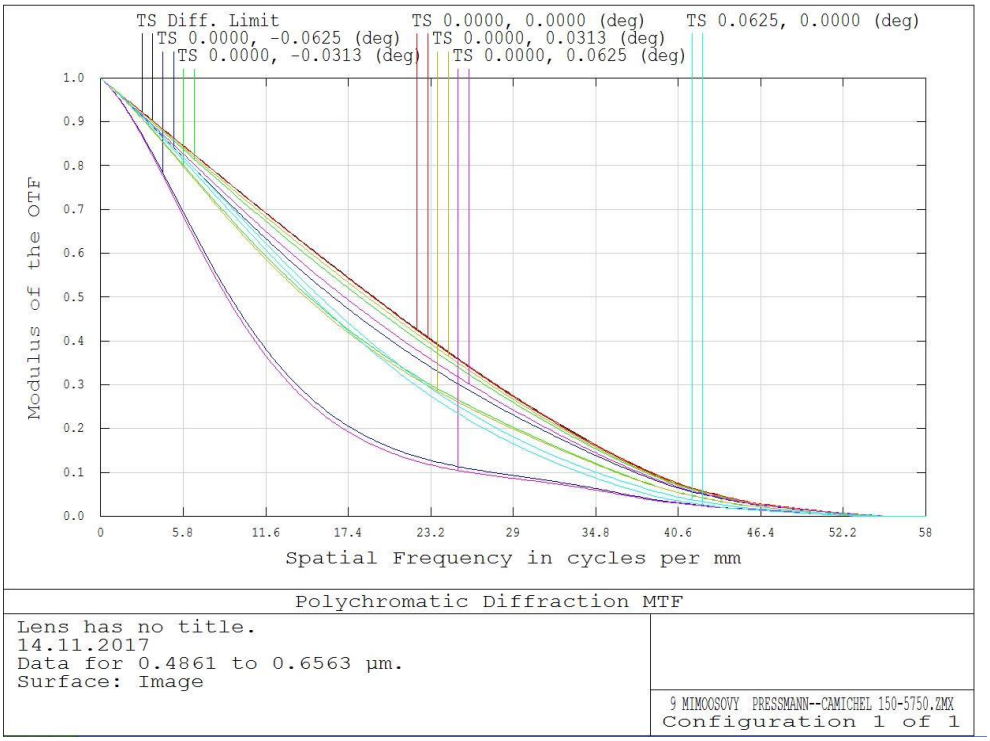
Tabulka 7. Parametry brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5750 mm. Primární zrcadlo je sférické, sekundární má profil zploštělého mimoosového sféroidu.



Obrázek 19. Schéma brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5750 mm. Primární zrcadlo je sférické, sekundární má profil zploštělého mimoosového sféroidu.



Obrázek 20. Spotdiagramy brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5750 mm. Primární zrcadlo je sférické, sekundární má profil zploštělého mimoosového sféroidu.

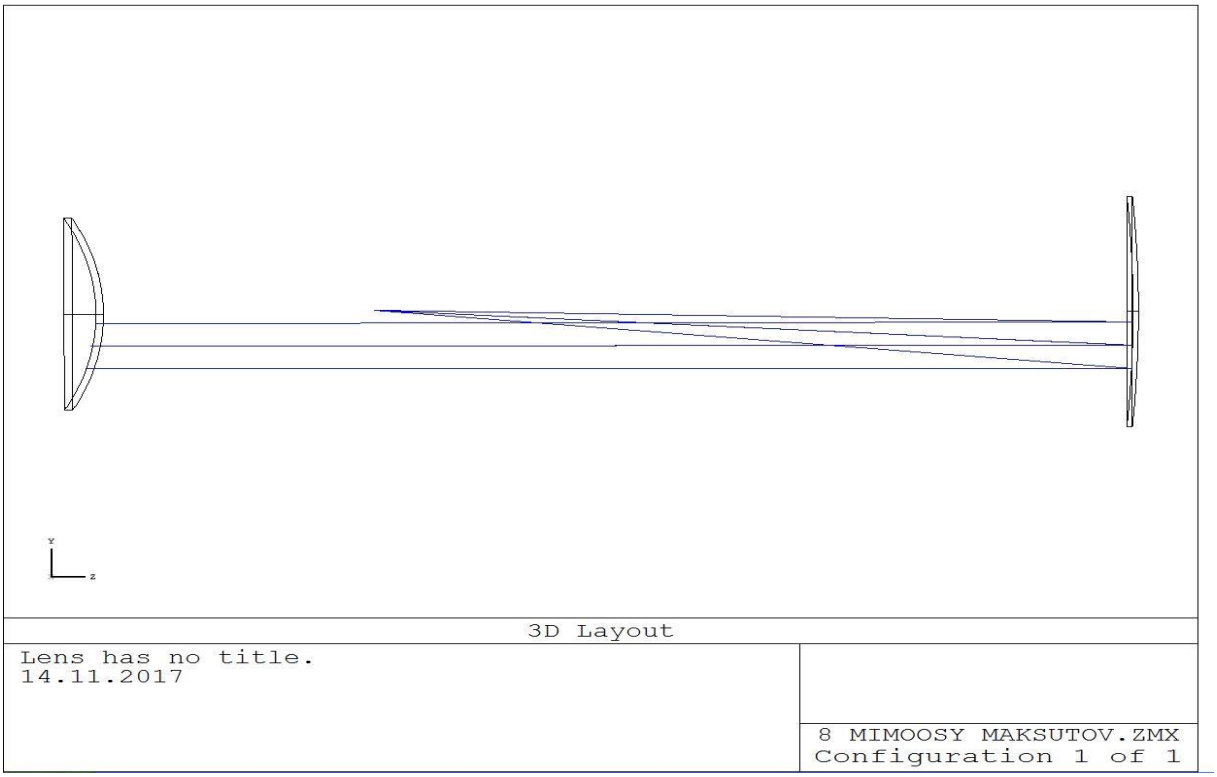


Obrázek 21. Modulační přenosová křivka brachytu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 5750 mm. Primární zrcadlo je sférické, sekundární má profil zploštělého mimoosového sféroidu.

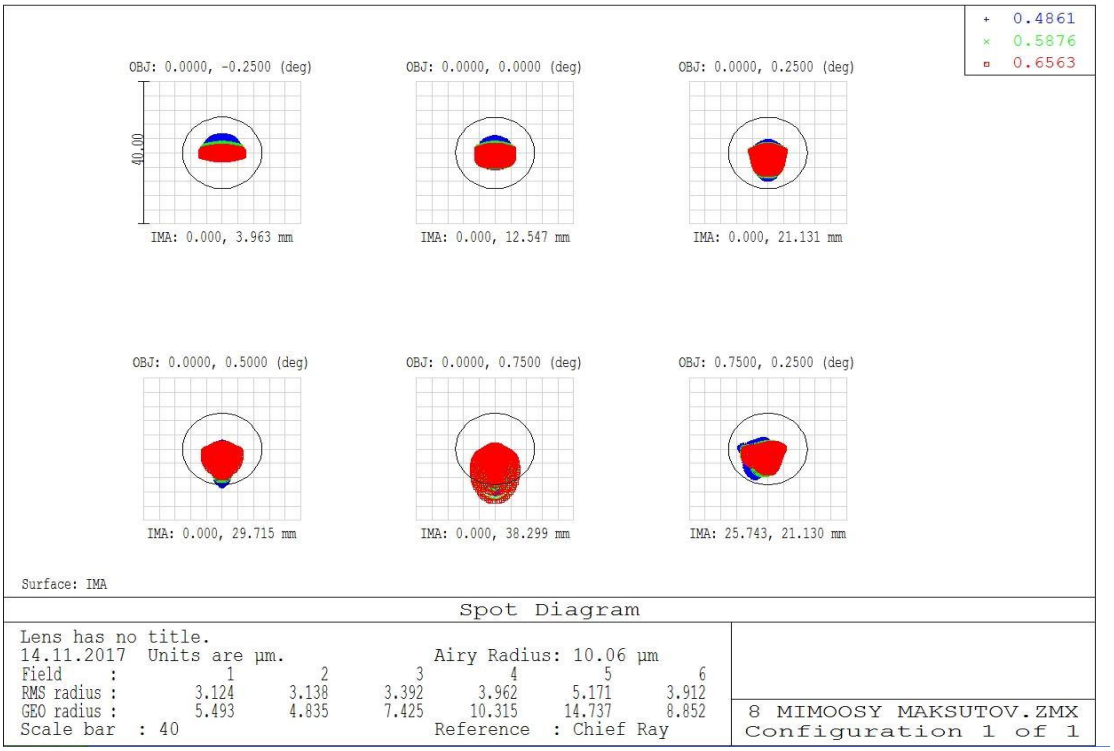
Druhý návrh vstupní soustavy grantového spektrografu byl katadioptrický. Jednalo se o mimoosové obecné řešení meniskového Maksutovova dalekohledu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm. Jeho stavební délka byla cca 2800 mm. Přístroj má velice malé zbytkové vady. Měl sloužit jako napájecí dalekohled, avšak optimalizované kolimační a zobrazující objektivy k němu vycházely jako velmi složité mnohočočkové systémy.
Byly vyrobeny dvě soupravy optických prvků hlavního dalekohledu.

Surface	Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diam	Conic	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity			
1	Coord. Br.		0		0		110	0.180
2	Standard	-570	20	BK7	300			
3	Standard	-581.2	2750		300			
4	Coord. Br.		0		0			0.180
5	Standard	-4000	-2026.6	Mirror	360			
6	Coord. Br.		0		0			
IMA	Standard	-1954			0			

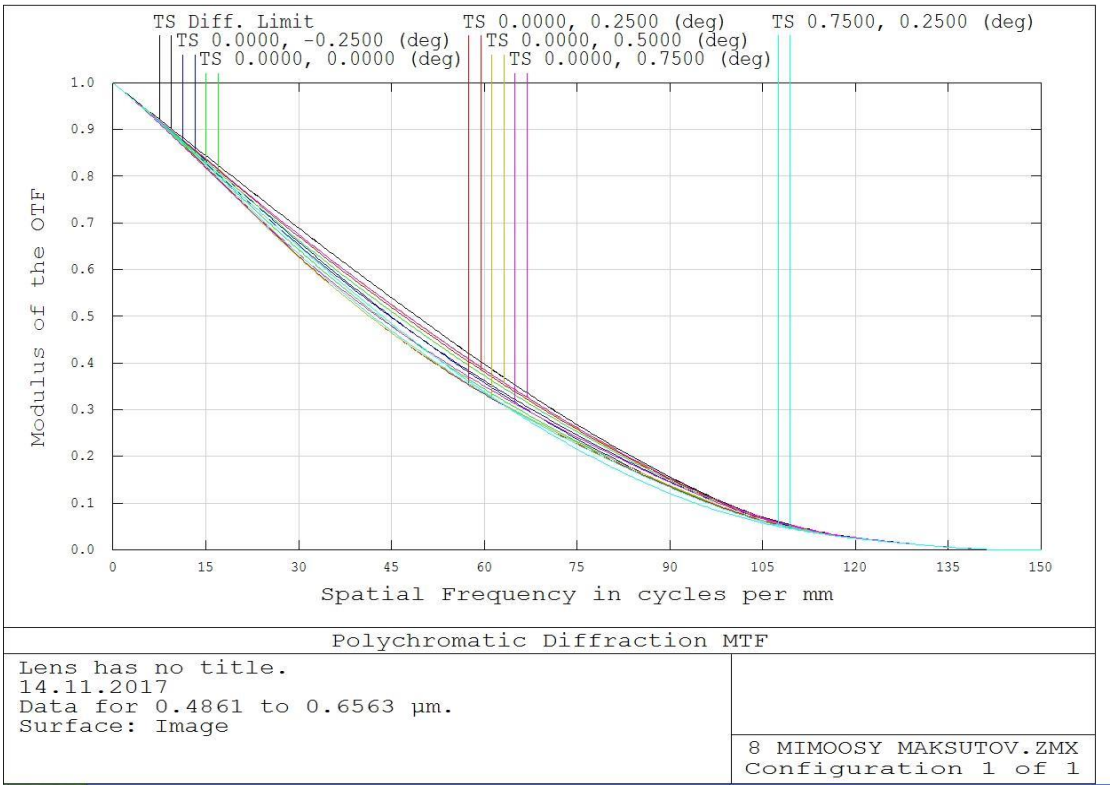
Tabulka 8. Parametry mimoosového Maksutovova dalekohledu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.



Obrázek 22. Schéma mimoosového Maksutovova dalekohledu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.



Obrázek 23. Spotdiagramy mimoosového Maksutovova dalekohledu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm .



Obrázek 24. Modulační přenosová křivka mimoosového Maksutovova dalekohledu o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti 2000 mm.

U dalších vyrobených přístrojů byla ke korekci obrazů použita torická čočka. První z nich byl dalekohled o průměru 150 mm a ohniskové vzdálenosti cca 4200 mm, který měl sférické primární a rovinné sekundární zrcadlo. Mimoosové vady byly kompenzovány torickou čočkou, umístěnou cca 100 mm před ohniskovou plochou. Systém byl vyroben v roce 1988 na základě jednoho z článků v časopise Sky and Telescope a na podzim tohoto roku byl testován na optické lavici pozorováním Měsíce a planety Mars. Přístroj byl velice kvalitně vyroben a citlivý na seřízení. Několik dalších přístrojů dnes funguje jako zobrazující komory velkého slunečního spektrografu na observatoři v Ondřejově a jsou podobné předchozí soustavě. Autorem těchto komor byl RNDr. Zbyněk Melich. Pro německé amatérské astronomy bylo vyrobeno několik zrcadlových soustav Woltera.

4. Závěr

V této práci jsou prezentovány příklady návrhů pouze nejjednodušších mimoosových soustav. Všechny poskytují na optické ose geometrické obrazy hvězd s průměry menšími nebo srovnatelnými s průměry difrakčních kroužků. Profil jejich modulačních přenosových křivek osových obrazů je blízký ideálním profilům. Vedle průměrů soustav jsou hlavními parametry i jejich světelnosti, které určují úroveň zbytkových vad. Pro absenci barevné vady jsou často jedinou možnou variantou konstrukce přístrojů pro použití v celém spektrálním oboru.
Parametry mnoha nezacloněných mimoosových optických soustav, které byly zkonstruovány pro nejrůznější účely a byly zapatentovány, lze nalézt na webových stránkách. [10], [11], [12]

5. Poděkování

Tato práce byla napsána v rámci projektu No. LO1206 Ministerstva školství mládeže a sportu České republiky.

6. Literatura

[1] The History of the Telescope, Henry C. King, Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2005

[2] On a Modified Form of the Cassegrain Telescope, By William R. Brooks, M.A. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 55, p.323, 1895, http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/MNRAS/0055//0000323.000.html

[3] Cassegrain telescope, the brachy telescope of Fritsch and Forster, Common, A. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 55, p.325-327,1895 http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/MNRAS/0055//0000325.000.html

[4] The Schiefspiegler (Oblique Telescope) by Anton Kutter, Bierbach an der Riss, West Germany, Sky Publishing Corporation, Harvard Observatory Cambridge 38, Mass. http://atm.udjat.nl/articles/The%20Schiefspiegler.pdf

[5] Kutterova zrcadlová soustava, Ivan Šolc, Říše hvězd, 11/1974, str. 209 – 215, http://www.supra-dalekohledy.cz/data/RH/RH-1974-11.pdf

[6] The Brachy Telescope of Messrs. Fritch and Forster, of Vienna. By A.A. Common, LL.D., F.R.S. http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/MNRAS/0055//0000325.000.html

[7] Sasian, J. M., "An unobstructed Newtonian telescope," Sky & Telescope, March 1991.

[8] Sasian, J. M., "A practical Yolo telescope, Sky & Telescope, August 1988.

[9] Off-axis optical system us patents, vyhledávač Google

[10] Off-axis three-mirror anastigmat having corrector mirror,

http://www.patentbuddy.com/Patent/601622

[11] Off-Axis Catadioptric Projection Optical System for Lithography. https://www.google.si/patents/US20090153954

[12] Three mirror anastigmatic optical system, https://www.google.com/patents/US4265510

7. Autoři.

Zdeněk Rail, prom.fyz., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: rail@ipp.cas.cz

Helena Franců, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: francu@ipp.cas.cz

Iva Ulrichová, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: ulrichova@ipp.cas.cz

Gabriela Šípová, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: sipova@ipp.cas.cz

Ing. David Vápenka, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: vapenka@ipp.cas.cz

Ing. Emil Vávra, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: vavra@ipp.cas.cz

Digitalizace Maksutovovy komory 350/840 úpické observatoře

Zdeněk Rail, Zbyněk Melich
Ústav fyziky plazmatu Akademie věd České republiky, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8,
Česká republika.
e-mail : rail@ipp.cas.cz, melichz@ipp.cas.cz

Abstrakt : Maksutovova komora o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm byla vyrobena v Turnově počátkem 80. let. Na úpické observatoři sloužila k fotografování oblohy na fotografický film. V současné době jsme byli požádáni o jeji přestavbu na digitální přístroj. Pro komoru bylo nutné navrhnout a vyrobit korekční člen pro narovnání její ohniskové plochy a dále ji vybavit vhodným digitálním fotografickým přístrojem.
V této práci přinášíme popis úpravy tohoto přístroje.

Klíčová slova : Maksutovova komora, optické aberace, Piazziho čočka, Petzvalovská křivost.

The Digitalisation of the Maksutov Camera 350/840 of the Observatory in Úpice

Abstract : The Maksutov camera of diameter 350 mm and focal length 840 mm was manufactured in Turnov at the beginning of the eighties. It used a photographic film for deep sky photography. At present time we were asked to turn this camera into a digital device.
We had to design and manufacture a new lens member for correction of the field curvature and to fit it with a photographic digital device.
We bring an account of adaptation of a camera in this paper.

Key words : Maksutov camera, optical aberrations, Piazzi lens, Petzval field curvature.

1. Úvod.

Použití fotografie v astronomii vedlo k vývoji nové skupiny optických přístrojů. V polovině 19. století, v době, kdy vznikaly první obrázky nebeských objektů, měli astronomové k dispozici pouze dva typy přístrojů. Prvními byly refraktory s achromatickými objektivy o nízké světelnosti. Hlavním důvodem konstrukce těchto dlouhofokálních čočkových dalekohledů byla snaha redukovat jejich chromatickou vadu. S těmito přístroji bylo nutné fotografovat mnohahodinové expoziční doby.
Lepší výsledky byly dosahovány se světelnými paraboloidickými zrcadly, tehdy již skleněnými se stříbrnou odraznou vrstvou. Jejich nevýhodou však bylo malé zorné pole, omezené komou. Později byly konstruovány i speciální širokoúhlé čočkové komory, jejichž průměr a světelnost limitovala chromatická vada.
V roce 1930 Bernhard Schmidt objevil princip fotografického přístroje, který se stal prvním zástupcem nové skupiny světelných širokoúhlých komor. Následně byly zkonstruovány i další typy světelných těchto přístrojů D. M. Maksutovem, D.S. Volosovem a řadou dalších optiků [1], [2], [3].

Později byly širokoúhlé přístroje navrhovány již s pomocí nově zaváděných počítačů, což podstatně přispělo ke zlepšení jejich zobrazovacích vlastností. Od padesátých let byla vyrobena řada katadioptrických fotografických komor až do průměru téměř 1400 mm. Například Schmidtova komora o průměru 1220 mm pracuje téměř 70 let paralelně s pětimetrovým palomarským dalekohledem a je využita k vyhledávání zajímavých objektů pro výzkum většími přístroji.
První Maksutovovu komoru u nás zhotovili bratři Vilém a Josef Erhartové z jižních Čech na podzim roku 1948. Tato fotokomora měla průměr 160 mm a ohniskovou vzdálenost 400 mm. Po tomto přístroji vznikla v jejich péči řada dalších komor, až do průměru cca 350 mm [4].
Největší Maksutovovu komoru u nás zrealizoval doc. Antonín Mrkos pro hledání planetek a komet [4, 9, 10]. Byla umístěna na kleťské observatoři a měla průměr menisku 625 mm, průměr zrcadla 830 mm a výslednou ohniskovou vzdálenost 1870 mm. Další komory do průměru cca 300 mm vyrobil Jiří Drbohlav ve Rtyni. V osmdesátých letech vznikla v Turnově komora o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm pro observatoř v Úpici. Tuto komoru zde používal k fotografování nebeských objektů a hlavně komet RNDr. Libor Vyskočil. Po náročném centrování a zaostřování, při kterém byla upravena kazeta s fotografickým filmem a její držák, se podařila řada kvalitních snímků. Nákupem nového přístroje, Schmidt-Cassegrainu firmy Meade o průměru 12 palců s CCD kamerou bylo fotografování s Maksutovovou kamerou přerušeno.
V současné době se uvažuje o opětovném uvedení komory 350/840 do činnosti. Vzhledem k značným cenám fotografického materiálu a potřebě operativnosti je přístroj upravován pro digitální fotografii.

2. Optický návrh Maksutovovy komory.

Klasická Maksutovova komora je dvojčlenný optický systém, skládající se z menisku a konkávního zrcadla. Všechny plochy jsou sférické. Achromatický menisek slouží jako korektor vad sférického zrcadla. Jedná se o tlustou čočku s velmi malou negativní optickou mohutností, jejíž poloměry křivostí mají nezanedbatelné hodnoty vůči středové tloušťce.
U většiny Maksutovových komor je tloušťka menisku volena okolo 1/10 jeho průměru. Poloměry křivostí menisku jsou voleny tak, aby opravoval sférickou vadu třetího řádu při zachování achromasie obrazu. Přítomnost nezkorigovaných vyšších řádů sférické vady omezuje výrobu komor se světelností vyšší než cca 1:2,5. Nad tuto hodnotu je nutné asférizovat jednu plochu menisku nebo zrcadla. Vzdálenost menisku od vrcholu primárního zrcadla je volena tak, aby komora měla opravenou komu, byla aplanatická. Zároveň toto uspořádání zmenšuje, i když ne zcela, astigmatismus. Obvyklá vzdálenost menisku od zrcadla je okolo 1.4 násobku jeho ohniskové vzdálenosti, soustava je kratší než ekvivalentní Schmidtova komora. Ohnisková plocha v komoře je zakřivená, konkávní k předmětu.
Je-li požadováno rovinné zorné pole, je nutné jej srovnat pomocí Piazzi čočky, která je umístěna do sbíhavého svazku co nejblíže před ohniskovou plochou. Tato čočka tvarově vychází jako menisek s pozitivní optickou mohutností, konvexní stranou k předmětu.
Počítat Maksutovovu komoru lze jednoduše pomocí Maksutovových empirických vztahů nebo lépe pomocí vzorců, odvozených Volosovem. Ty vedou ke zjištění optických parametrů téměř optimální komory. Výpočet pomocí Volosovových vzorců je delší a vede k několika variantám Maksutovových komor, z nichž je nutné vybrat reálné řešení s konkávní plochou menisku, obrácenou k předmětu. Druhé řešení s meniskem, otočeným konvexní plochou k předmětu je přibližně 2.5 krát delší než klasické.
Existuje ještě třetí řešení soustavy sférického zrcadla a menisku, který je umístěn blízko vrcholu zrcadla. Paprsky odražené zrcadlem procházejí středovým otvorem menisku, jehož

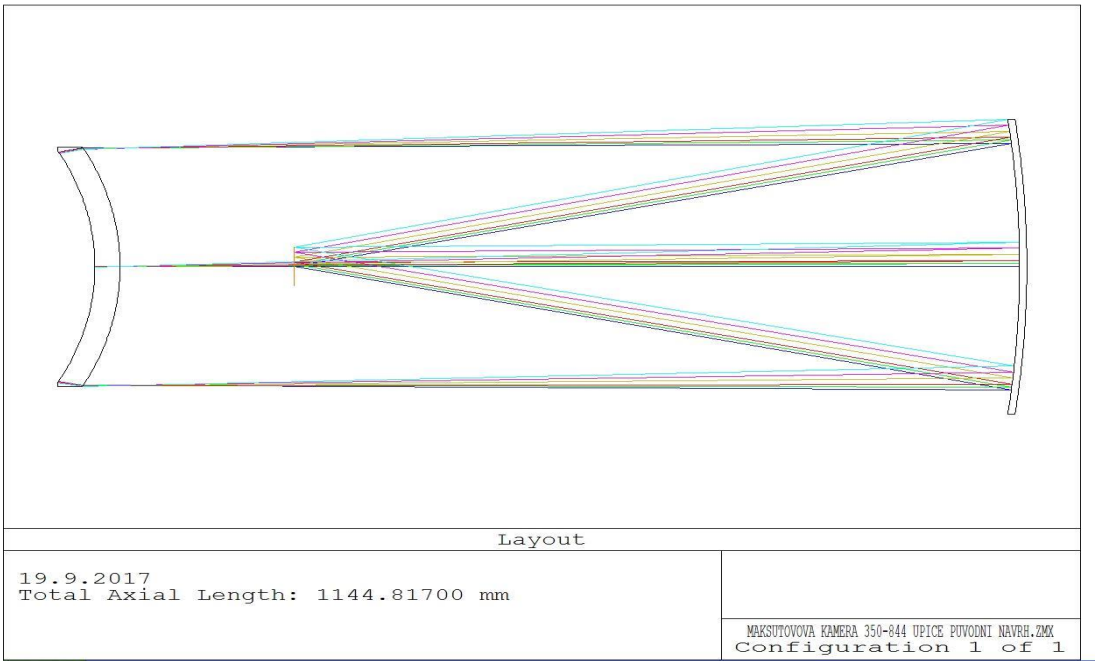
průměr může dosahovat 40-50 % průměru samotného menisku. Tato varianta komory se téměř nepoužívá.
Optimální světelnost Maksutovových komor je okolo 1 : 3 pro průměry do cca 600 mm.
Světelnosti pro malé přístroje, do průměru 200 mm, mohou být i větší, cca 1 : 2.5, avšak v těchto případech jsou obrazy hvězd díky sférochromatické vadě pro kamery s malými pixely, již velké. Maksutovovy komory o světelnosti 1 : 4 a menší lze vybavit Newtonovským sekundárním zrcadlem a použít je jako širokoúhlý vizuální přístroj se stigmatickými obrazy [5], [6], [7], [8].

3. Úprava Maksutovovy komory o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm pro digitální fotografii.

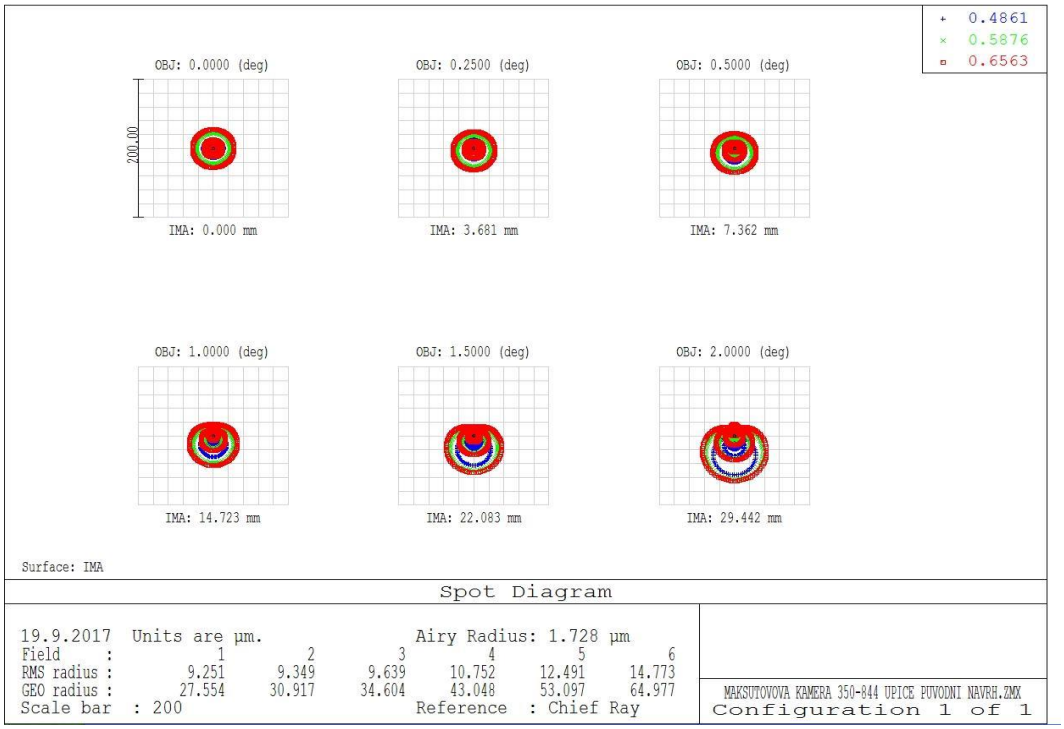
Maksutovova komora úpické observatoře má průměr 350 mm a ohniskovou vzdálenost cca 840 mm. Byla navržena Z. Melichem a vyrobena v Turnově počátkem 80. let. Její mechanické rozměry byly zvoleny tak, aby ji bylo možné umístit do existující vidlicové montáže v hlavní kopuli úpické observatoře. Zvolená světelnost přístroje 1: 2,4 leží na samé hranici použitelnosti Maksutovovy komory pro filmovou emulzi s průměry zrn fotoemulze cca 30 μm. Menisek je vyroben ze skla BaLF4 s indexem lomu n_d = 1.5796 a Abbeho číslem ν_d = 53.71. V jeho středu je mechanický otvor průměru d75 mm a středová tloušťka menisku má hodnotu 31 mm. Zrcadlo přístroje, odlitek z materiálu Simax, má průměr 420 mm. Jeho středová tloušťka je 60 mm. Nefunkční strana zrcadla je, s cílem odlehčení, rovněž kulová a je volena tak, že výsledný profil zrcadla splňuje podmínku samonosnosti. Zrcadlo je klasicky uchyceno v objímce, obdobně jako menisek, s možností plné justáže.
Film se vkládá do speciálně konstruovaného držáku, který musí zajistit jeho přesnou polohu v ohniskové ploše a prohnutí příslušného poloměru, odpovídající Petzvalově křivosti. V tabulce 1 jsou uvedeny parametry Maksutovovy komory podle původního výpočtu. Na obrázcích 1, 2, 3 a 4 je zobrazeno schéma soustavy, spotdiagramy, modulační přenosová křivka a sférochromatická vada.

	Surf.Type	Radius	Thickness	Glass	SemiDiam	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity	0.000
1	Standard	-363.934	31.08	BaLF4	177.27	0.000
2	Standard	-382.563	1113.737		182.76	0.000
3	Standard	-1752	-898.040	Mirror	224.86	0.000
IMA	Standard	-866.697				0.000

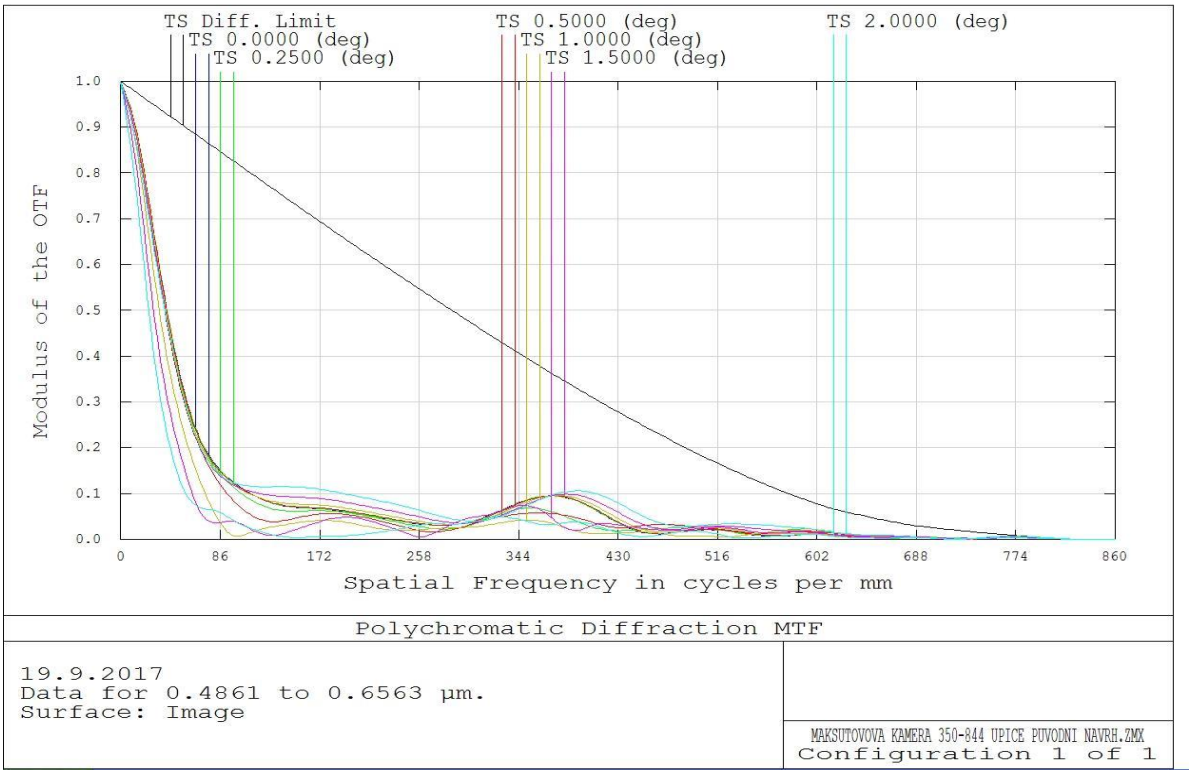
Tabulka 1. Optické parametry návrhu Maksutovovy komory o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm.



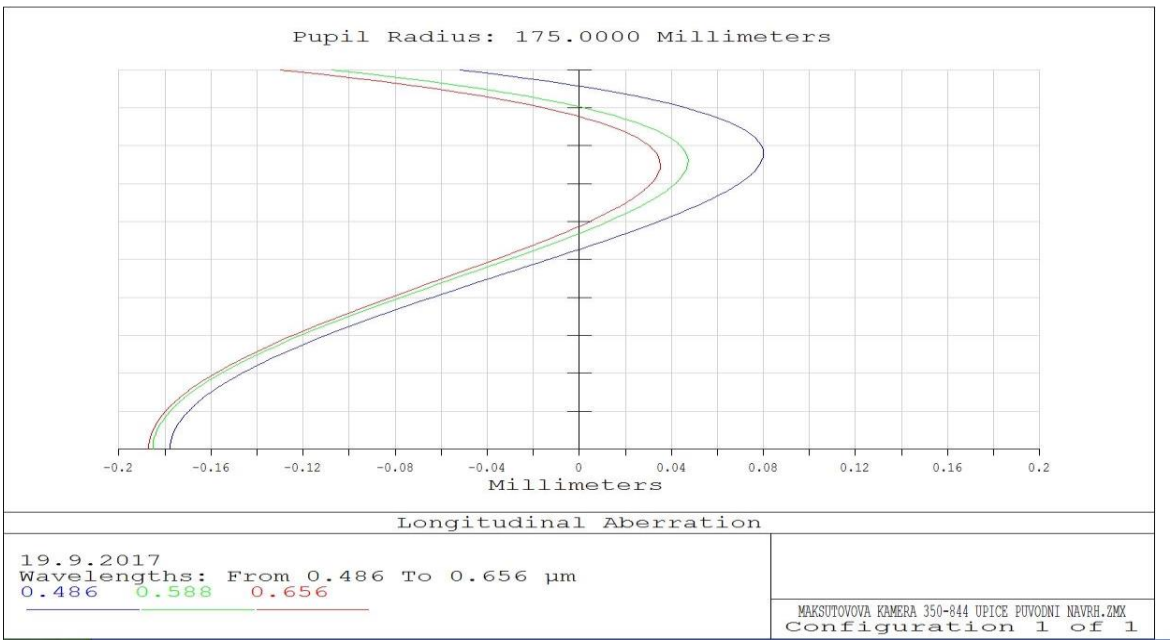
Obrázek 1. Schéma Maksutovovy komory úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm.



Obrázek 2. Spotdiagramy Maksutovovy komory úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm.



Obrázek 3. Modulační přenosová křivka Maksutovovy komory úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm.



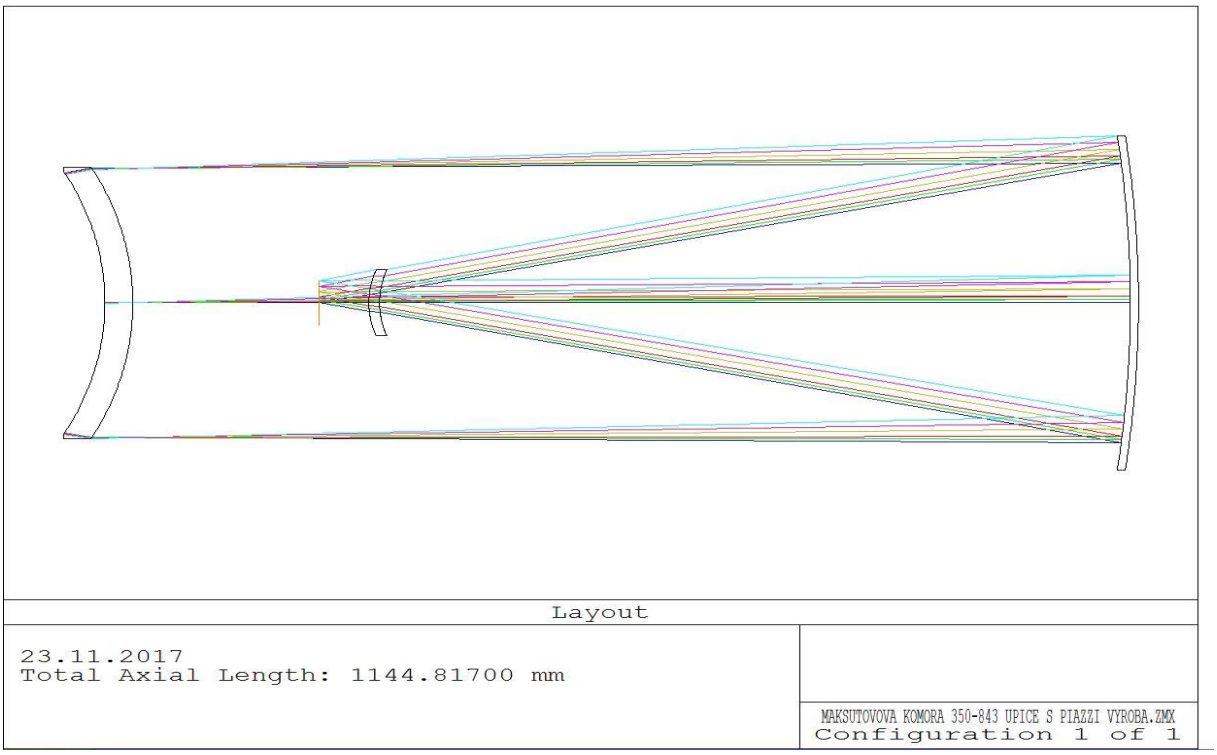
Obrázek 4. Sférochromatická vada Maksutovovy komory úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 840 mm.

Pro účel digitalizace Maksutovovy komory bylo zakoupeno tělo digitálního fotoaparátu Sony α7 [12] s CCD full frame (24 x 36 mm) formátem detektoru, s rozlišením 24 MPx. Velikost použitých pixelu je 9 µm. Počítá se ale, že uprostřed zorného pole bude obraz hvězdy

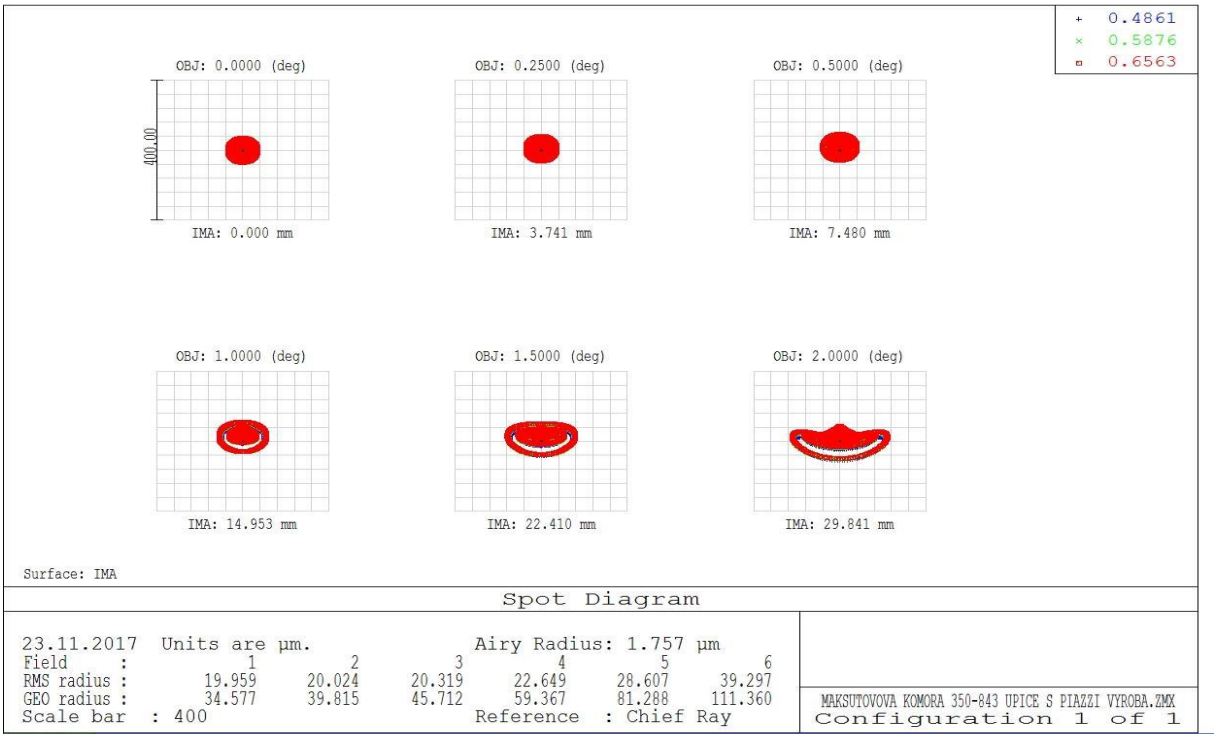
mít průměr 80 μm a bude se proto využívat zapojení kamery sdružující 4x4 pixely. Jedná se o kompromisní kvalitu obrazu, protože světelný přístroj vykazuje zbytkové vady, které byly počítané pro úroveň fotografické emulze, kdy rozměry zrn emulze se pohybují okolo 30 μm.
Petzvalovská křivost pole komory je opravena singletem – Piazziho čočkou tvaru menisku, s pozitivní optickou mohutností. Kompromisní vzdálenost vrcholu čočky od ohniska byla zvolena 55 mm, aby se zajistilo bezproblémové upevnění čočky do bajonetového uchycení objektivu fotoaparátu. Pro tuto hodnotu vzdálenosti se průměry hvězd zvětšují na dvojnásobek oproti Maksutovově komoře bez Piazziho čočky. Pokud by čočka byla umístěna blíže ohniskové roviny komory, kvalita obrazů by se zlepšila, ale nemohl by být splněn požadavek k případnému využití Piazziho čočky pro větší formát detektoru.
V tabulce 2 jsou uvedena data komory s Piazziho čočkou, která upraví ohniskovou plochu do roviny. Schéma soustavy, spotdiagramy, podélná sférochromatická vada a modulační přenosová křivka této soustavy je zobrazena na obrázcích 5, 6, 7 a 8.

	Surf.Type	Radius	Thickness	Glass	SemiDiam	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity	0.000
1	Standard	-363.93	31.08	BaLF4	177.3	0.000
2	Standard	-382.56	1113.74		182.8	0.000
3	Standard	-1752	-838.23	Mirror	224.9	0.000
4	Standard	127.33	-12	BK7	40.00	0.000
5	Standard	122.77	-55.02		40.00	0.000
IMA	Standard	Infinity				0.000

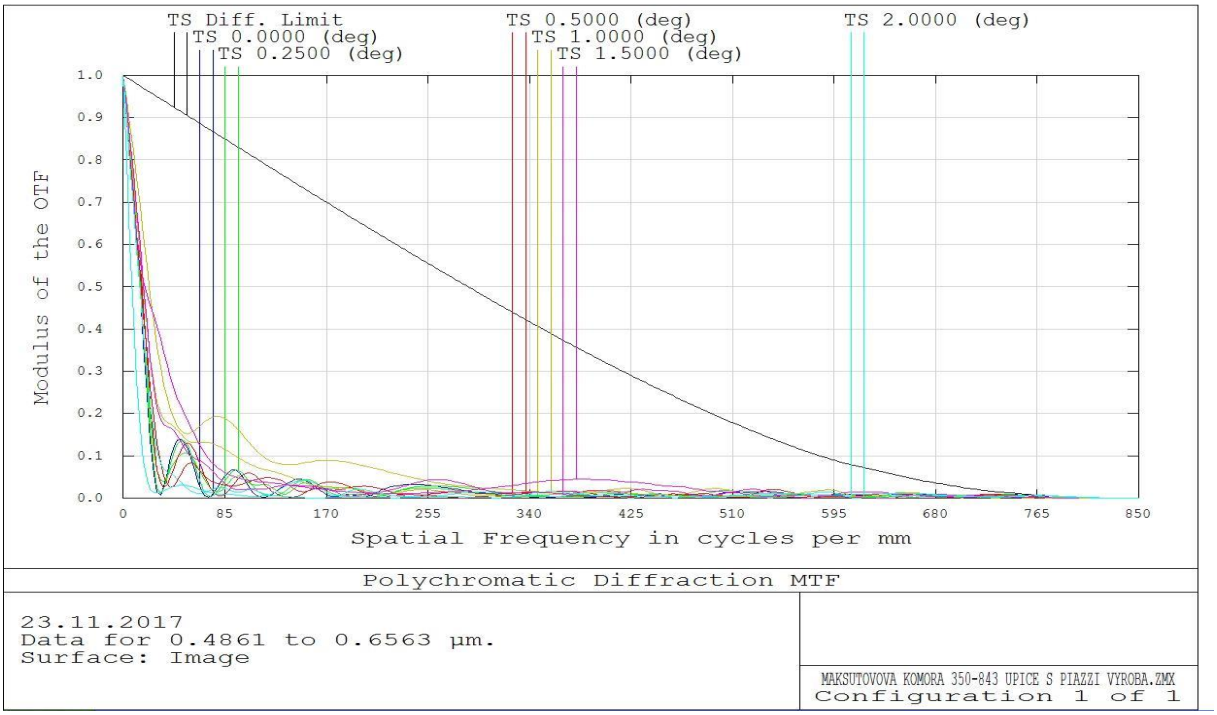
Tabulka 2. Optické parametry původního návrhu Maksutovovy komory o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm s Piazzi čočkou.



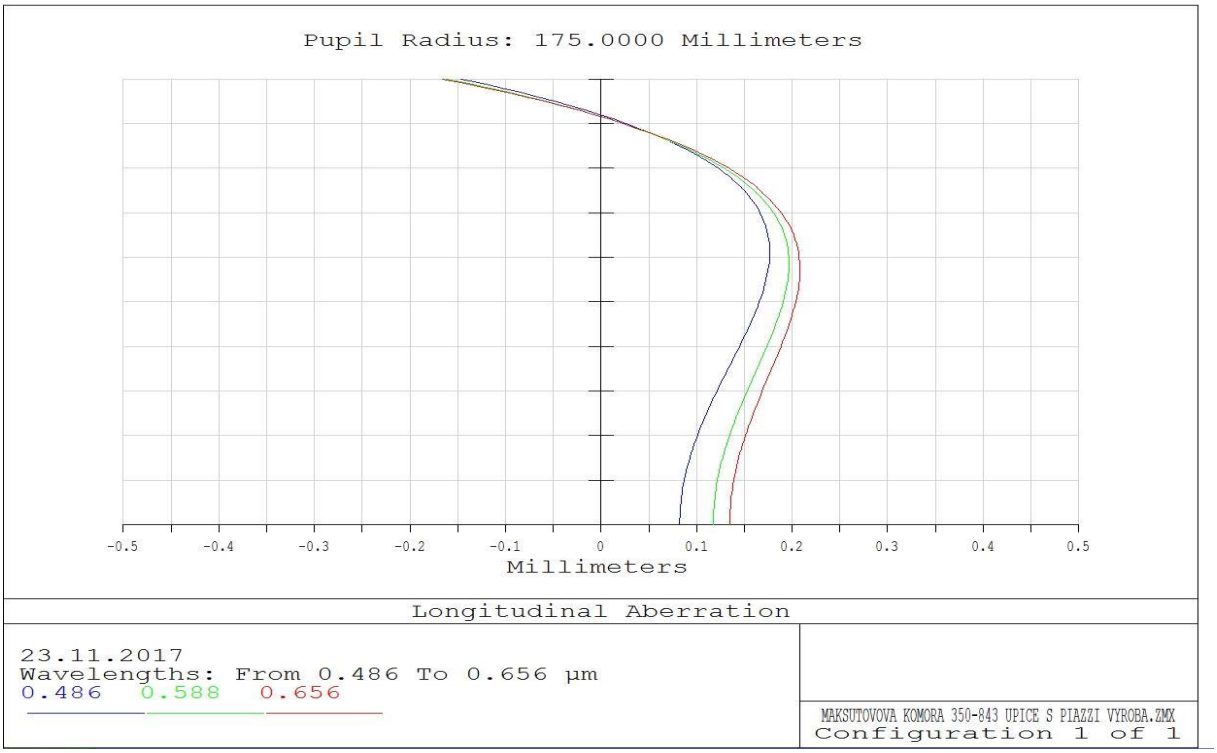
Obrázek 5. Schéma Maksutovovy komory s Piazzi čočkou úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm.



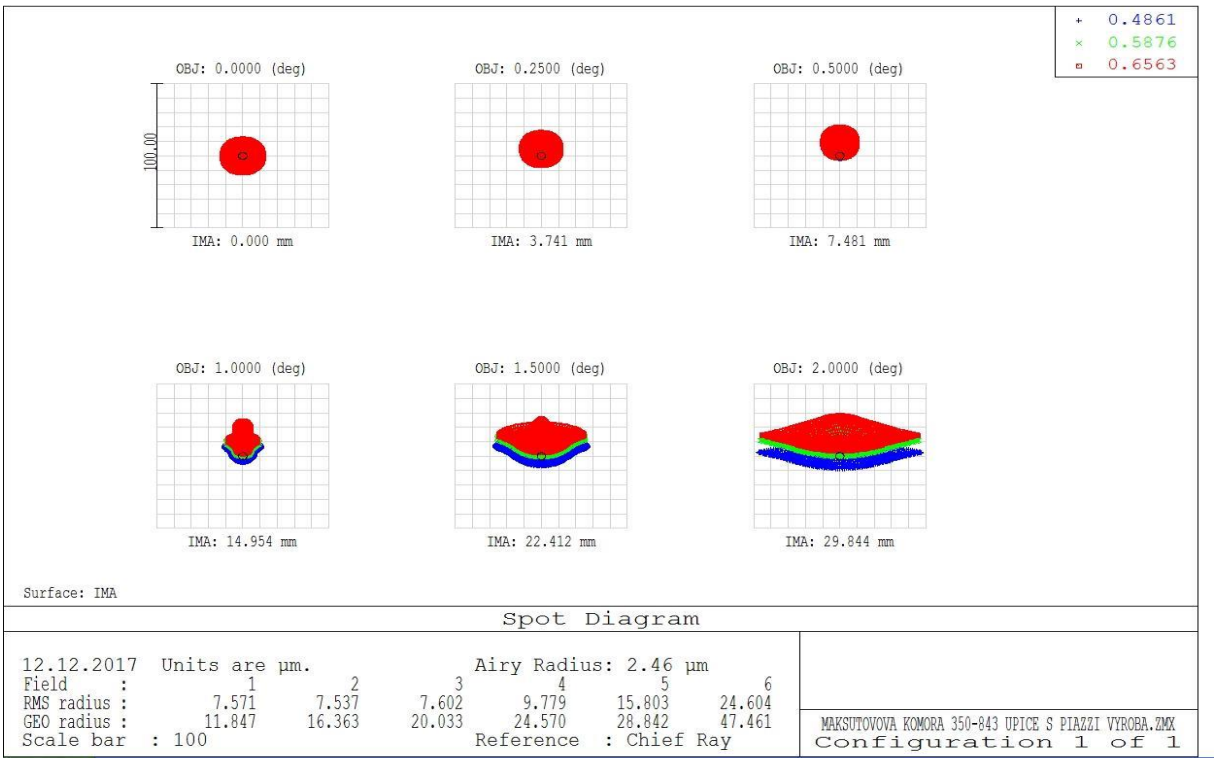
Obrázek 6. Spotdiagramy Maksutovovy komory s Piazzi čočkou úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm.



Obrázek 7. Modulační přenosová křivka Maksutovovy komory úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm.



Obrázek 8. Sférochromatická vada Maksutovovy komory s Piazzi čočkou úpické hvězdárny o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm.



Obrázek 9. Spotdiagramy Maksutovovy komory s Piazzi čočkou úpické hvězdárny, zacloněné na průměr 250 mm.

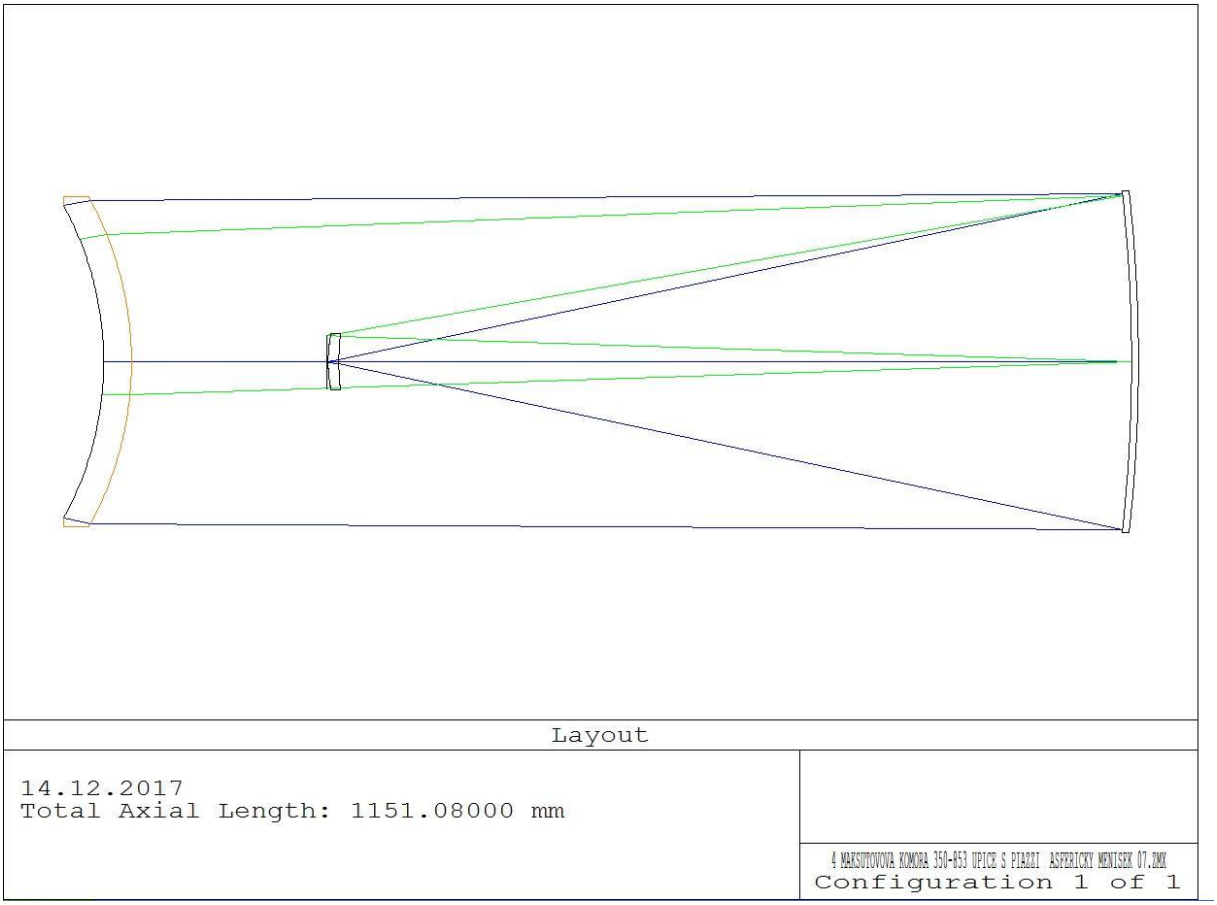
4. Maksutovova komora s asférickou konvexní plochou menisku.

Zlepšit zobrazovací vlastnosti Maksutovovy komory lze pomocí asférizace jedné z ploch menisku nebo zrcadla. Pro úplnost referátu je uveden i optický návrh s asférizovanou konvexní plochou menisku. Piazziho čočka je umístěna jen 2 milimetry před ohniskovou plochou. Parametry soustavy jsou uvedeny v tabulce č. 3. Vzhledem k velké světelnosti komory je pro korekci obrazů vhodné použít koeficienty rozvoje asférické optické plochy až do 14. mocniny.
Výroba takové plochy je i dnes s použitím CNC obráběcích strojů značně náročná. Soustava poskytuje po celém rovinném zorném poli o průměru 4˚ obrazy nepřesahující 40 µm. Obrazy jsou čtyřikrát menší než zobrazuje soustava se sférickými plochami a s Piazzi čočkou, vzdálenou od ohniskové plochy 55 mm.
Parametry soustavy včetně koeficientů rozvoje konvexní asférické plochy menisku jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. Schéma, spotdiagramy, modulační přenosová křivka a sférochromatická vada jsou na obrázcích 10, 11, 12 a 13.
Zmenšení průměru menisku s asférickou plochou na 250 mm by umožnilo dosažení geometrických průměrů hvězd na optické ose blízké průměrům difrakčním.

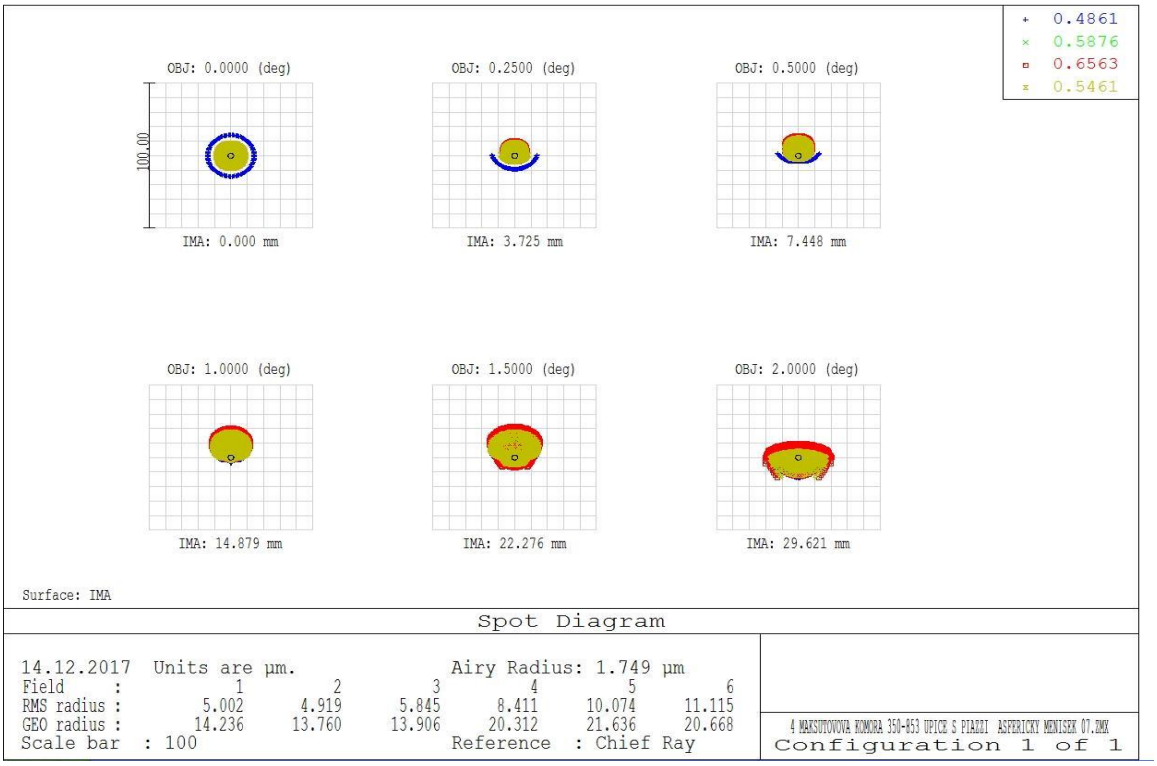
	Surf.Type	Radius	Thickness	Glass	SemiDiam	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity	0.000
1	Standard	-363.93	31.08	BaLF4	177.3	0.000
2	ASPHERIC		1113.74		182.8	0.000
3	Standard	-1752	-838.23	Mirror	224.9	0.000
4	Standard	127.33	-12	BK7	40.00	0.000
5	Standard	122.77	-55.02		40.00	0.000
IMA	Standard	Infinity				0.000

Tabulka 3. Optické parametry původního návrhu Maksutovovy komory o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 857 mm s Piazzi čočkou a asférizovanou konvexní plochou menisku. Koeficienty asférického rozvoje jsou v tabulce č. 4.

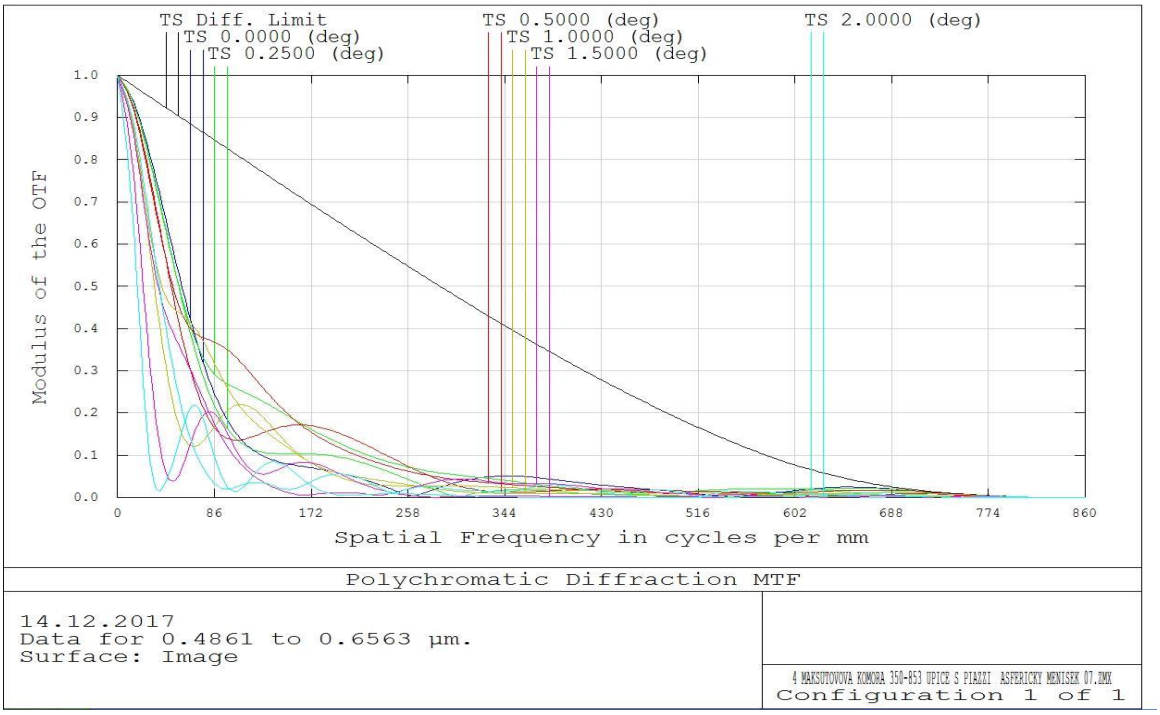
	2nd Order	4th Order	6th Order	8th Order	10th Order	12th Order	14th Order
EV ASPH	-1.308E- 03	-2.217e-09	-7.797e-15	-4.130e-20	3.55e-27	-1.669e-30	-1.45e-35



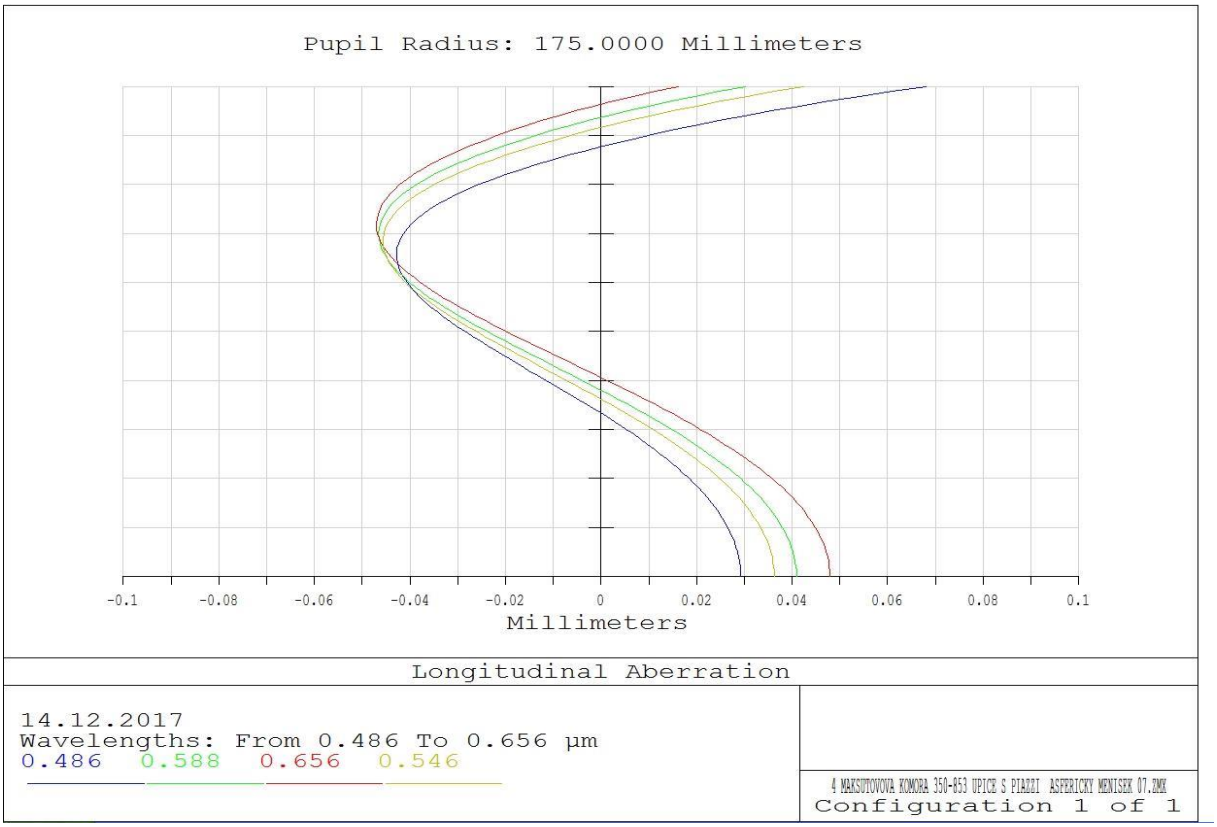
Obrázek 10. Schéma Maksutovovy komory s Piazzi čočkou o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 854 mm s asférickou konvexní plochou menisku.



Obrázek 11. Spotdiagramy Maksutovovy komory s Piazzi čočkou o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 854 mm s asférickou konvexní plochou menisku.



Obrázek 12. Modulační přenosová křivka Maksutovovy komory s Piazzi čočkou o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 854 mm s asférickou konvexní plochou menisku.



Obrázek 13. Sférochromatická vada Maksutovovy komory s Piazzi čočkou o průměru 350 mm a ohniskové vzdálenosti 854 mm s asférickou konvexní plochou menisku.

5. Závěr.

Přestavba Maksutovovy komory úpické observatoře by měla umožnit efektivní provoz přístroje v budoucnosti. Navržená úprava fotokomory nebude vyžadovat fotografický materiál a jeho poměrně pracné zpracování. Zobrazovací vlastnosti rekonstruovaného přístroje je nutné brát jako kompromisní, plynoucí z velké světelnosti fotokomory, která byla navržena pro použitím fotografického materiálu o zrnitosti 30 µm. Realizovaný návrh úpravy obsahuje Piazziho čočku, umístěnou 55 mm před ohniskovou plochu. K vlastní detekci bude využito komerčně dostupné tělo fotoaparátu Sony α7 s plnoformátovým čipem 24 MPx. Nedostatkem je zvětšení obrazů hvězd přibližně 2x a poměrně malé snímané zorné pole 1.6° x 2.4°.

Nezbývá než popřát kolegům v Úpici zdar při úpravě fotokomory!

6. Poděkování.

Tato práce byla napsána v rámci projektu NPU I No. LO1206 Ministerstva školství mládeže a sportu České republiky.

7. Literatura.

[1] D.D. Maksutov: New Catadioptric Meniscus Systems, Journal of the Optical Society of America, Vol.34, Issue 5, str. 270-284, (1944)

[2] Brief historical remarks concerning one type of wide-field catadioptric telescopes V.Yu. Terebish, Moscow University
http://www.baader-planetarium.de/tec/bild+pdf-tec300vt/Terebizh_Historical_Remarks.pdf

[3] Dmitri Maksutov: The Man and His Telescopes, By Eduard Trigubov and Yuri Petrunin, http://www.telescopengineering.com/history/dmitrimaksutov.html

[4] Erhart V, Erhart J., Amatérské astronomické dalekohledy, druhé přepracované vydání, Polytechnická knižnice, Praha 1989

[5] Rutten, van Venrooij, Telescope Optics, Willmann- Bell, Inc., Richmond, Virginia, 2002

[6] N.N.Michelson, Optičeskije teleskopy, Izdatelstvo "Nauka", Glavnaja redakcija fiziko-matematičeskoj literatury, Moskva, 1976

[7] Volosov D.S., Metody rasčota složnych fotografičeskich sistěm, OGIZ, Leningrad, 1948

[8] Mikš A., Katadioptrické soustavy, Jemná mechanika a optika **54**, (2009), č.2, str. 50-56, č.3, str. 307-311.

[9] http://hisec.astro.cz/_old/hvezdarny/hvezdarny-ceske_budejovice-klet

[10] http://komety.cz/clanek/cesky-astronom-na-pet-aneb-mrkos

[11] Manuál k optickému programu Zemax, User's Guide, Ver. 10, Focus Software, Inc., Tuscon, 2005

[12] https://www.sony.cz/electronics/fotoaparaty-s-vymennymi-objektivy-2/ilce-7-body-kit

8. Autoři.

Zdeněk Rail, prom.fyz., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: rail@ipp.cas.cz

Zbyněk Melich, RNDr, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 917, e-mail: melichz@ipp.cas.cz

Nový pozorovací sluneční dalekohled

Radovan Mrllák, Hvězdárna v Úpici

Abstrakt:

Příspěvek popisuje stavbu pozorovacího slunečního domku, jeho přístrojové vybavení, vzdálenou správu a praktickou ukázku pozorování.

prezentace

100 let Československé republiky a 101 let České astronomické společnosti

Marcel Bělík, Hvězdárna v Úpici

prezentace

Komety, meteory, Neptun a Josef Morstadt

Martin Cholasta, Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové, Hradec Králové

Abstrakt:

Co mají společného Kolín, Neptun, komety a meteorické roje? Vše spojuje vynikající český astronom Josef Morstadt, který se nakonec vlastně astronomem ani nestal. A právě zapomenuté osobnosti Josefa Morstadta bude věnována připravovaná přednáška. Morstadt přispěl k objevu první komety nesoucí české jméno. Dopomohl ke vzniku tehdy významné hvězdárny v Žamberku. Úspěšně hledal řešení Keplerových zákonů a zabýval se také meteorologií a kartografií. Tato zajímavá a významná osobnost nejenom české, ale i evropské astronomie si zcela jistě zaslouží naše připomenutí.

Prezentace

Střípky z digitalizovaného archivu dr. Františka Průši

Martin Lehký, Hvězdárna v Úpici

Během minulého roku se podařilo projít a zdigitalizovat skrovný archiv Dr. Františka Průši (28. 6. 1889 - 27. 11. 1967), druhého a dlouholetého předsedy Astronomické společnosti v Hradci Králové.
Představeno bude několik střípků z korespondence, které ukazují bohatou odbornou činnost tohoto spolku.

Prezentace

Solarografie pro 80 dětí

Richard Kotrba, Hvězdárna v Úpici

Prezentace

Třicet let soužití s kometami

Martin Lehký, Hvězdárna v Úpici

Komety se většinou objevují zcela nečekaně a narušují běžný řád oblohy. Není divu, že byly v minulosti považovány za božské znamení věštící války, nemoce a jiné zlo. Z dnešního pohledu jsou to velice zajímavá tělesa, která by nám mohla pomoci nahlédnout do ranných fází vývoje naší Sluneční soustavy. Všechny komety nevypadají stejně, za odlišnostmi stojí fyzikální vlastnosti, chemické složení, geometrické podmínky a v neposlední řadě sluneční aktivita. Během třicetiletého období (1987 - 2017) jsem vizuálně sledoval 240 různých komet a získal 3555 pozorování. Některé komety patří do zvláštního panoptika, které určitě stojí za shlédnutí.

Prezentace

Krkonošský národní park – ostrov severské přírody v srdci Evropy

Dan Bílek, KRNAP, Vrchlabí

Abstrakt:

Abstrakt: Představení krkonošské přírody, jak vypadá krkonošská tundra, podobnost s přírodou severu Evropy, specifické druhy květeny a zvířeny Krkonoš.

Prezentace

Krkonoše z letadla

Dan Bílek, KRNAP, Vrchlabí

Abstrakt:

Představení Krkonoš prostřednictvím fotografií z letadla, ledovcová údolí, kary a jezera, rašeliniště, kůrovcová oka a lidské jizvy v krajině.

Prezentace

Detekce vlivů proměnlivosti sluneční aktivity na troposféru: Problémy a výzvy z pohledu klimatologa

Radan Huth, KFGG PřF UK, ÚFA AV ČR

prezentace

Extrémní teploty v pražském Klementinu – horké léto a studená zima

Jaroslav Střeštík, Praha, Česká republika

Abstrakt: V rámci globálního oteplení rostou od poloviny 19. století průměrné denní teploty a současně i teploty maximální a minimální. To se odráží ve změně výskytu extrémních teplot. Rostou rekordní vysoké letní teploty i rekordní nízké zimní teploty (tj. zmírňují se mrazy). Roste také počet dní s teplotami vyššími než určená mez (např. denní maximum nad 25°C či 30°C) a klesá počet nocí s teplotami nižšími než určená mez (např. pod -15°C). Tyto změny jsou výraznější než změny průměrných teplot a rychlost těchto změn se v posledních několika málo desetiletích velmi zvýšila. Lze tak očekávat další výrazné pokračování v příštích desetiletích.

Extreme temperatures in Prague-Klementinum – hot summer and cold winter

Abstract: In the context of global warming, the average daily temperatures are rising from the mid-19th century, and in the same time also the maximum and minimum temperatures. This is reflected in the change of the occurrence of extreme temperatures. Record high summer temperatures and record low winter temperatures are rising (i.e., mitigate the frosts). Also the number of days with temperatures higher than a specified limit (e.g., daily maximum of 25 or 30 degree centigrade) increases and the number of nights with temperatures lower than a specified limit (e.g., below -15 deg) decreases. These changes are more pronounced than changes in average temperatures, and in the last few decades they are even more pronounced. Significant continuation in the coming decades can be expected.

Úvod

Mnoho toho bylo napsáno o globálním oteplení. Průměrná teplota vzduchu roste pozvolna na celé Zemi už od poloviny 19. století a zdá se, že tento růst se v posledních desetiletích postupně zvyšuje. Neroste však na celé Zemi stejně. Rychlejší růst je pozorován v Evropě a v severní Americe, a zvláště v Arktidě. Růst se samozřejmě netýká jen průměrných denních teplot. Stejně tak rostou i denní maximální a noční minimální teploty. Přibývá tak horkých dnů v létě a ubývá studených nocí v zimě. Spolu s tím se mění rekordní teploty vzduchu pro každý rok.

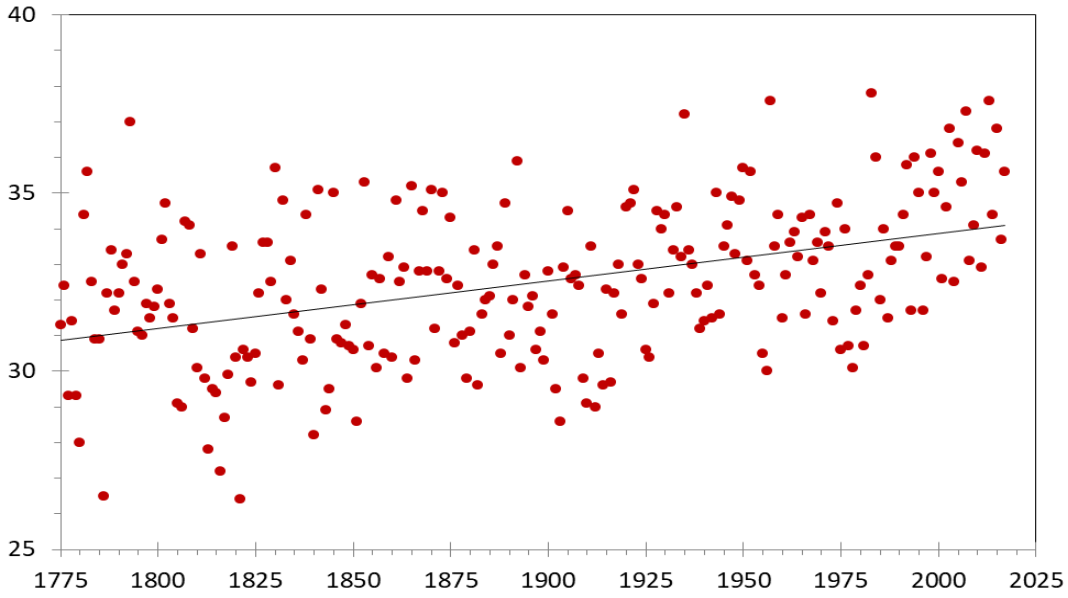
V pražském Klementinu se měří teplota vzduchu už od roku 1775. Průměrné denní teploty byly ovšem spočítány dodatečně, protože v dávných dobách se měření nekonalo vždy v 7, 14 a 21 hodin. Kromě denních průměrů byly měřeny či rekonstruovány také denní maximální a noční minimální teploty. Všechny jsou k dispozici pro každý den od roku 1775 a tato řada není nikde přerušená. Teploměr sice není umístěn v souladu s dnešními směrnicemi v budce dva metry nad zemí, ale je stále na témže místě a vzhledem k délce pozorování a nepřerušenosti řady je klementinská řada mezinárodně považována za velmi kvalitní.

Letní extrémy

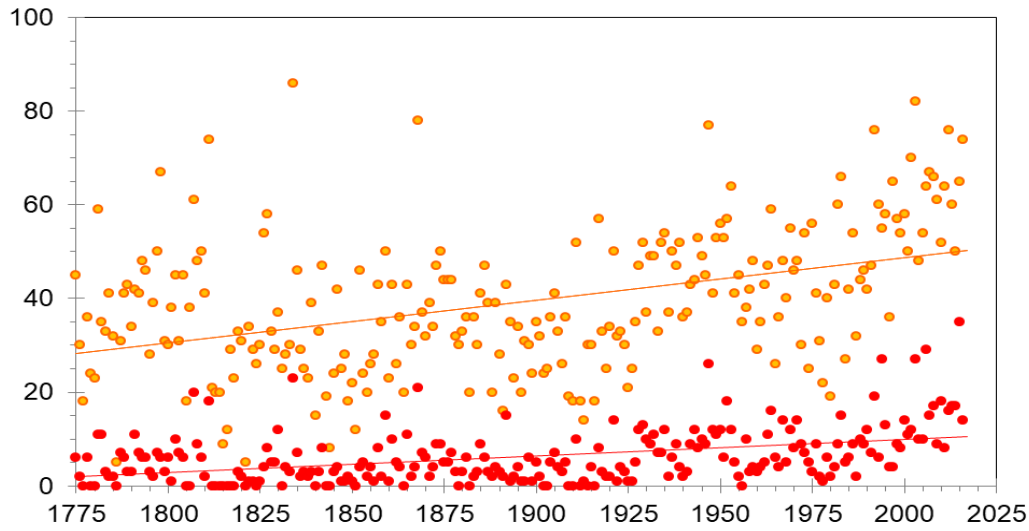
Určení extrémních hodnot teploty vzduchu, jinak řečeno teplotních rekordů, je velmi jednoduché. Stačí v řadě denních maximálních teplot najít nejvyšší teplotu, která se vyskytla v daném roce. Tyto teplotní rekordy jsou graficky ukázány na obr. 1. Zde vidíme především velký rozptyl, velké kolísání. Jsou léta teplá, kdy i rekordní teplota byla vysoká, a léta chladnější, kdy nejvyšší dosažená teplota byla o poznání nižší. Obrázek ukazuje dále, že před

100 – 200 lety bylo toto kolísání větší než v posledních desetiletích, a hlavně, že teplotní rekordy se postupně přesouvají výše. V 19. století, a ještě na začátku 20. století, se najde mnoho let, kdy nejvyšší dosažená teplota byla pod 30°C, tedy že za celý rok se nevyskytl ani jediný tropický den. Dnes (od poloviny 20. století) jsou teploty nad 30°C docela běžné a navíc se skoro v každém roce vyskytnou i teploty nad 35°C, které dříve byly zcela výjimečné. Vůbec nejvyšší teplota v Klementinu byla zaznamenána 27. 7. 1983, a to 37,8°C. V Praze-Uhříněvsi bylo ten den 40,2°C. Absolutní teplotní rekord 40,4°C v ČR byl však pozorován 20. 8. 2012 v nedalekých Dobřichovicích.

Samotné rekordní teploty vzduchu ovšem mnoho neříkají o skutečném výskytu dnů s extrémními teplotami. Někdy může jít jen o ojedinělý extrém, ojedinělé byť i značné vybočení, jindy o dlouhou sérii dnů s velmi vysokými teplotami. Z tabulky denních maximálních teplot vzduchu můžeme najít počet dní, kdy tato teplota přesáhla 25°C (letní dny), 30°C (tropické dny) a 35°C (tyto dny zatím nemají zvláštní označení). Počty letních a tropických dnů v každém roce jsou nakresleny na obr. 2. Jako všude i zde je vidět velké kolísání mezi jednotlivými roky. Tropických dnů je samozřejmě méně než letních. U obou je zřejmé, jak jejich počet roste, především ve druhé polovině 20. století. Červené body přímo na vodorovné ose vlevo označují roky, kdy se nevyskytl ani jeden tropický den. V pozdější době už takové roky nejsou.

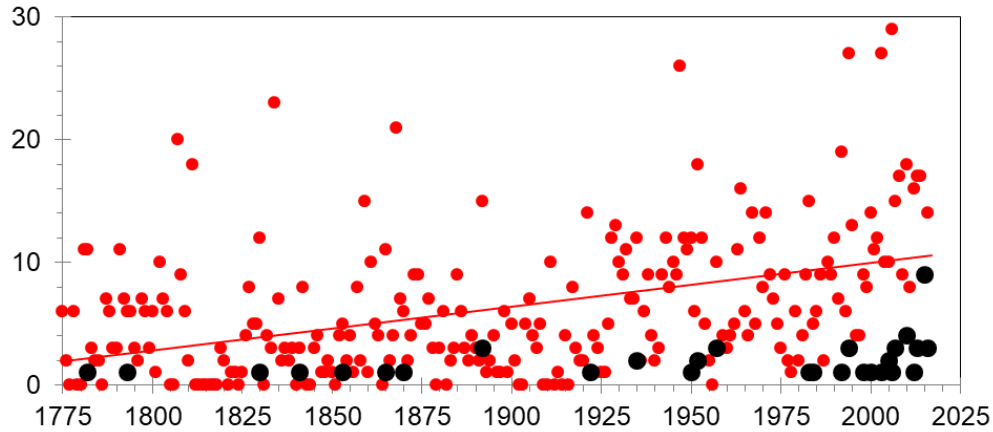


Obr. 1. Nejvyšší maximální denní teploty vzduchu v jednotlivých letech pozorované v pražském Klementinu 1775-2017.



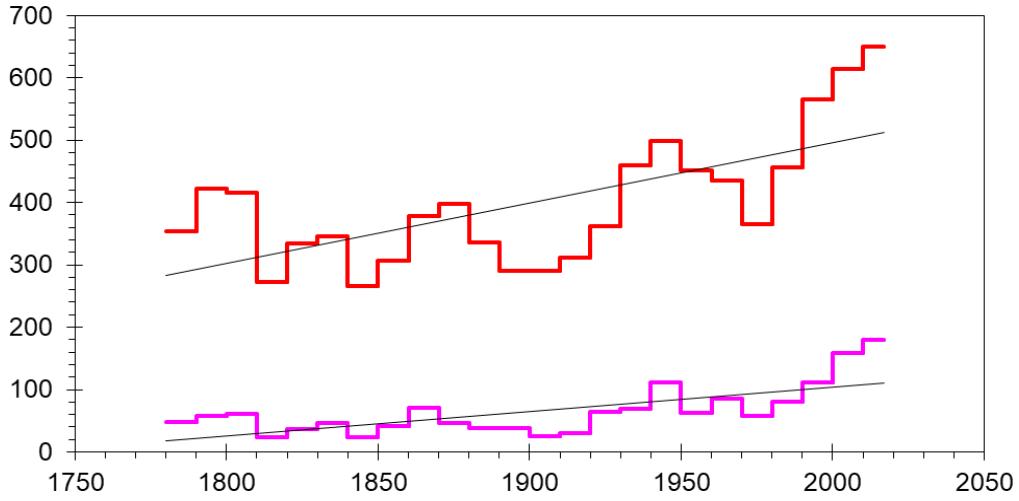
Obr. 2. Počty dní s denní maximální teplotou nad 25°C (žlutě) a nad 30°C (červeně) v jednotlivých letech pražském Klementinu.

Další obrázek (obr. 3) ukazuje výskyt tropických dnů a dnů s teplotami nad 35°C. Vertikální škála je zde pochopitelně jiná, červené body jsou tytéž jako na předcházejícím obrázku. Z roků s teplotami nad 35°C jsou kvůli přehlednosti zakresleny jen ty, kdy počet dnů s teplotami nad 35°C byl nenulový, jinak by se černé body hromadily přímo na vodorovné ose. Názorně je vidět, jak mnoho takových mimořádně horkých dnů přibylo v posledních 20 letech, zatímco dříve se vyskytovaly jen velmi zřídka.



Obr. 3. Počty dní s denní maximální teplotou nad 30°C (červeně) a nad 35°C (černě – pro roky s nulovým počtem dní není zakresleno) v jednotlivých letech v pražském Klementinu.

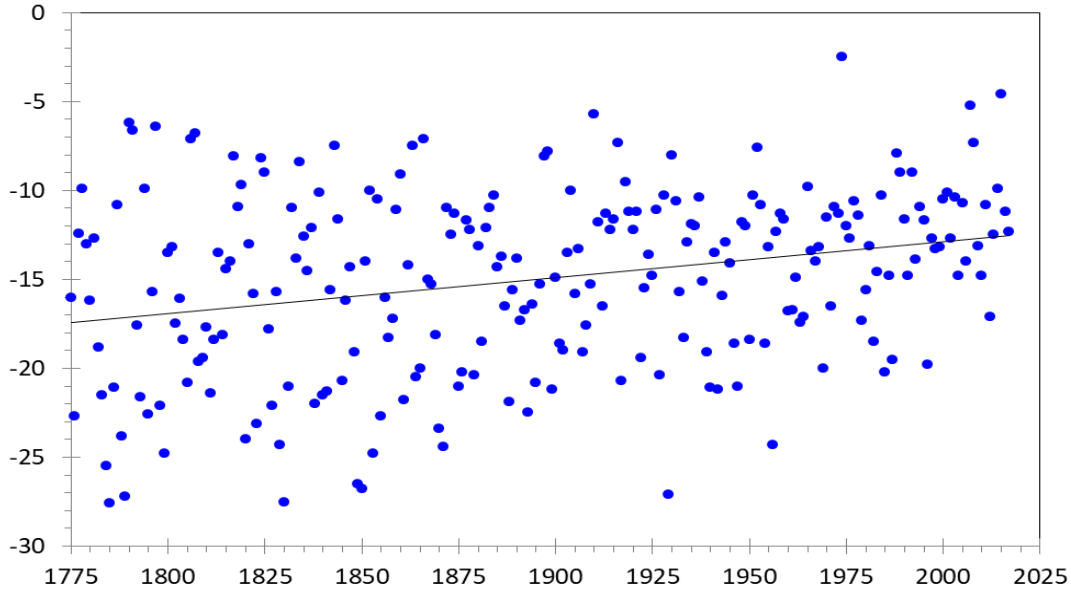
Podobnou a možná názornější informaci nám dává obr. 4, kde jsou uvedeny počty letních a tropických dnů pro každé desetiletí. V 19. století a v první polovině 20. století jejich počet spíše kolísal než rostl, později a zvláště po roce 2000 je růst velmi nápadný.



Obr. 4. Počty dní s denní maximální teplotou nad 25°C (červeně) a nad 30°C (fialově) v jednotlivých dekádách v pražském Klementinu.

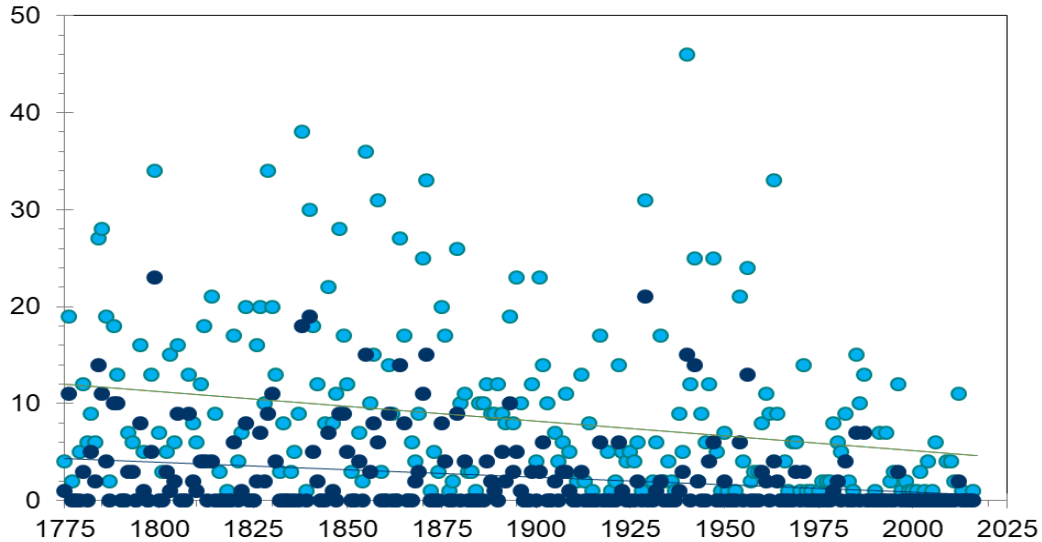
Zimní extrémy

Stejně jako extrémně horké dny nyní najdeme výskyt extrémů na opačnou stranu, tedy mimořádně studené noci. Z tabulky nočních minimálních teplot vyhledáme nejnižší teplotu, která se vyskytla v každém roce. Jejich přehled ukazuje obr. 5. Stejně jako na obr. 1 je i zde nápadný velký rozptyl, který se postupem času zmenšuje, a postupný přesun směrem k vyšším teplotám. Vertikální škála je však jiná, ne jen co se týče hodnot, ale i co do rozsahu. Průměrné zimní teploty vzduchu kolísají více než teploty v jiných ročních obdobích, a stejně tak i teplotní rekordy v různých letech kolísají mnohem více než rekordy letní. Před více než 100 lety se často vyskytovaly extrémy teplot pod -25°C, ty se ve 20. století nevyskytují téměř vůbec. Výjimkou je rok 1929, kdy byla naměřena vůbec nejnižší teplota u nás, -42,2°C v Litvínovicích u Českých Budějovic. V Klementinu bylo tehdy „jen“ -27,1°C, avšak nejnižší teplota zde byla zaznamenána 1. 3. 1785, a to -27,6°C. Dnes se mimořádně nízké teploty vyskytují pravidelně na šumavských pláních, často hodně pod -30°C, ale nedosahují zmíněného teplotního rekordu. Jistě i v roce 1929 tam byla teplota ještě nižší než je zaznamenaný rekord, ale tehdy se tam teploty neměřily, a v tom rekordním roce 1785 taky ne.



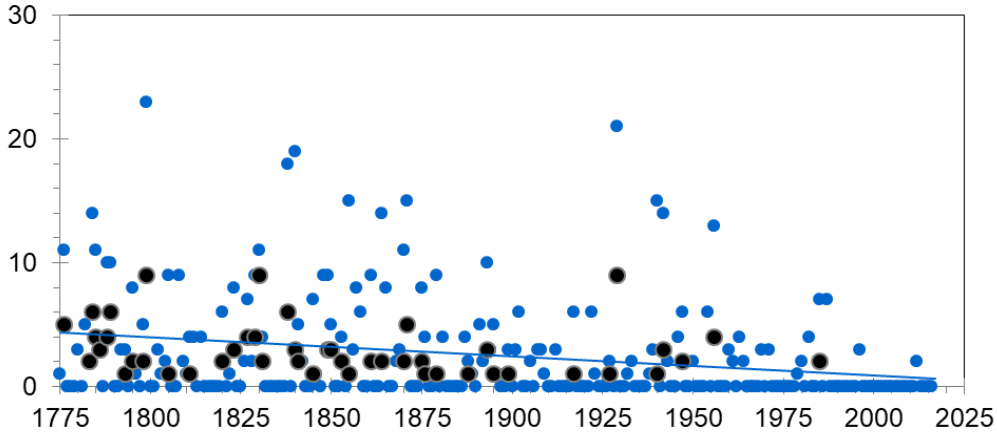
Obr. 5. Nejnižší minimální noční teploty vzduchu v jednotlivých letech pozorované v pražském Klementinu 1775-2017.

Ani v zimě rekordní teploty vzduchu mnoho neříkají o skutečném výskytu nocí s extrémními teplotami. Někdy může jít jen o ojedinělý extrém, ojedinělé mimořádné vybočení, jindy o dlouhou sérii dnů a nocí s velmi nízkými teplotami. Z tabulky nočních minimálních teplot vzduchu můžeme najít počet nocí, kdy tato teplota klesla pod -10°C, pod -15°C a pod -20°C (tyto noci nemají zvláštní označení). Jejich počty (pro noci s teplotami pod -10°C a pod -15°C) v každém roce jsou nakresleny na obr. 6. Jako všude i zde je vidět velké kolísání mezi jednotlivými roky. Nocí s teplotami pod -10°C je samozřejmě více než těch pod -15°C. U obou je zřejmé, jak jejich počet klesá, především ve druhé polovině 20. století. Tmavé body přímo na vodorovné ose označují roky, kdy se nevyskytla ani jedna noc s teplotou pod -15°C. Ve 20. století je takových roků více.



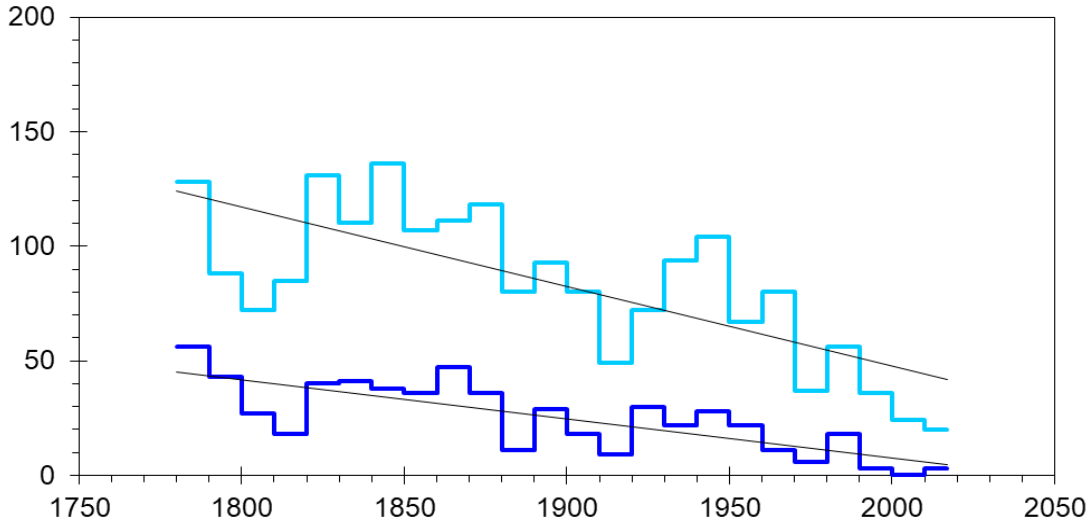
Obr. 6. Počty dní s noční minimální teplotou pod -10°C (světle modře) a pod -15°C (tmavě modře) v jednotlivých letech pražském Klementinu.

Další obrázek (obr. 7) ukazuje výskyt nocí, kdy teplota vzduchu klesla pod -15°C a pod -20°C. Vertikální škála je zde pochopitelně jiná, modré body jsou tytéž jako na předcházejícím obrázku. Roky s teplotami pod -20°C jsou kvůli přehlednosti zakresleny jen ty, kdy počet dnů s teplotami pod -20°C byl nenulový, jinak by se černé body hromadily přímo na vodorovné ose. Názorně je vidět, jak mnohem slabší je jejich výskyt v posledních 50 letech, zatímco dříve nebyly nijak výjimečné.



Obr. 7. Počty dní s noční minimální teplotou pod -15°C (modře) a pod -20°C (černě – pro roky s nulovým počtem dní není zakresleno) v jednotlivých letech pražském Klementinu.

Podobnou a možná názornější informaci nám dává obr. 8, kde jsou uvedeny počty nocí s teplotami pod -15°C a pod -20°C pro každé desetiletí. Pokles jejich počtu, zvláště kolem roku 2000 a později, je velmi nápadný.



Obr. 8. Počty dní s noční minimální teplotou pod -15°C (světle modře) a pod -20°C (tmavě modře) v jednotlivých dekádách v pražském Klementinu.

Závěr

V souladu s globálním oteplením jsme na všech obrázcích viděli, jak se teplotní rekordy posouvají směrem k vyšším teplotám a jak roste počet dnů s mimořádně vysokými teplotymi a klesá počet dnů s mimořádně nízkými teplotami. Přes velký rozptyl je tento vývoj zřejmý. Právě vzhledem k velkému rozptylu jej lze stěží aproximovat jinak než přímkou, i když se zdá, že v posledních asi 20 letech se tento trend zrychluje. V žádném případě však

nebylo pozorováno zpomalení nebo dokonce zastavení růstu. Dá se proto očekávat, že tento trend bude pokračovat i v dalších desetiletích a snad bude i rychlejší. Co se týče zimních teplot, bude to pro lidi asi příjemné, i když naopak příroda opravdovou zimu potřebuje. V létě si však budeme muset zvyknout na nebývale vysoké teploty. S tím pak souvisí i zvýšený výskyt sucha, zvláště v některých regionech, ale to je již jiná kapitola.

Data průměrných, maximálních a minimálních denních teplot vzduchu od roku 1775 do současnosti jsou díky pracovníkům ČHMÚ volně přístupná na webových stránkách http://portal.chmi.cz/ . Klepněte postupně na historická data, počasí, Praha Klementinum, denní data ze stanice Praha-Klementinum. Soubor dat je připraven v Excelu.

VÝSKYT MRAZŮ V DUBNU A KVĚTNU NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ 1961–2015

Lenka Hájková[1)] – Věra Kožnarová[2)]

[1)] Český hydrometeorologický ústav, oddělení biometeorologických aplikací, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 - Komořany,

[2)] Katedra agroekologie a biometeorologie, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU v Praze, 165 21 Praha 6 - Suchdol

Abstrakt

Vegetační období je doba, kdy trvají příznivé podmínky pro růst a vývoj rostlin. Obvykle je vymezeno pomocí průměrné denní teploty vzduchu vyšší než 5,0 °C. V případě poklesu teploty vzduchu pod 0,0 °C mohou být rostliny poškozeny mrazem a tak zpomalit či úplně zastavit svůj růst a vývoj. V příspěvku byla zpracována četnost a pravděpodobnost výskytu mrazů definovaných průměrnou denní minimální teplotou ≤ -1,0 °C; -2,0 °C; -3,0 °C; -4,0 °C a -5,0 °C v dubnu a květnu za období 1961–2015. Data byla vyhodnocena na základě denních záznamů (resp. technických řad) minimální teploty vzduchu z meteorologických stanic ČHMÚ a zpracována v prostředí Microsoft Excel a Clidata-GIS.

Klíčová slova: minimální teplota vzduchu, Český hydrometeorologický ústav, GIS, Česká republika

EVALUATION OF FROST OCCURRENCE IN APRIL AND MAY IN THE CZECH REPUBLIC DURING PERIOD 1961–2015

Abstract

The growing season is a time with favorable conditions for plant growth and development. Usually it is defined by means of average daily air temperature, which is higher than 5.0 ° C. In case when the air temperature drops below 0.0 °C, plants may slow down or completely stop their development. In the paper, we have processed the frequency and probability of frost through to use of daily minimum below -1.0 °C; -2.0 °C; -3.0 °C; -4.0 °C and -5.0 °C occurrence in April and May within the period 1961–2015. For evaluation were used data of the daily minimum air temperature from CHMI meteorological stations (technical series). They processed in the frame of Microsoft Excel and CLIDATA-GIS software.

Key words: minimum of air temperature, Czech Hydrometeorological Institute, GIS, Czech Republic

Úvod

Rostliny jsou nepřetržitě ovlivňovány řadou stresových faktorů a jejich působení se projevuje snižováním vitality a u kulturních plodin také snižováním výnosů. Při působení stresu dochází nejdříve k přestavbě buněk poškozených stresem a ke změnám metabolizmu prostřednictvím aktivace genů, což vede k syntéze specifických stresových bílkovin. Patří sem různé skupiny enzymů a proteinů, které eliminují poškození. Pokud je poškození buněk nevratné, dochází k jejich eliminaci. Uplatňuje se aktivita apoptotických drah, což vede k programované buněčné smrti.

Jako abiotické stresové faktory působí fyzikální stresy (sucho, vysoká a nízká teplota, poranění a další mechanické stresy) a chemické stresy (oxidativní stres, nedostatek kyslíku v půdě, zasolení půdy, toxické ionty v půdě, nadbytek těžkých kovů, nadbytek ozonu, přesvětlení).

Rostliny, vzhledem k přisedlému způsobu života, si v průběhu fylogeneze vyvinuly velmi bohaté genetické mechanizmy, které jim umožňují vyrovnávat se s různými typy stresů. Ozimé rostliny, pokud jsou předem vystaveny teplotě těsně pod bodem mrazu (aklimatizaci), zvyšují svou rezistenci k mrazu. Například neaklimatizované rostliny žita jsou sice poškozovány teplotou pod -5 ˚C, ale aklimatizované rostliny přežívají teplotu až do -30 ˚C (Řepková, online).

Citlivost různých druhů rostlin k nízké teplotě je velmi variabilní, může být různá i u jednotlivých kultivarů a liší se také v průběhu života rostliny či vegetačního období. Citlivější jsou generativní orgány. Vegetativní orgány jsou méně senzitivní, ale citlivost k chladu klesá se stářím pletiva, což je dáno vyšším obsahem vody v jeho buňkách. Citlivost rostlin k mrazu je různá, mění se i v rámci fenofází. Citlivé rostliny mohou být poškozovány už při hodnotách teploty od -2,0 do -5,0 °C.

Rostliny mírného pásma jsou více adaptovány na nízkou teplotu, avšak náhlé poklesy jsou škodlivé i pro ně. Požadavky rostlin na teplotu vzduchu, u které ještě nedochází k poškození, jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Teplotní minimum pro různé plodiny

plodina	minimum (°C)	plodina	minimum (°C)
žito	1–2	**slunečnice**	8–9
ječmen	3–4	**mák**	1–3
oves	4–5	**len**	6–8
pšenice	3–4	**cukrovka**	4–5
kukuřice	8–10	**jetel luční**	1–2
rýže	10–12	**vojtěška**	3–4
hrách	1–2	**meloun**	12–14
fazol	8–10	**tabák**	13–14
řepka ozimá	1–2	**slunečnice**	8–9

Poškození mrazem může vzniknout při poklesu teploty pletiv pod bod mrazu. Dochází ke změně fyzikálních a chemických vlastností membrán v buňce, zahušťuje se buněčná šťáva ve vakuolách, narušuje se metabolismus, vznikají toxiny, dochází ke zmrznutí vody v buňce a tvorbě ledových krystalků v buňce. Ty mohou buňku poškodit. Nejdříve se led tvoří ve velkých cévách xylému v listech a stoncích. K odumření buňky dojde vlivem dehydratace. Příčinou úhynu rostliny může být tzv. fyziologické sucho vlivem omezeného nebo přerušeného příjmu vody, kdy transpirace není přerušena (např. zmrzlá půda, kdy voda z ní není přístupná rostlině). Pokud se vytvoří krystalky jen v mezibuněčných prostorách, nemusí k poškození mrazem vůbec dojít.

Chladové poškození (poškození chladem) je někdy používáno jako nadřazený termín pro poškození nízkou teplotou, kdy se tvoří led v pletivech rostliny, dochází k dehydrataci pletiv a hnědnutí u stále zelených rostlin.

V praxi lze rozeznat tři typy mrazového poškození:

- zmrznutí, kdy poškozená rostlina uhyne následkem mrazu, změny jsou nevratné.

- částečné zmrznutí, kdy mráz zničí jen část rostliny, nebo část určitého orgánu (např. květy, odnožovací kolénka), a nemusí být ohrožen život rostliny jako celku.
- namrznutí, částečné namrznutí, kdy namrzlá rostlina je schopná po pomalém rozmrznutí růst (je třeba zajistit pozvolný vzestup teplot) (Hrudová, online)

Poškození mrazem má různé formy; od ztráty schopnosti rychlého růstu, přes vadnutí, chlorózu, sterilitu až po uhynutí. Dochází k porušení procesů fotosyntézy, dýchání, zastavení proudění cytoplasmy a ke změnám permeability membrán. Existuje hypotéza, podle které primárními citlivými místy jsou především membrány. Ty svým chladovým poškozením rozbíhají kaskádu jevů, které mají za následek různé další typy poškození. Při snížení teploty pod bod mrazu dochází k tvorbě krystalů ledu nejdříve v mezibuněčných prostorách. Bod tuhnutí apoplastických tekutin je vyšší, než bod tuhnutí nitrobuněčné vody. V následující fázi dochází ke vzniku gradientu mezi mrznoucí vodou apoplastu a nemrznoucí cytoplazmatickou vodou a k přemísťování nitrobuněčné vody do mezibuněčných prostor. Dochází tím k silné dehydrataci a kontrakci protoplastů buněk. Rostliny zchlazené na -10 ˚C ztrácejí více než 90 % aktivní vody. Současně dochází k různým typům mechanického poškození membrán. Při tání dochází k opačnému procesu, kdy se voda pohybuje zpět z mezibuněčných prostor do cytoplasmy. Kromě změn membrán dochází při působení nízké teploty ještě k řadě dalších změn; dochází k indukci nových izoenzymů, zvýšení obsahu cukrů a rozpustných aminokyselin, zvýšení hladin prolinu a organických kyselin (Řepková, online).

Rychlost působení nízké teploty a její vliv na poškození rostlin, nebo její částí závisí na hodnotě teploty vzduchu, trvání jejího působení a lze jej vyjádřit jednoduchým schématem (obr. 1).

Obr. 1 Velikost poškození rostlin

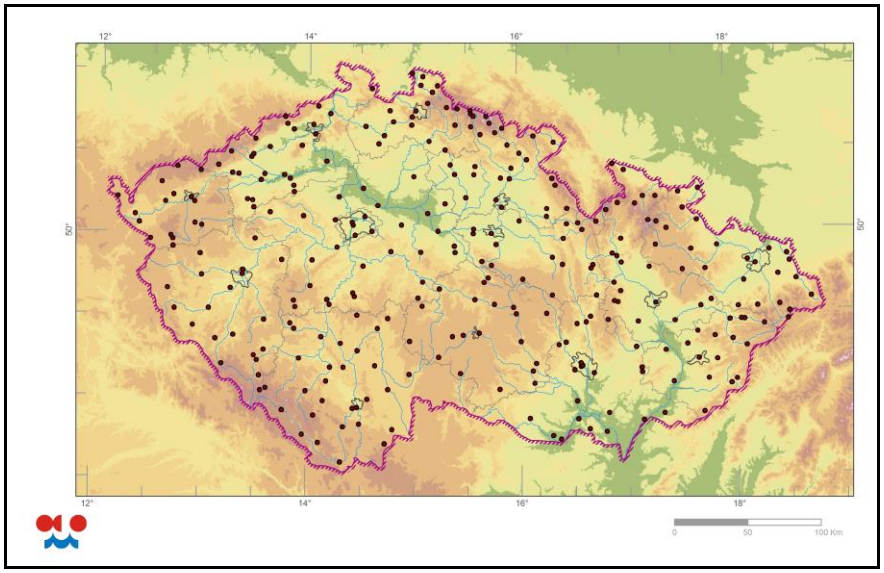
Odolnost vůči mrazu často vázána na sezónu: na jaře v období dlouživého růstu je nejmenší odolnost vůči mrazu; na podzim je rostlina odolnější a chladový stres se projeví především v zastavení růstu.

Materiál a metodika

Pro analýzu bylo zvoleno jarní období, resp. výskyt mrazů v dubnu a květnu na území ČR Databáze pochází z údajů stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), kde se v souladu s programem pozorování (Anonymus, 1992) měří minimální teplota vzduchu ve výšce 2 m nad povrchem a přízemní minimální teplota vzduchu ve výšce 5 cm nad povrchem. Vybrané klimatologické charakteristiky vycházejí s definic vymezených v Meteorologickém a Bioklimatologickém slovníku (Sobíšek, 1993, Anonymus, online, Krečmer, 1980).

- **Mráz** je teplota vzduchu nižší než 0,0 °C. V běžné meteorologické praxi se výskyt mrazu zjišťuje z měření v meteorologické budce, tj. ve výšce 2 m nad standardním povrchem.
- **Mráz přízemní** je teplota vzduchu nižší než 0,0 °C ve vrstvě do 2 m nad zemským povrchem. Měří se minimálním teploměrem ve výšce 5 cm nad povrchem půdy.
- **Mrazík** je zpravidla krátkodobé (několikahodinové) snížení teploty vzduchu při zemském povrchu ve vegetačním období pod 10,0 °C.
- **Mrazový den** je den, kdy minimální teplota vzduchu je ≤ 0,0 °C.
- **Mrazové období** je časový interval mezi průměrným datem prvního mrazu na podzim a průměrným datem posledního mrazu na jaře.

- **Holomráz** nastává, pokud je teplota vzduchu nižší než 0,0 °C a nevyskytuje se sněhová pokrývka.



Obr. 1 Meteorologické stanice sítě Českého hydrometeorologického ústavu použité ve studii

K mapovému zpracování byly použity technické řady založené na měření minimální teploty vzduchu z 301 meteorologických stanic ČHMÚ na území České republiky (obr. 1), které se nacházejí se v nadmořské výšce od 150 m (Ústí nad Labem – Vaňov) až 1490 m (Praděd). Mapy byly vykresleny v prostředí Clidata-GIS (ArcGIS 10) metodou LLR (Local Linear Regression) se závislostí na nadmořské výšce. Vstupní hodnotou pro vykreslení mapy byly průměry z dat v období 1961–2010, kde byl stanoven standardní klimatologický normál z období 1961–1990 a 1981–2010.

Hodnoty minimální teploty vzduchu byly exportovány z klimatologické databáze ČHMÚ CLIDATA a z těchto vstupů byly vyhodnoceny počty dnů s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0 °C; -1,0 °C; -2,0 °C; -3,0 °C; -4,0 °C a -5,0 °C v dubnu a květnu. Dále byla data statisticky vyhodnocena v prostředí Microsoft Excel.

Výsledky a diskuse

Základní statistické charakteristiky počtu dní s výskytem minimální teploty vzduchu v dubnu a květnu v normálových obdobích 1961–1990 a 1981–2010 na území ČR jsou uvedeny v tabulce 2, 3, 4 a 5. Průměrné hodnoty jsou u obou měsíců téměř ve všech hodnotách v období 1981–2010 nižší (v květnu dokonce o něco více) než v období 1961–1990. Pouze u četnosti dnů ≤ -5,0 °C je průměr v období 1981–2010 o 0,7 dne vyšší a u četnosti dnů ≤ -4,0 °C o 0,2 dne vyšší ve druhém třicetiletí.

Tab. 2 Četnosti výskytu definované minimální teploty vzduchu v dubnu (1961–1990)

Statistické veličiny	Četnost dnů s tmin					
	≤ 0,0 °C	≤ -1,0 °C	≤ -2,0 °C	≤ -3,0 °C	≤ -4,0 °C	≤ -5,0 °C
Průměr	260,4	181,9	115,3	69,5	40,5	22,5
Chyba střední hodnoty	6,8	6,1	5,1	4,2	3,2	2,4
Medián	241,5	157,0	90,5	50,0	25,0	11,0
Modus	256,0	138,0	92,0	52,0	21,0	4,0
Směrodatná odchylka	118,1	105,9	89,5	72,4	56,2	41,6

Rozptyl výběru	13941,5	11216,4	8015,0	5247,0	3153,7	1732,4
Špičatost	1,9	3,7	7,1	12,1	18,2	24,8
Šikmost	1,3	1,8	2,5	3,2	4,0	4,6
Amplituda	651,0	592,0	538,0	484,0	403,0	316,0
Minimum	44,0	27,0	11,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	695,0	619,0	549,0	484,0	403,0	316,0
Hl. spolehlivosti (95,0%)	13,326	11,953	10,104	8,175	6,338	4,698

Tab. 3 Četnosti výskytu definované minimální teploty vzduchu v dubnu (1981–2010)

Statistické veličiny	**Četnost dnů s tmin**					
	≤ 0,0 °C	**≤ -1,0 °C**	**≤ -2,0 °C**	**≤ -3,0 °C**	**≤ -4,0 °C**	**≤ -5,0 °C**
Průměr	235,1	168,1	108,5	67,0	40,7	23,2
Chyba střední hodnoty	6,0	5,3	4,4	3,5	2,7	2,0
Medián	216,5	147,0	89,0	50,0	28,0	13,0
Modus	169,0	153,0	93,0	46,0	23,0	9,0
Směrodatná odchylka	104,3	91,7	76,2	60,2	47,2	34,9
Rozptyl výběru	10870,1	8414,5	5807,4	3621,2	2228,9	1214,8
Špičatost	2,5	4,1	7,5	11,0	15,2	19,6
Šikmost	1,4	1,8	2,5	3,0	3,6	4,1
Amplituda	616,0	556,0	492,0	407,0	341,0	255,0
Minimum	38,0	20,0	10,0	3,0	0,0	0,0
Maximum	654,0	576,0	502,0	410,0	341,0	255,0
Hl. spolehlivosti (95,0%)	11,767	10,353	8,601	6,792	5,328	3,934

Tab. 4 Četnosti výskytu definované minimální teploty vzduchu v květnu (1961–1990)

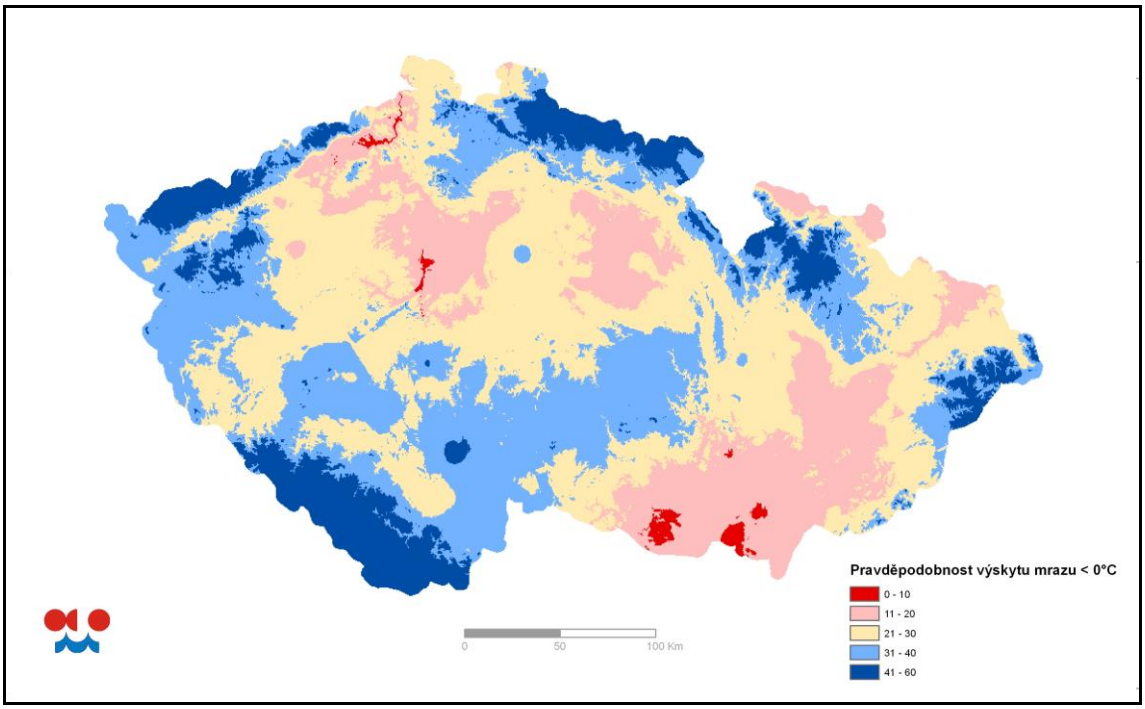
Statistické veličiny	**Četnost dnů s tmin**					
	≤ 0,0 °C	**≤ -1,0 °C**	**≤ -2,0 °C**	**≤ -3,0 °C**	**≤ -4,0 °C**	**≤ -5,0 °C**
Průměr	40,6	23,5	11,2	4,9	2,0	0,9
Chyba střední hodnoty	2,5	1,8	1,2	0,8	0,4	0,2
Medián	29,0	15,0	5,0	1,0	0,0	0,0
Modus	21,0	8,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Směrodatná odchylka	44,2	31,5	20,8	13,2	7,6	4,1
Rozptyl výběru	1952,3	992,0	431,8	174,0	57,5	16,6
Špičatost	14,6	20,0	26,0	32,0	42,9	54,3
Šikmost	3,4	4,0	4,6	5,3	6,2	6,9
Amplituda	309,0	233,0	162,0	103,0	70,0	43,0
Minimum	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	310,0	233,0	162,0	103,0	70,0	43,0
Hl. spolehlivosti (95,0%)	4,987	3,555	2,345	1,489	0,856	0,460

Tab. 5 Četnosti výskytu definované minimální teploty vzduchu v květnu (1981–2010)

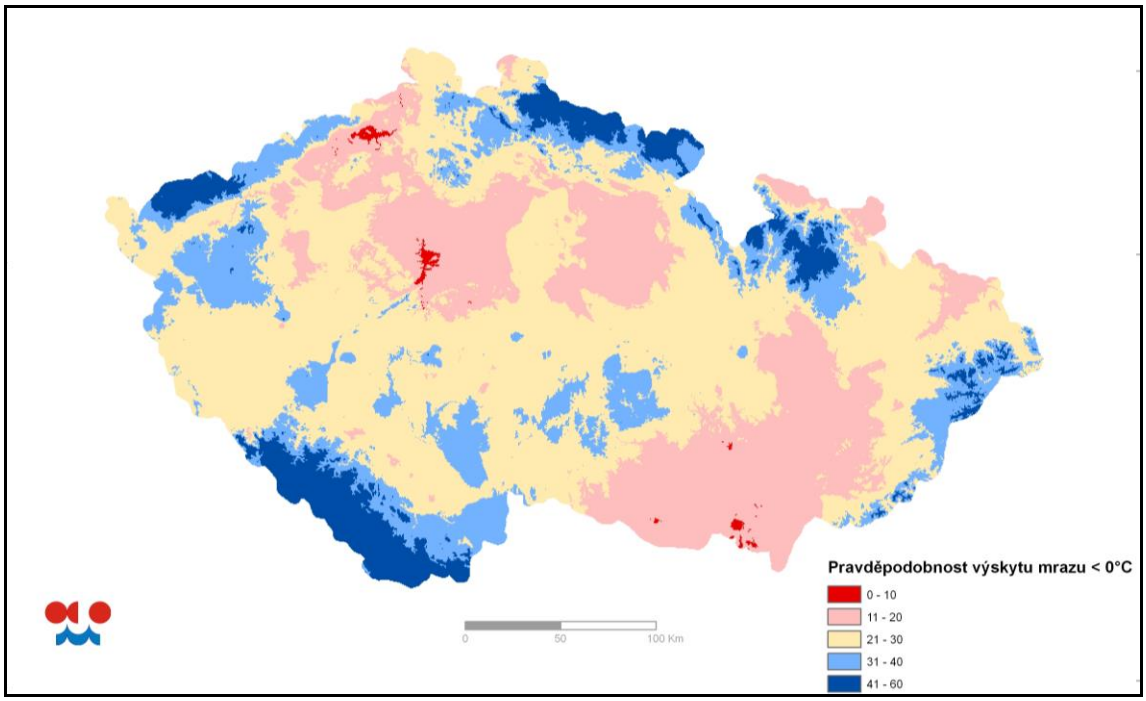
Statistické veličiny	**Četnost dnů s tmin**					
	≤ 0,0 °C	**≤ -1,0 °C**	**≤ -2,0 °C**	**≤ -3,0 °C**	**≤ -4,0 °C**	**≤ -5,0 °C**
Průměr	23,6	12,1	5,2	2,1	0,8	0,3
Chyba střední hodnoty	2,0	1,4	0,9	0,5	0,3	0,1
Medián	13,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Modus	4,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Směrodatná odchylka	35,0	24,6	15,2	8,6	4,4	1,9
Rozptyl výběru	1223,8	602,9	230,4	74,5	19,7	3,6
Špičatost	17,6	24,7	33,0	40,8	58,1	71,9
Šikmost	3,8	4,7	5,5	6,2	7,4	8,1
Amplituda	238,0	175,0	114,0	70,0	43,0	21,0
Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	238,0	175,0	114,0	70,0	43,0	21,0
Hl. spolehlivosti (95,0%)	3,948	2,771	1,713	0,974	0,501	0,213

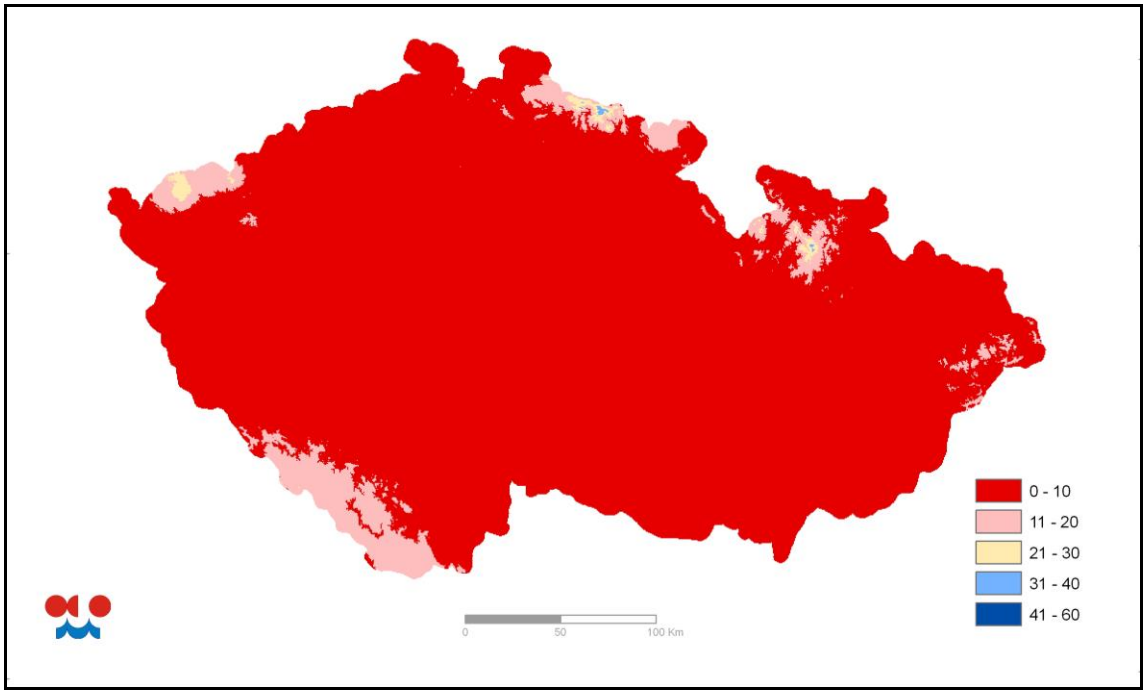
Plošné vyhodnocení vybraných teplotních charakteristik v časovém vývoji je uvedeno v následujícím grafickém vyjádření (obr. 3 až 6). Na mapách za období 1981–2010 jsou patrny zvětšující se plochy s nižší pravděpodobností výskytu mrazů, shodně v obou měsících.



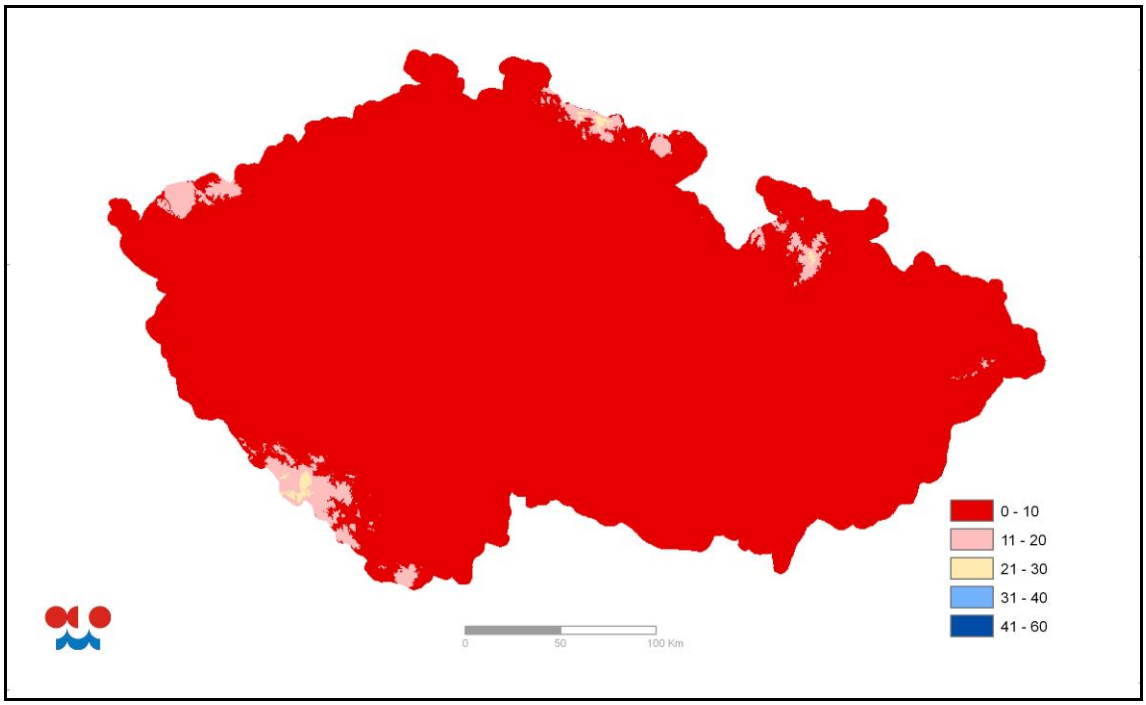
Obr. 3 Pravděpodobnost výskytu minimální teploty vzduchu ≤ 0,0 °C v dubnu (normál 1961–1990)



Obr. 4 Pravděpodobnost výskytu minimální teploty vzduchu ≤ 0,0 °C v dubnu (normál 1981–2010)

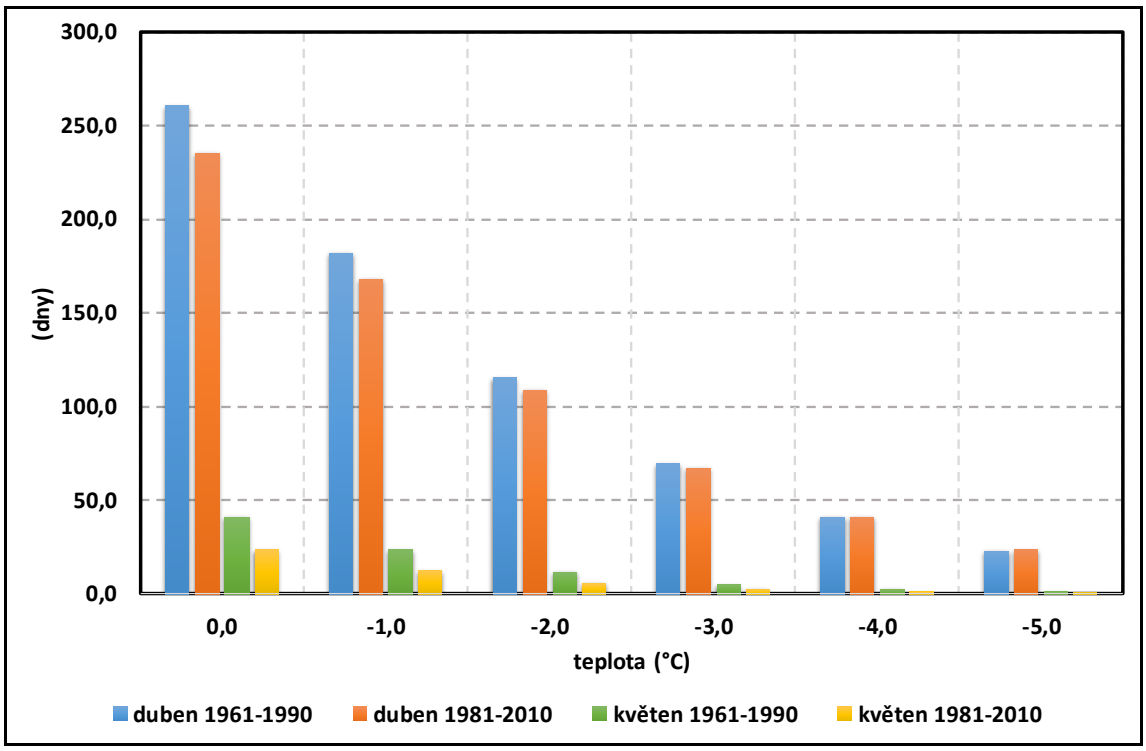


Obr. 5 Pravděpodobnost výskytu minimální teploty vzduchu ≤ 0,0 °C v květnu (normál 1961–1990)

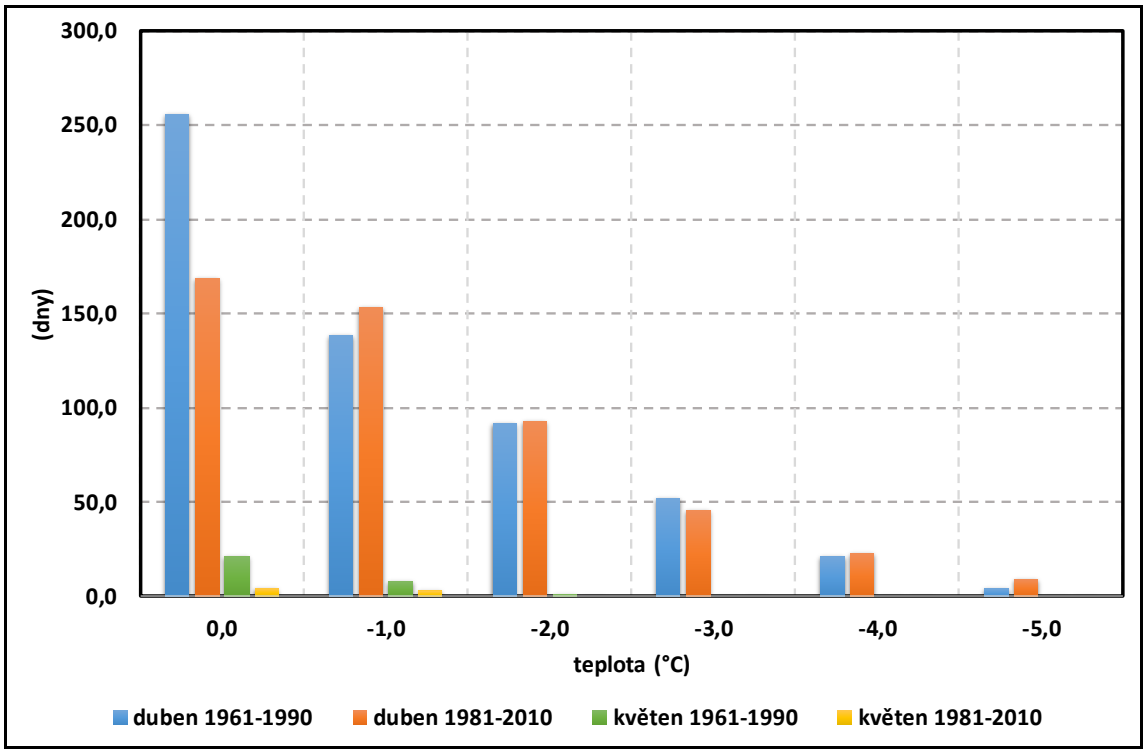


Obr. 6 Pravděpodobnost výskytu minimální teploty vzduchu ≤ 0,0 °C v květnu (normál 1981–2010)

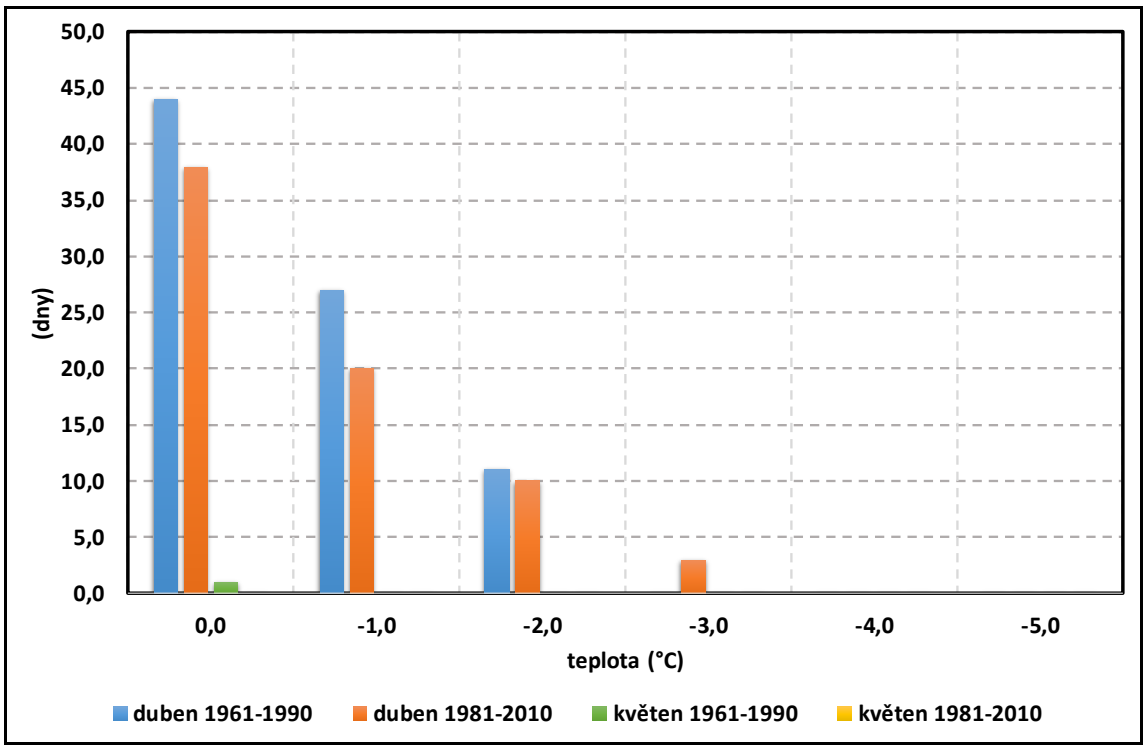
Grafické vyhodnocení počtu dní s minimální teplotou vzduchu pod stanovené hranice v dubnu a květnu představují následující grafy (obr. 7 až 10), kde jsou zpracovány základní statistické charakteristiky a porovnávány klimatologické normály z období 1961–1990 a 1981–2010.



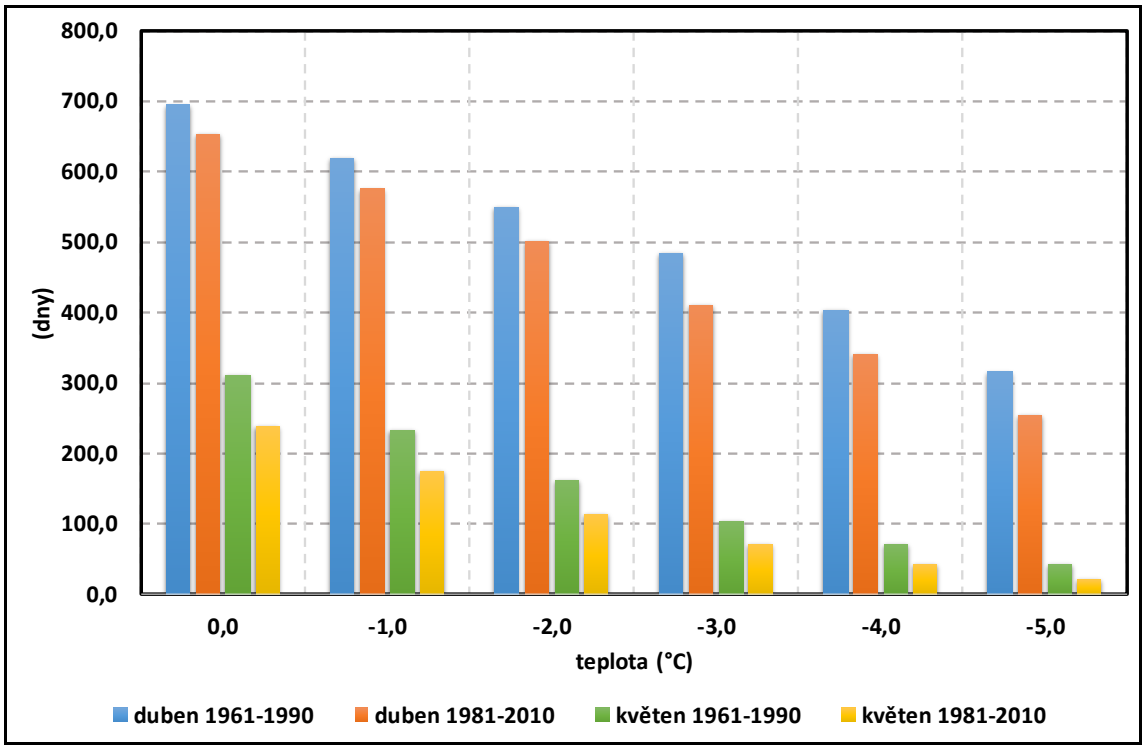
Obr. 7 Počet dní s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0; -1,0;, -2,0; -3,0; -4,0 a -5,0 °C vyjádřený pomocí průměru



Obr. 8 Počet dní s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0; -1,0;, -2,0; -3,0; -4,0 a -5,0 °C vyjádřený pomocí modu

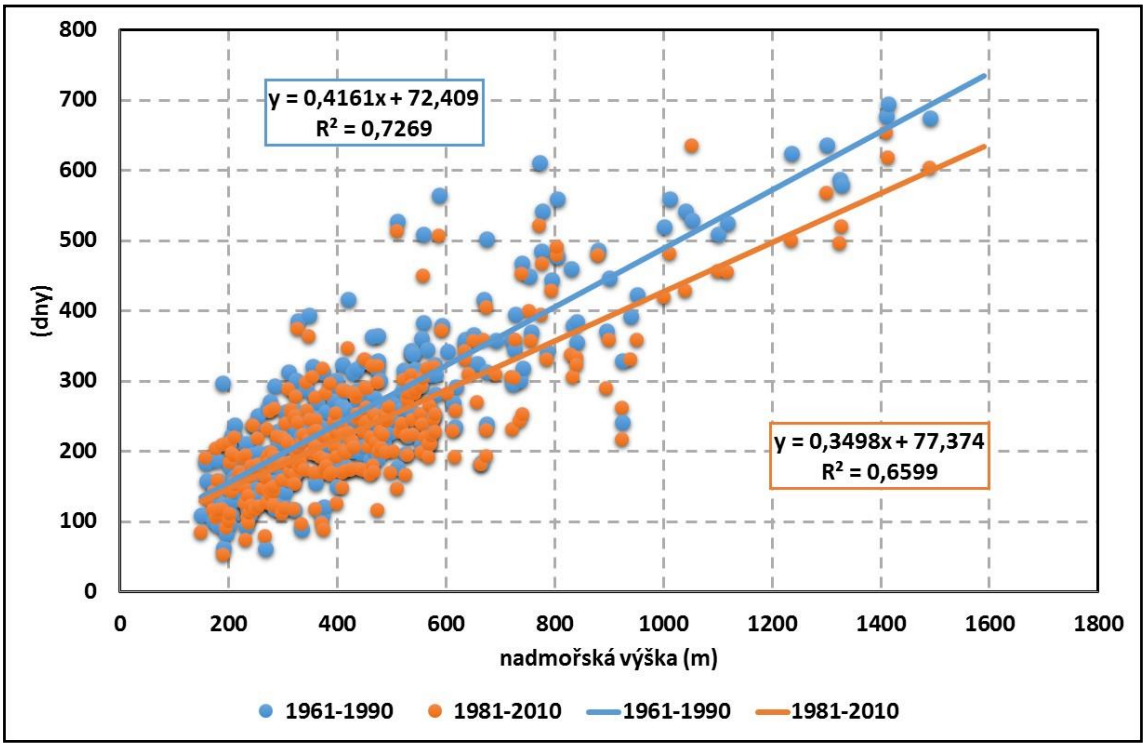


Obr. 9 Počet dní s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0; -1,0;, -2,0; -3,0; -4,0 a -5,0 °C vyjádřený pomocí minima

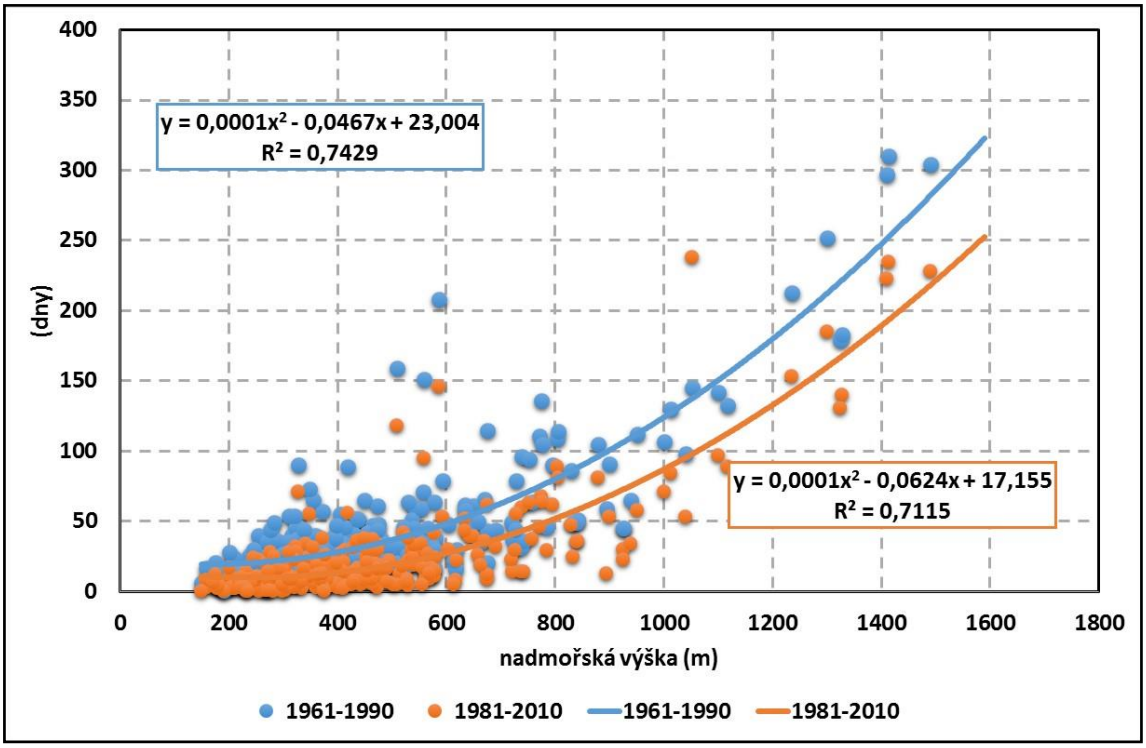


Obr. 10 Počet dní s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0; -1,0;, -2,0; -3,0; -4,0 a -5,0 °C vyjádřený pomocí maxima

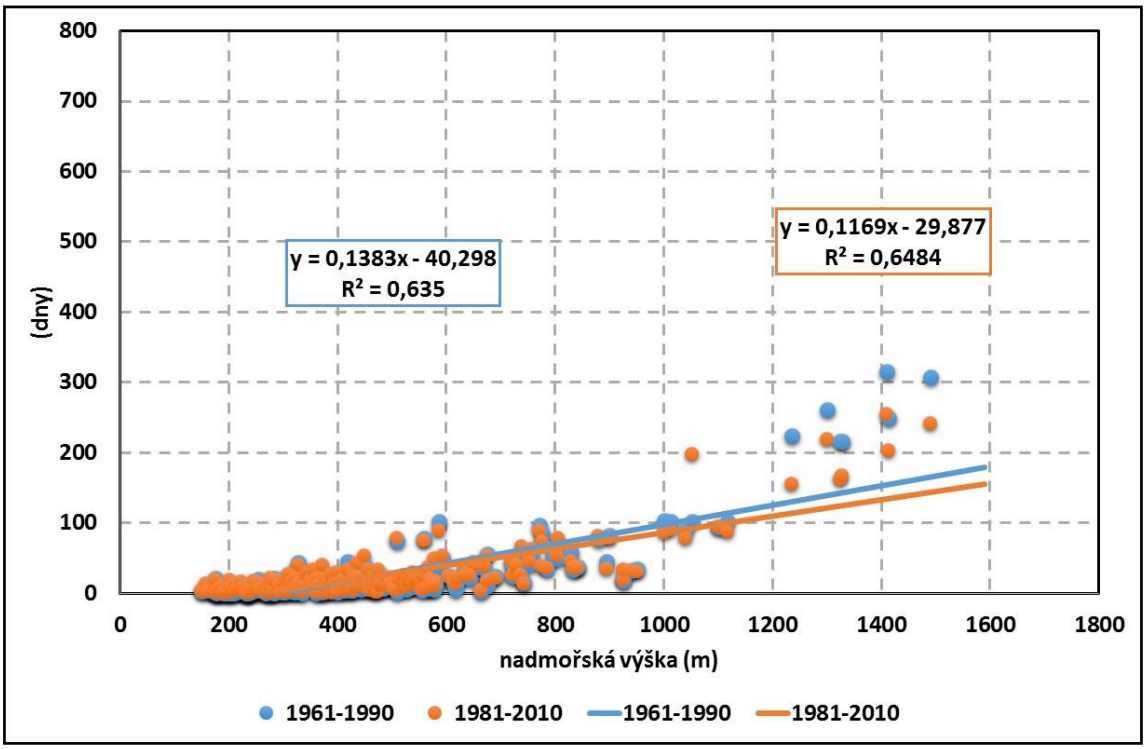
Rozdíl v trendech obou klimatologických normálů (1961–1990 a 1981–2010) vyjadřujících průměrný počet dnů s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0; -1,0;, -2,0; -3,0; -4,0 a -5,0 °C na území ČR v závislosti na nadmořské výšce je na obr. 11 až 14.



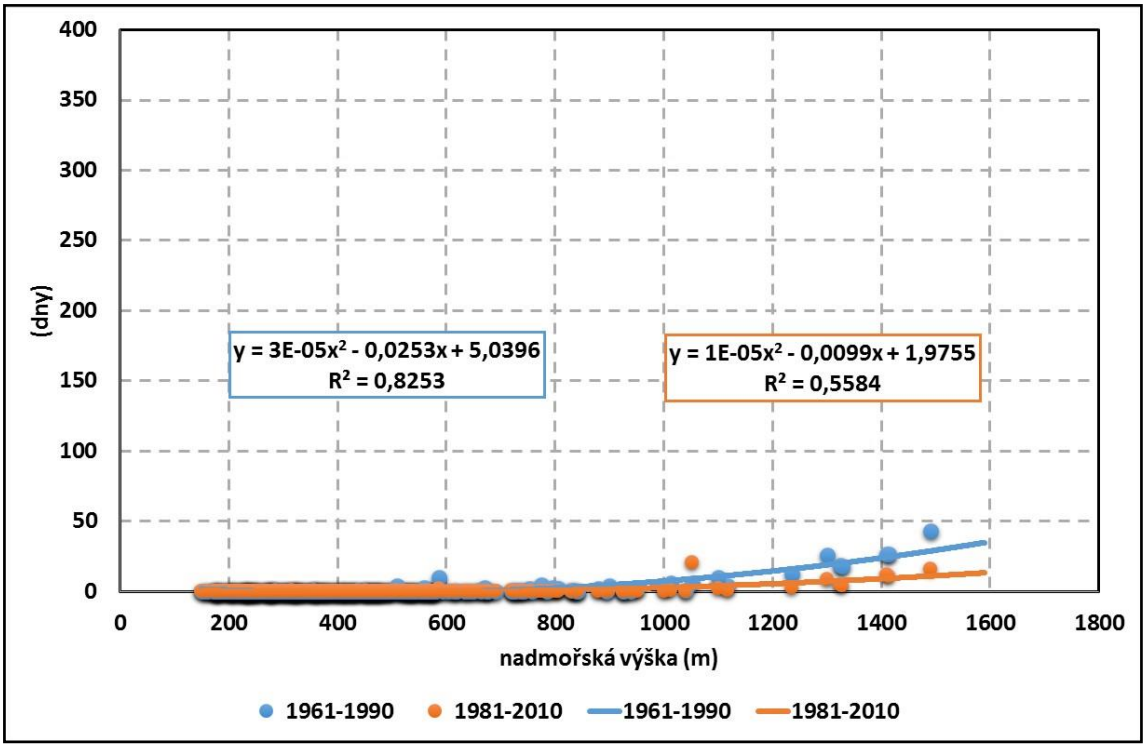
Obr. 11 Závislost průměrného počtu dnů s minimální teplotou ≤ 0,0 °C v dubnu



Obr. 12 Závislost průměrného počtu dnů s minimální teplotou ≤ 0,0 °C v květnu



Obr. 13 Závislost průměrného počtu dnů s minimální teplotou ≤ -5,0 °C v dubnu



Obr. 14 Závislost průměrného počtu dnů s minimální teplotou ≤ -5,0 °C v květnu

Závěr

V příspěvku byly časově a plošně vyhodnoceny počty dnů s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0 °C; -1,0 °C; -2,0 °C; -3,0 °C; -4,0 °C a -5,0 °C v dubnu a květnu z 301 meteorologických stanic (technické řady) ve správě ČHMÚ v období 1961 až 2010. Navzájem byly porovnány vybrané statistické charakteristiky v třicetiletích 1961–1990 a 1981–2010. Z map, tabulek a grafů je patrný snižující četnost výskytu počtu dnů s minimální teplotou vzduchu ≤ 0,0 °C; -1,0 °C; -2,0 °C; -3,0 °C; -4,0 °C a -5,0 °C v dubnu a květnu ve druhém třicetiletí 1981–2010.

Poděkování

Příspěvek vznikl s institucionální podporou Programu pro dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné instituce poskytované MŠMT ČR.

Seznam literatury

Anonymus (1992): Measurement of temperature and humidity:specification, constriction, properties an use of the WMO psychrometer (R. G. Wylie, T. Lalas, T.). Technical Note, no. 759, Ženeva: WMO, 71 s.

Anonymus: Elektronický meteorologický slovník. [online: https://www.google.com/search?client=firefox-b&q=meteorologick%C3%BD+slovn%C3%ADk].

Hrudová, Eva. Nízké teploty a rostliny [online: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_ soubory/Page1025.htm].

Klabzuba, J. (2001): Bilance tepla na aktivním povrchu, teplota půdy, vzduchu a vody. Řada Aplikovaná meteorologie a klimatologie. Powerprint Praha, ISBN 80-213-0778-1, 46 s.

Krečmer, V. et al. (1980): Bioklimatologický slovník terminologický a explikativní, Academia, Praha, 242 s.

Lipina, P., Žídek, D. (2014): Návod pro pozorovatele meteorologických stanic. Metodický předpis č. 13. ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-33-2.

Řepková, J. Genetika rostlin [online: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/pages/08-rezistence-k-abiotickym-faktorum.html].

Sobíšek, B. et al. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Academia. Praha. 542 s.

Meteorologické podmínky a smog v ČR

Martin Novák, ČHMÚ Ústí nad Labem a FŽP UJEP Ústí nad Labem

Abstrakt:

Znečištění ovzduší zůstává – i přes výrazně snížený příspěvek ze strany velkých zdrojů typu tepelných elektráren, tepláren – stále tématem, o kterém se často mluví. Některé oblasti v České republice se stále potýkají se zvýšenými hodnotami znečištění ovzduší, a to jak v dlouhodobém hledisku, tak z pohledu krátkodobých překračování limitů.
Kromě samotné existence a provozování zdrojů znečištění k epizodám s přechodně vysokými koncentracemi znečišťujících látek přispívá – byť samozřejmě nevědomě – také počasí, přesněji řečeno meteorologické podmínky pro rozptyl znečišťujících látek. V příspěvku je pojem „rozptylové podmínky“ přesněji vymezen, a to včetně situací, které mohou vést až k vyhlášení smogových situací.

prezentace

Dědičnost závislostního chování a možnosti jeho včasného odhalování

Inheritance of addictive behavior and the possibilities of its early detection

Petr Kachlík
Katedra speciální a inkluzivní pedagogiky Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity, Brno

Abstrakt
Psychická závislost úzce souvisí s biochemickými změnami v lidském mozku, dobře jsou prozkoumány zejména jeho dopaminové okruhy. Skladba dopaminových receptorů a jejich koncentrace v buněčné membráně jsou dědičné, určují druh odpovědi člověka na různé podněty včetně potenciálně rizikových aktivit typu substančních a virtuálních drog. Alel pro dopaminové receptory existuje vícero druhů, v populaci jsou nejvíce zastoupeny dva typy, které kódují normální či sníženou aktivitu dopaminového systému. U dominantně homozygotních jedinců je pociťováno silné uspokojení po konzumaci jídla, pití, při sexuální aktivitě, sportovním či duševním výkonu. Potenciálně rizikové chování charakteru užívání drog u nich nevede k výraznému nárůstu příjemných pocitů, jejich ohrožení závislostí je nízké. U osob heterozygotní konstituce je riziko vzniku závislosti poněkud zvýšeno, poněvadž mají sníženou aktivitu dopaminových okruhů při aplikaci přirozených podnětů vedoucích ke slasti. Osoby z kategorie recesivních homozygotů patří k vysoce rizikovým typům málo odolným vůči závislostem, mají při vystavení přirozeným podnětům slasti v mozku nízkou dopaminovou aktivitu, jsou v neustálém napětí a rozladě. Drogy jim mohou přinést vysoký a dosud nepoznaný stupeň uspokojení a uklidnění, jsou velmi ohroženy závislostí na nich. Příslušnost k jisté genotypicky determinované skupině lze v současnosti určit pomocí přímé analýzy vzorku DNA probanda. Existuje i relativně snadnější metoda analýzy fenotypu, při níž se využívá tzv. evokovaných potenciálů. U heterozygotů, ale zejména u recesivních homozygotů je pozorována delší až dlouhá prodleva mezi aplikací podnětu a reakcí příslušných mozkových center, intenzita odpovědi je oslabená až velmi nízká. Stanovení potenciálně rizikové genetické konstituce by bylo možné využít při plánování a včasné aplikaci selektivní primární prevence závislostního chování ještě před jeho klinickou manifestací.

Abstract
Psychological dependence is closely related to biochemical changes in the human brain, especially its dopamine domains are well explored. The composition of dopamine receptors and their concentration in the cell membrane are hereditary, determining the type of response of a person to various stimuli including potentially hazardous activities of the type of substance and virtual drugs. The allele for dopamine receptors exists in several species, the two populations being the most represented, coding for normal or reduced activity of the dopamine system. Domestically homozygous individuals feel strong satisfaction after consuming food, drinking, sexual activity, sports or mental performance. Potentially risky behavioral patterns of drug use do not lead to a significant increase in pleasant feelings, their addiction threats are low. For heterozygous constituents, the risk of dependence is somewhat elevated as they have decreased activity of dopamine application of natural stimuli leading to pleasure. People in the category of recessive homozygotes belong to high-risk types with little

resistance to addiction, they have low dopamine activity when exposed to natural stimuli of pleasure in the brain, they are in constant tension and distraction. Drugs can bring them a high degree of satisfaction and reassurance, they are very vulnerable to addiction. Affiliation to a certain genotypically determined group can now be determined by direct analysis of the probanda DNA sample. There is also a relatively easier method of phenotype analysis utilizing so-called evoked potentials. In heterozygotes, but especially in recessive homozygotes, a longer to long delay between the application of the stimulus and the response of the respective brain centers is observed, the intensity of the response is weakened to very low. Determining a potentially hazardous genetic constitution could be used in planning and timely application of selective primary prevention of addictive behavior before its clinical manifestation.

Klíčová slova
dědičnost, dopamin, EEG, fenotyp, genotyp, návykové látky, prevence, receptor, rizikové chování, závislost, zdraví

Key words
heredity, dopamine, EEG, phenotype, genotype, addictive substances, prevention, receptor, risky behavior, dependence, health

Úvod

Problematika závislostního chování v populaci nabývá na důležitosti. Zejména v poslední době je patrné nadužívání či dokonce závislost na moderních informačních a komunikačních technologiích, které, místo aby člověku sloužily a měl je plně pod kontrolou, mu komplikují život, nepříznivě zasahují do oblasti mezilidské komunikace a vztahů, působí vážné zdravotní obtíže psychického i fyzického rázu (Fischer & Škoda, 2009).

Stranou nezůstává ani konzumace drog substanční povahy, k nejdostupnějším a nejrozšířenějším v českém prostředí patří alkoholické nápoje, tabákové výrobky, látky z konopí, léky užívané bez předpisu či doporučení odborníka. Nelegální látky ze skupiny středně tvrdých a tvrdých drog (deriváty amfetaminu, kokainu, opioidy, halucinogeny, těkavá rozpouštědla) se sice v populaci užívají méně často než předchozí, jejich rizika (vznik závislosti, poškození organismu, protiprávní jednání, sociální deklasace) však nelze v žádném případě pominout (Sekot, 2010).

K efektivním způsobům předcházení vzniku závislostního chování patří aktivity primární prevence. Jedná se o nabídku relevantních informací prezentovaných přiměřenou formou a v souladu se současným stavem vědy a poznání, trénink na zátěžové životní situace, vytváření a posilování pozitivních vzorců chování, žádoucích postojů, preferenci a zachovávání zdravého životního stylu (Fischer & Škoda, 2009).

Primární prevenci je možné zaměřit všeobecně, na velké populační segmenty, u nichž nepředpokládáme vyšší míru rizika a jež se snažíme pozitivně motivovat a ovlivňovat k životu bez závislostí. Menší skupiny s vyšším rizikem lze oslovit pomocí prevence selektivní, malé skupiny a jednotlivce s vysokou úrovní ohrožení pak prevencí indikovanou. I přes nejlepší snahu a úsilí bohužel nevíme, zda tyto postupy budou mít očekávanou odezvu, pouze ji předpokládáme.

Primární protidrogová prevence by byla mnohem efektivnější, kdybychom byli schopni u každého konkrétního jedince stanovit míru nebezpečí (predispozici), s níž se může vyvinout chování typu patologické závislosti (Nešpor, 2007).

Metodika

Jedná se o přehledový článek zpracovaný analyticko-syntetickou metodou na základě uvedených položek odborné literatury.

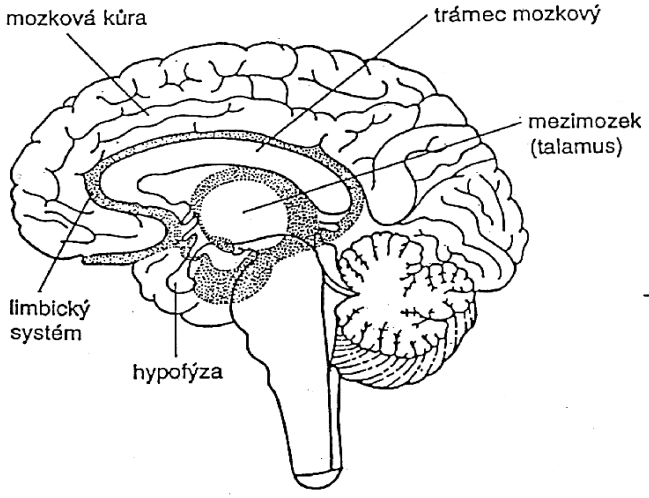
Příčiny závislostního chování a jejich detekce

Zpravidla jsou definovány 3 hlavní okruhy kombinujících se příčin, které se na vzniku závislostního chování podílejí (Nešpor, 2007):

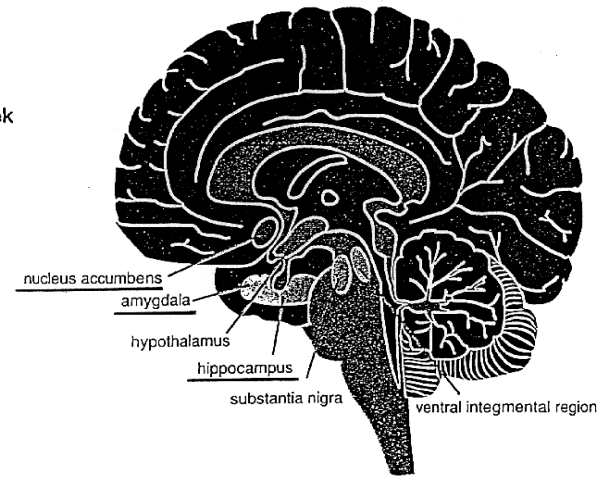
1. osobnost jedince primárně určená genotypem;
2. působení vnějších vlivů (genotyp => fenotyp);
3. sociální prostředí (dostupnost a typ drogy, společenská skupina, hodnoty, vzorce chování).

Metody molekulární biologie a genetiky přinesly důkazy o existenci takových dědičných vloh, které mohou přímo ovlivňovat vznik závislostního chování. Jejich přímá detekce je sice možná, avšak náročná na odbornost, čas a laboratorní vybavení. Podstatné je, že jsou též známy a propracovány relativně jednoduché diagnostické postupy, jimiž lze zjistit, zda konkrétní jedinec těmito nevýhodnými vlohami disponuje či nikoliv. Tato cesta může být ke zjištění sledované vlastnosti schůdnější (Blažek, 2006).

První zásadní poznatky přineslo intenzivní studium center lidského mozku, která ovlivňují náladu a duševní rovnováhu. Jedná se o některé oblasti limbického systému mozku - jsou to tzv. bazální mozková jádra – na obr. 1 jsou zdůrazněna tečkovaně. Zejména jde o oblast hippocampu, amygdaly a nucleus accumbens. Je známo, že tato centra jsou silně ovlivnitelná drogami (obr. 2) (Fišar & Jirák, 2001; Höschl, 1989).



Obr. 1: Oblast limbického systému na řezu lidským mozkem (Blažek, 2006)



Obr. 2: Centra mozku lehce ovlivnitelná drogami (Blum et al., 1990)

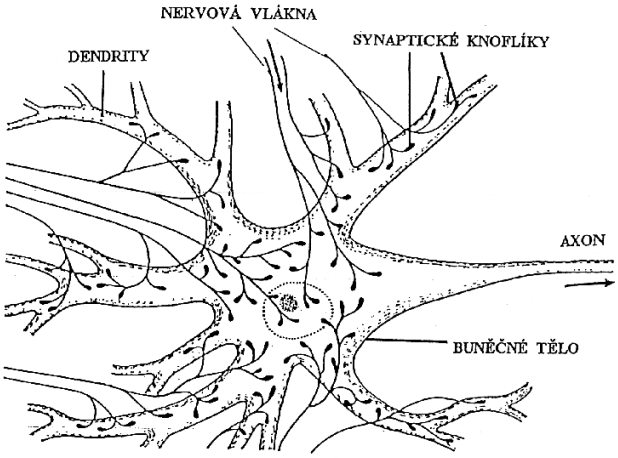
Různé drogy substanční i nesubstanční povahy sice působí každá na jinou složku limbického systému, přesto je biochemická podstata účinku vždy táž: vyplavení různých neurotransmiterů, v jejichž spektru se silně uplatňuje dopamin. Dopamin hraje nejdůležitější roli v procesu navození dobré nálady, pohody a duševní rovnováhy. Působí v úzké součinnosti s dalšími cca 600 mediátory (např. serotoninem, noradrenalinem, enkefaliny) (Höschl, 1989; Kukleta & Šulcová, 2003).

Za fyziologického stavu tento systém pracuje koordinovaně, v na sobě navazujících a střídajících se řetězových reakcích vzrušení a útlumu. Tato součinnost vyústí v tzv.

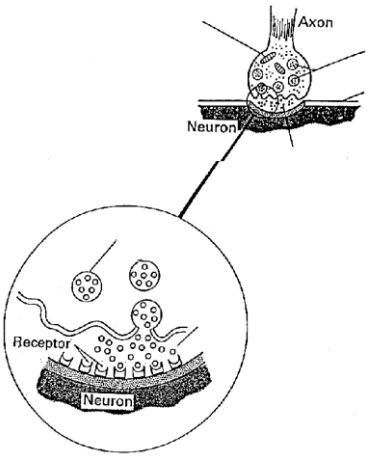
„odměnu", což je pocit dobré nálady a radosti z různých událostí, jež jedinec v průběhu právě uplynulého dne prožil. Dojde-li však v komunikacích mezi jednotlivými neurony limbického systému k poruše, vzniká pocit silné nespokojenosti, rozladěnosti, úzkosti a hněvu a logicky následuje nutkavá touha po něčem, co by tyto nepříjemné fenomény zmírnilo či odstranilo (Höschl, 1989; Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017).

Minimum z neurofysiologie

Nervový vzruch je přenášen chemickou látkou – tzv. mediátorem. Jednotlivé nervové buňky si jej předávají v tzv. zápojích neboli synapsích. Na těle jedné nervové buňky je jich zakotveno až několik tisíc (obr. 3) (Blažek, 2006; Jellinek NL & Prevnet, 2003; Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017).



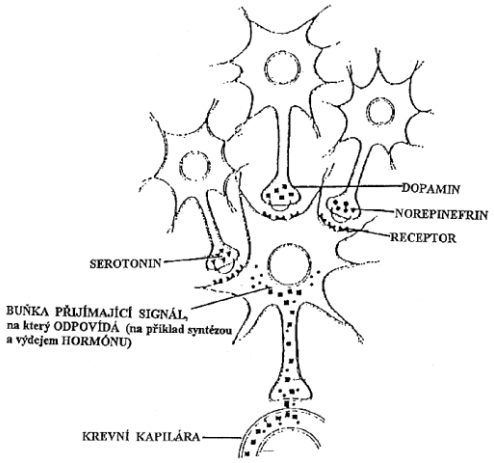
Obr. 3: Neuron se synapsemi
(Kukleta & Šulcová, 2003)



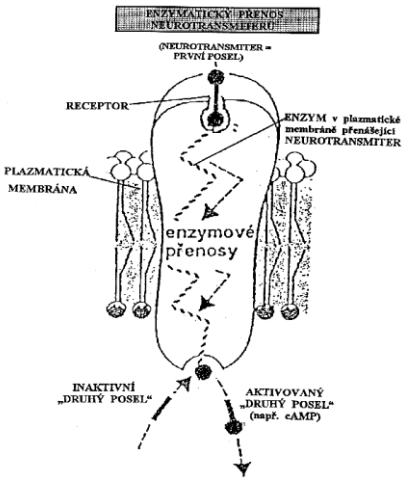
Obr. 4: Detailní struktura synapse
(Kukleta & Šulcová, 2003)

Na obr. 4 je schematicky znázorněna detailní struktura synapse: vlákno (axon), přivádějící nervový vzruch od předchozí nervové buňky, je na těle neuronu přijímajícího vzruch rozšířeno a vytvoří tzv. synaptický knoflík. V něm se zkoncentrují měchýřky, které obsahují příslušný neurotransmiter. Nejprve dochází ke splynutí membrány těchto měchýřků s membránou axonu. Poté je membrána váčků rozrušena, a tím se váčky rozevřou. Tak je mediátor uvolněn do synaptické štěrbiny mezi axonem a tělem buňky. Mediátor zde funguje jako tzv. „první posel", neboť bezprostředně informuje buňku o změnách jejího okolí (Blažek, 2006; Jellinek NL & Prevnet, 2003; Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017).

V plazmatické membráně neuronu jsou zakotveny receptory různých typů (obr. 5). Každý typ receptoru má přísně specifickou funkci a je určen pouze pro jeden určitý druh mediátoru. Nejprve se mediátor naváže na svůj typ receptoru. Touto vazbou se změní konformace (struktura) receptoru, což vede k jemné změně v uspořádání vnitrobuněčné vrstvy plazmatické membrány, jež uvnitř buňky odstartuje řetěz biochemických reakcí (obr. 6) (Blažek, 2006; Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017).



Obr. 5: Uspořádání receptorů v plazmatické membráně buňky (Kukleta & Šulcová, 2003)



Obr. 6: Přenos signálu v buňce (Kukleta & Šulcová, 2003)

Konečnou reakcí je vznik konkrétního biochemického produktu, který buňku opouští. Jeho tvorba a vyloučení je vlastně odpovědí buňky na změnu prostředí. Nutným předpokladem správné a včasné reakce na změnu prostředí je úspěšný příjem signálu povrchem buňky a jeho předání do nitra buňky (Blažek, 2006; Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017).

Dědičný podklad buněčné odpovědi

Z hlediska problematiky drogové závislosti jsou klíčové dva faktory, které musejí bezchybně fungovat (Kukleta & Šulcová, 2003; Orel & Procházka, 2017):

1. chemická struktura receptoru (je přísně specifická);
2. množství (hustota) receptorových částic zakotvených uvnitř plazmatické membrány buňky.

Oba zmíněné faktory receptoru jsou dědičné (Comings et al., 1994). Na příkladu alel pro dopaminový receptor si ukážeme možnosti dědičného přenosu a jeho souvislost s mírou rizika jedince. V genofondu lidské populace se vyskytují 4 různé formy (alely): A_1, A_2, A_3, A_4. A_2 je nositelkou informace pro vznik optimálního (normálního) počtu receptorových částic, je obsažena v genotypu cca 75 % populace. A_1 kóduje vznik až na 20 % sníženého počtu receptorových částic, je obsažena v genotypu cca 25 % populace. A_3 a A_4 jsou zastoupeny v genofondu populace s nízkou frekvencí, pro další výklad jsou málo významné (Blum et al., 1990; Comings et al., 1994).

Dopamin mj. snižuje stres. Vzorce potenciálně návykového chování (drogy, jídlo, sex, sport) vedou alespoň přechodně k jeho vyplavení v mozku a navození dočasného pocitu uspokojení a vyrovnanosti. Jde vlastně o obrannou reakci jedince proti psychickému napětí.

Američané Blum et al. (1990; 1996) tento stav nazvali *„syndromem narušené závislosti na odměně"* (RDS, tj. *„Reward Deficiency Syndrome"*).

Schematicky je možné kombinace alel A_1 a A_2 při setkání vajíčka a spermie znázornit podle následujícího schématu (Blum et al., 1990; Comings et al., 1994):

VAJÍČKO	+	SPERMIE	=>	JEDINEC
A_1		A_1		homozygot A_1A_1
VAJÍČKO	+	SPERMIE		
A_1		A_2		heterozygot A_1A_2
VAJÍČKO	+	SPERMIE		
A_2		A_2		homozygot A_2A_2

Homozygoti A_1A_1

Tito jedinci mají enormně nízký počet dopaminových receptorů, z čehož resultuje abnormálně nízká dopaminergní aktivita jejich mozku. Prožívají stálý pocit vnitřního napětí, rozháranosti, nespokojenosti. Užijí-li návykovou látku či provádějí-li chování potenciálně závislostní povahy, dávka drogy vyplaví větší množství dopaminu a navodí jim doposud nepoznaný pocit pohody. Po poklesu jeho hladiny tato nálada pomine, následuje silná až nezvladatelná touha (craving) po opakování. Jsou ohroženi vysokou mírou možné drogové závislosti (Blum et al., 1990; Blum et al., 1996; Comings et al., 1994; Noble et al., 1994).

Homozygoti A_2A_2

Dopaminergní aktivita mozku těchto osob je optimální. Za běžných podmínek téměř nepociťují stavy tenze a neuspokojení. Droga u nich nevyvolává nezapomenutelný zážitek uvolnění až blaha. Jsou možnou drogovou závislosti ohroženy v nízké míře (Blum et al., 1990; Blum et al., 1996; Comings et al., 1994; Noble et al., 1994).

Heterozygoti A_1A_2

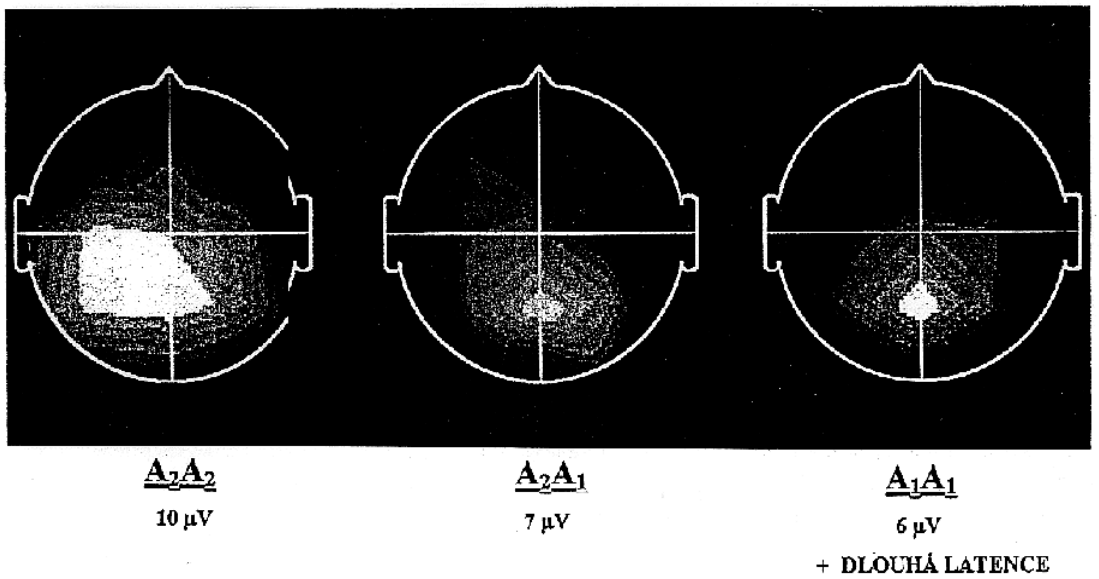
Tito jedinci jsou z hlediska hladiny dopaminu v mozku i rizika vzniku drogové závislosti skupinou stojící uprostřed mezi oběma typy homozygotů. Jsou ohroženi možnou drogovou závislosti ve střední míře (Blum et al., 1990; Blum et al., 1996; Comings et al., 1994; Noble et al., 1994).

Neurochemické studie ukázaly, že poruchy chování, které vyústí ve vyhledávání pocitu vyrovnanosti a libosti, mají společného jmenovatele: závislost na substančních drogách, jednoduchých cukrech a potenciálně návykových činnostech. Molekulární genetika shrnula výzkumy jednoznačně: mezi osobami, v jejichž rodině se nevyskytuje abúzus drog či vzorce návykového chování nesubstančního charakteru, se alela A_1 téměř nevyskytuje. V jejich genotypu je přítomna prakticky pouze alela A_2 (Blum et al., 1990; Blum et al., 1996; Noble et al., 1993).

Odhalování genetické konfigurace

Všechny tři výše popsané genotypy lze poměrně snadno „odkrýt“. Můžeme využít přímého postupu, tj. analýzy DNA, jednodušší je však zjištění fenotypového projevu - jistého elektrofysiologického markeru. Jedná se o záznam bioelektrické činnosti mozku sledovaného jedince (EEG) a její vyhodnocení. Na EEG poslouží jako „marker“ změna tzv. vlny P_{300}, což je zvukový evokovaný potenciál, který se objeví za určitou dobu po aplikaci zvukového podnětu (Stejskal, 1993).

Existuje jednoznačná souvislost mezi alelou A_1 (určující snížený počet receptorových částic) a mezi snížením amplitudy vlny P_{300} a prodloužením doby, za kterou se tato vlna na EEG objeví od zaznění zvukového signálu (obr. 7) (Noble et al., 1993; Noble et al., 1994).



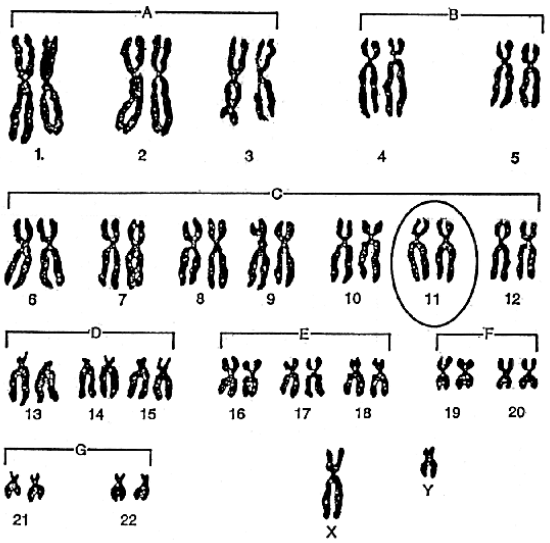
Obr. 7: Reakce mozku probandů různé genetické konfigurace na zvukový podnět (Noble et al., 1994)

Z uvedeného lze shrnout:

1. u genetické konstituce A_2A_2 je normální doba objevení se vlny P_{300} na EEG, amplituda vlny činí 10 µV, jedinec je prakticky bez dědičné zátěže;
2. u genetické konstituce A_1A_2 je normální doba objevení se vlny P_{300} na EEG, amplituda vlny je však snížena na 7 µV, jedinec má mírnou dědičnou zátěž;
3. u genetické konstituce A_1A_1 se vlna P_{300} objevuje se zpožděním, její amplituda je snížena na 6 µV, jedinec má těžkou dědičnou zátěž (Noble et al., 1993; Noble et al., 1994).

Navíc některé drogy, např. kokain, působí specificky přímo v místě genu D_2 dopaminového receptoru, tj. na příslušném místě chromosomu č. 11. Změna struktury genetické informace, kterou zde kokain vyvolá, má za následek jak deformaci struktury receptoru, tak i pokles počtu jeho částic (obr. 8) (Noble et al., 1993).

Je zřejmé, že takovýto účinek drogy na jedince s genotypem A_1A_1 vyústí v dramatický a rychlý vznik drogové závislosti. Současně tento fakt vysvětluje, proč závislí vyžadují stále vyšší dávky drogy (Noble et al., 1993; Noble et al., 1994).



Obr. 8: Označení místa zranitelného působením drog v lidském karyogramu
(Noble et al., 1993)

Závěry

- Přítomnost alely A_1 lze v genotypu snadno dokázat, což poskytuje možnost zaměřit se v preventivní činnosti na konkrétní jedince, kteří jsou svým genotypem vůči vzniku závislostí rizikoví.
- V relativně blízké budoucnosti se jeví jako reálné využití metod genového inženýrství, tzn. „opravy“ genotypu jedince resekcí nežádoucí alely A_1 a její náhradou alelou A_2.
- Alela A_1 genu D_2 nebude jedinou příčinou všech uvedených potíží. Důležitou roli budou mít i další geny, neurotransmitery a jiné faktory.
- Kvalifikované a zodpovědné využití uvedených znalostí o podílu genotypu na vzniku závislostí umožní provádět cíleně zaměřenou a vysoce odbornou primární protidrogovou prevenci.

Seznam použitých literárních zdrojů

Blažek, B. (2006). *Základy neurofyziologie a neuroanatomie člověka*. Praha: Aleš Čeněk.
Blum, K., et al. (1990). Allelic association of human dopamine D_2 receptor gene in alcoholism. *Journal of the American Medical Association* 263: 2055-2060.
Blum, K., et al. (1996). Reward Deficiency Syndrome. *American Scientist*, 84: 132-145.
Comings, D.E., et al. (1994). The dopamine D_2 receptor gene: A genetic risk factor in substance abuse. *Drug and Alcohol Dependence* 34: 175-180.
Fišar, Z., & Jirák, R. (2001). *Vybrané kapitoly z biologické psychiatrie*. Praha: Grada.
Fischer, S., & Škoda, J. (2009). *Sociální patologie: analýza příčin a možnosti ovlivňování závažných sociálně patologických jevů*. Praha: Grada Publishing.
Höschl, C. (1989). *Neuroendokrinologie v psychiatrii*. Praha: Avicenum.
Jellinek NL, & PREVNET (2003). *Drugs and Brain*. Jellinek NL, 2003. Dostupné na: *<http://www.van-gennip.nl/jellinek/start.htm>*.
Kukleta, M., & Šulcová, A. (2003) *Texty k přednáškám z neurověd*. Brno: LF MU. Dostupné na: *<http://www.med.muni.cz./fyziol/texty20.rtf>*.
Nešpor, K. (2007). *Návykové chování a závislost*. Praha: Portál.

Noble, E.P., Berman, S.M., & Ozkaragoz, T.Z. (1994). Prolonged P_{300} latency in children with the D_2 dopamine receptor A_1 allele. *American Journal of Human Genetics* 54: 658-668.
Noble, E.P., et al. (1993). Allelic association of the D_2 dopamine receptor gene with cocaine dependence. *Drug and Alcohol Dependence* 83: 271-285.
Orel, M., & Procházka, R. (2017) *Vyšetření a výzkum mozku. Pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory.* Praha: Grada.
Sekot, A. (2010). *Úvod do sociální patologie*. Brno: Masarykova univerzita.
Stejskal, L.. (1993). *Evokované odpovědi a jejich klinické využití*. Praha: Grada Publishing.

Vulkanické pohoří v Centrálním masivu ve Francii "Francouzské středohoří"

Blanka Šreinová

Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9
email: blanka_sreinova@nm.cz

Abstrakt

Francouzskou obdobou Českého masivu s jeho sopečným Českým středohořím je Centrální masiv s jeho sopečným "Francouzským středohořím" (tento název se používá pouze v Česku jako paralela s Českým středohořím, avšak je chybně slučovaný s celou oblastí Centrálního Masivu). Centrální i Český masiv vznikly ve stejné době a za obdobných podmínek. Jsou reliktem variského horstva, které se vytvořilo během devonu a karbonu zhruba před 380 - 320 milióny lety. Později, v návaznosti na alpskou orogenezi, vznikla řada hlubokých zlomů a zlomových pásem, po kterých pronikalo magma na zemský povrch a docházelo k projevům aktivní sopečné činnosti. Ta vyvrcholila ve třetihorách, zhruba před 35 - 1,75 milióny lety, a její dozvuky přetrvaly až do čtvrtohor. Výsledkem uvedené vulkanické činnosti je vznik jak Českého středohoří, tak "Francouzského středohoří". Vznik vulkanického pohoří ve Francii je navíc výrazně spjat i s horkou skvrnou. Díky spolupůsobení výše zmíněných geologických dějů se zrodila jedna z největších akumulací vyhaslých vulkánů na světě, čítajících na 450 sopek. Pro ochranu tohoto unikátního přírodního fenoménu byl v roce 1977 založen na ploše 3897 km^2 regionální přírodní park auvergneských sopek (Parc Naturel Régional des Volcans d´Auvergne), jehož dominantami jsou tři skupiny vulkánů - Monts-Dômes, Monts-Dores a Monts du Cantal. Město Clermont-Ferrand je výchozím bodem pro návštěvu jak vlastního vulkanického pohoří (místy s naučnými stezkami), tak i muzeí a zábavního parku, ve kterých je velmi názorně prezentován pomocí různých popularizačních prostředků vznik sopek. I když České středohoří je pouze malou "sestřičkou" vulkanického komplexu ve Francii, zasloužila by si jistě vyšší míru prezentace ve vztahu nejen k obyvatelům České republiky, ale i k turistům ze zahraničí.

The volcanic mountain in the Massif Central in France ("French Central Mountains")

Abstract

The Massif Central with its volcanic "French Central Mountains" (this name is used only in the Czech Republic as a parallel with the Central Bohemian Mountains, but it mistakenly merges with the whole area of the Central Massif) is a French equivalent of the Bohemian Massif with its volcanic Czech Central Mountains. The Central Massif and the Bohemian Massif were created at the same time and under similar conditions. They are relicts of the Variscan Mountains that formed during Devon and Carbon some 380-320 million years ago. Later, during the alpine orogenesis, faults and chain of faults occurred, after which the magma penetrated to the earth's surface and the active volcanism emerged on the surface. It culminated in the Tertiary, roughly 35-1.75 million years ago, and its reverberations continued until the Quaternary. The result of this volcanic activity is the emergence of both, the Czech Central Mountains and the "French Central Mountains". The emergence of volcanic mountains in France is also strongly associated with a hot spot as well. Thanks to the interaction of the above-mentioned geological processes, one of the largest accumulations of extinct volcanoes in the world, counting 450 volcanoes, was born. To protect this unique

natural phenomenon, a regional park of the Auvergne volcanoes (Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne) was established in 1977 on the area of 3897 km^2, dominated by three groups of volcanoes - Monts-Dômes, Monts-Dores and Monts du Cantal. The town of Clermont-Ferrand is the starting point for visiting the volcanic mountains (places with educational trails), and museums and amusement parks in which the formation of volcanoes is very clearly presented using various popular means. Although the Czech Central Mountains is only a small "sister" of the volcanic complex in France, it would certainly deserve a higher level of presentation in relation not only to the inhabitants of the Czech Republic but also to tourists from abroad.

Klíčová slova: geologie; vulkanismus; regionální přírodní park auvergneských sopek; Centrální masiv; "Francouzské středohoří"; Francie

Keywords: geology; volcanism; regional park of the Auvergne volcanoes; Massif Central; "French Central Mountains"; France

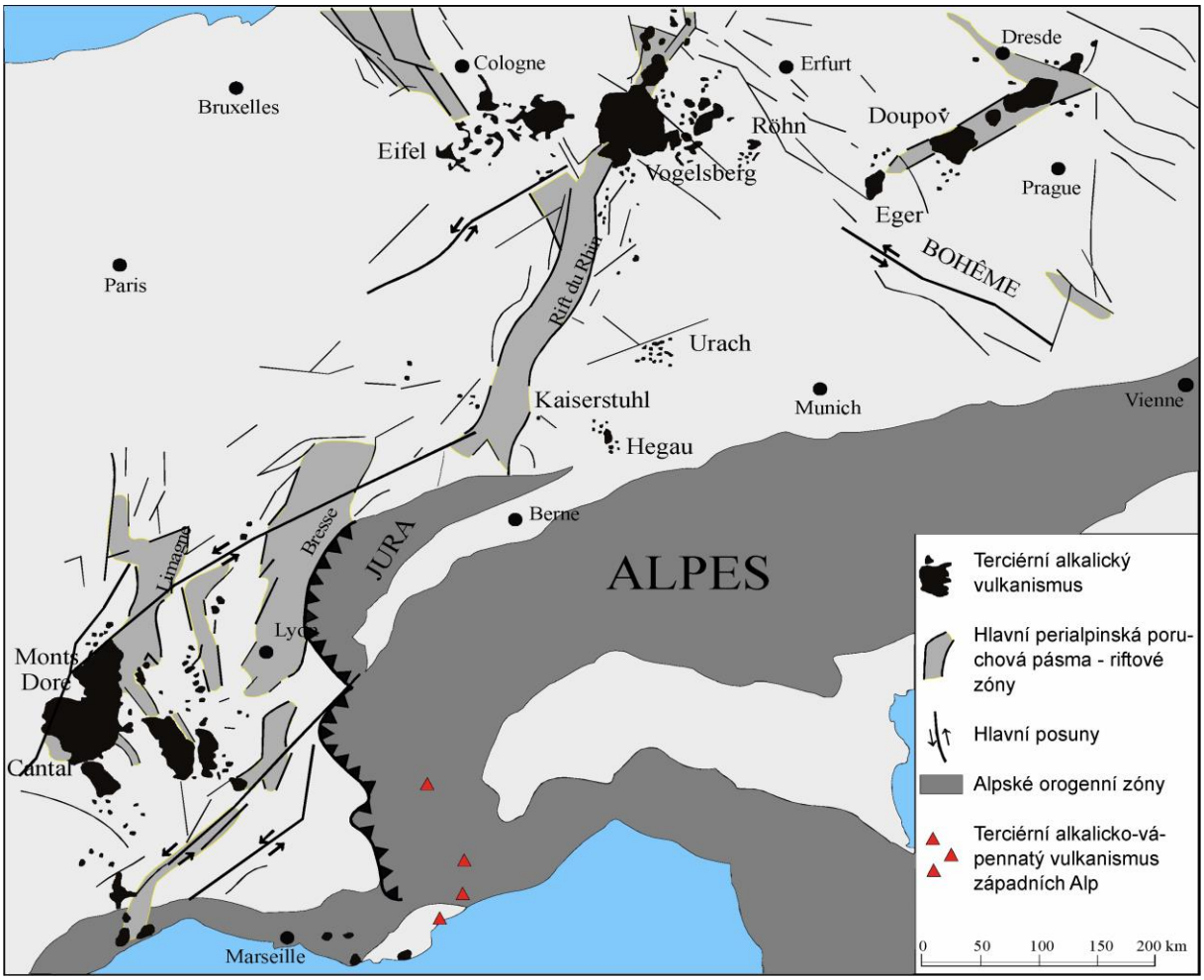
Úvod

Koncem května 2013 jsem přes Norimberk, kde se konala výstava dekoračního kamene Stone-Tek, zamířila do Clermont-Ferrandu ve Francii, kde pobývala v té době moje dcera Lenka. Město pak sloužilo jako výchozí bod pro návštěvu vulkanického "Francouzského středohoří", což bylo hlavním cílem mé desetidenní cesty za poznáním především geologických a petrologických poměrů oblasti. Jak již bývá ve spojení s přípravou takové cesty obvyklé (alespoň u mě), snaha dovědět se co nejvíce teoretických údajů před výpravou se míjí účinkem a až na základě vlastního pozorování se celek doplňuje po návratu domů. Tak se stalo i tentokrát a nejvíce jsem se dozvěděla o tomto velmi zajímavém kraji až při přípravě přednášek a následně i tohoto článku. Dodatečně mi pak došlo, jaká místa či oblasti jsme měli navštívit. Pravdou ale navzdory tomu je, že by to nebylo v rámci omezeného času možné, takže pokud to vše shrnu - vše bylo jak má být. V následujícím textu se tedy budu snažit předložit souhrn jak teoretického tak i praktického poznání "Francouzského středohoří".

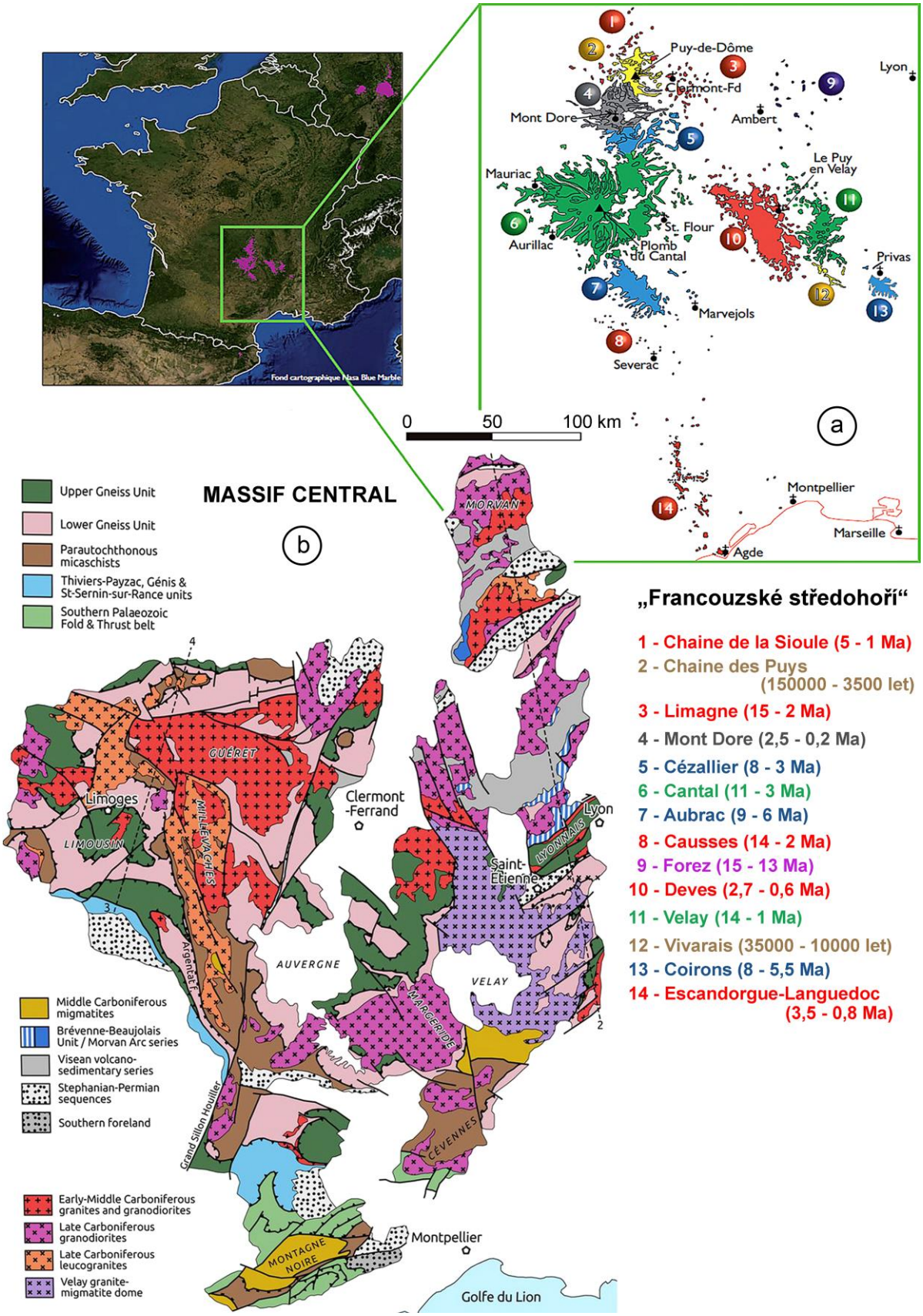
Geologie

S ohledem na všeobecné vnímání oblasti musím začít zmínkou o francouzském Centrálním masívu (Massif Central). Jeho geografická poloha ve spojení s polohou "Francouzského středohoří", které je v něm "zapasované" (obr. 2), nabádá oba tyto pojmy slučovat, což se bohužel děje a je to chyba.

Hlavní rozdíl mezi oběma oblastmi je ve stáří a způsobu jejich vzniku. Vznik Centrálního masivu souvisí s variskou orogenezí spojenou s výzdvihem celé oblasti, zatímco vznik "Francouzského středohoří" je spjatý s přibližně o 300 mil. let mladší alpskou orogenezí, při které došlo ke vzniku řady zlomových pásem (riftových zón), na kterých docházelo k aktivní vulkanické činnosti. Obdobné riftové zóny spojené s terciérním alkalickým vulkanismem vznikly souběžně v západní Evropě nejen např. v oblasti Rýna ale i v Českém středohoří (obr. 1).



Obr. 1 *Mapa hlavních třetihorních sopečných provincií západní Evropy a souvisejících perialpinských sedimentárních pánví. Upraveno podle Brousse a Bellona (1983) in Nehlig et al. (2003).*



Obr. 2 *Schematická mapa hlavních vulkanických provincií "Francouzského středohoří" s údaji o jejich stáří (***a***) versus Massif Central (***b***). Upraveno podle* **a** *- Nehliga et al. (2003);* **b** *- Lardeauxe et al. (2014).*

Sopečná pohoří a sopky náležející k "Francouzskému středohoří" se rozprostírají ve střední části Francie a můžeme je sledovat od pobřeží Středozemního moře - od Lvího zálivu (Golfe du Lion) severně přibližně v linii dlouhé 320 km a končící cca 20 km severně od Clermont-Ferrandu (obr. 2). Celé území je hlavní součástí přírodního parku Auvergne.

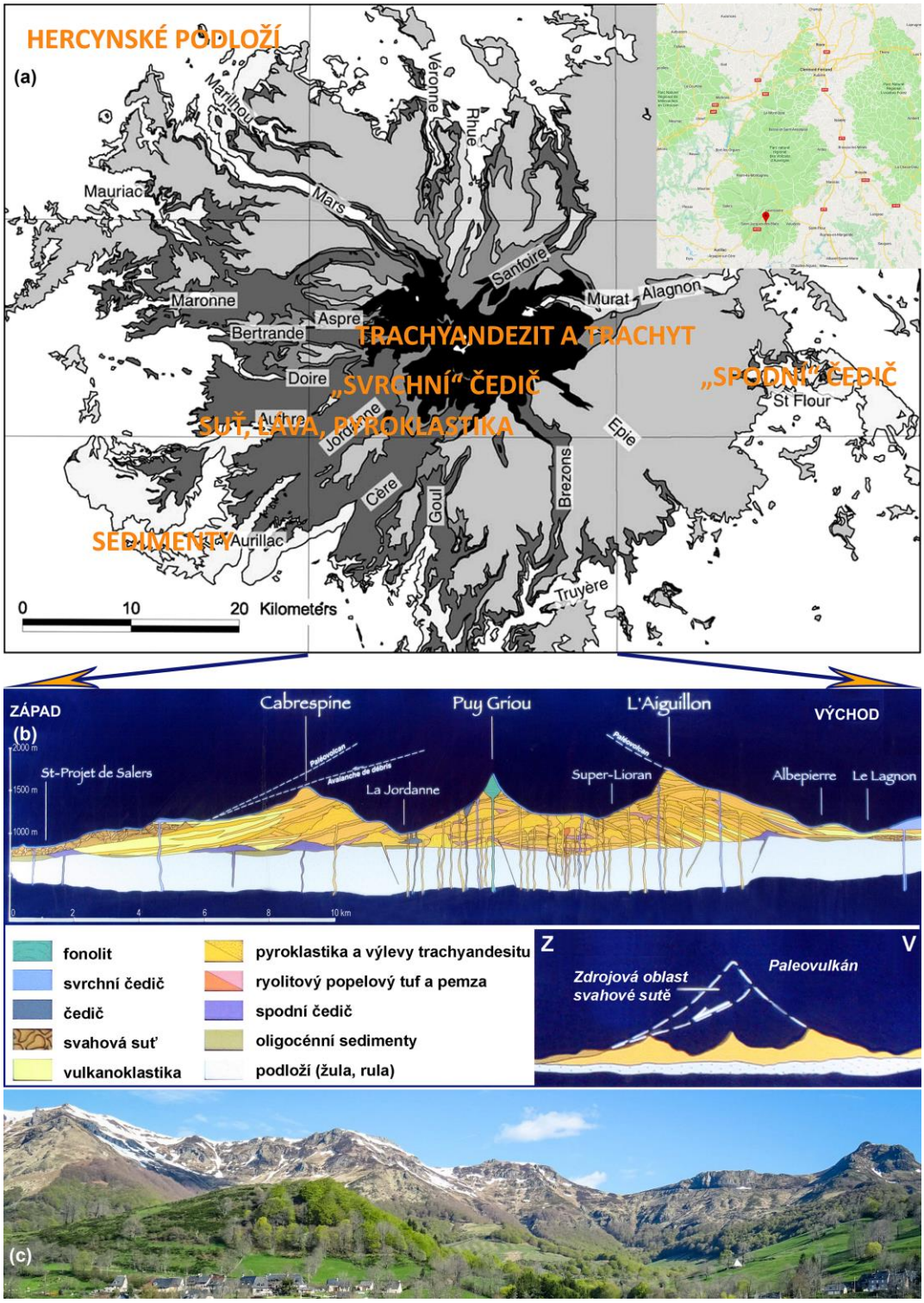
Studia z posledních let ukazují, že sopky vznikly nejen ve spojitosti s vulkanizmem riftových zón, ale i nad "horkou skvrnou". Důkazem toho je i stáří vulkanismu, kdy se směrem od jihu k severu vyskytují mladší sopky (obr. 2), což odpovídá pohybu desky nad horkou skvrnou opačným směrem - tedy od severu k jihu. To je mj. i dokladem přibližování evroasijské a africké desky během alpské orogeneze.

Stratovulkán Cantal - Massif du Cantal

Massif du Cantal (obr. 3, obr. 4c) patří se svým průměrem téměř 80 km u báze sopky a rozlohou 2500 km^2 k největším sopečným tělesům v Evropě. Je vlastně zbytkem stratovulkánu, který byl činný před 11 - 3 Ma lety s hlavní sopečnou fází mezi 9 - 6.5 Ma lety a u kterého se nedochoval centrální kráter (obr. 4a,b). Z původní, patrně přes 3500 m vysoké sopky, přetrval pouze skelet tvořený především trachyandezitem, trachytem, pyroklastiky a při bázi bazaltem, na svazích a v údolích jsou hojné sutě. K jeho současné podobě ve značné míře přispěly vnější geologické síly, z nichž nejvýraznější byla činnost ledovce, který vymodeloval hluboká údolí a zvýraznil štíty i kuželovité vrcholy, které představují přívodní dráhy magmatu. Tyto vrcholy jsou dominantou stratovulkánu Cantal - nejvyšší je Plomb du Cantal (1855 m) (je pouze o 31 m nižší, než nejvyšší vrchol "Francouzského středohoří" Puy de Sansy s nadmořskou výškou 1886 m), dále Puy Mary (1783 m), Puy de Peyre-Arse (1806 m), fonolitový vrchol Puy Griou (1690 m) (obr. 3b,c) a další. Od nejvyšších vrcholů se do různých stran rozbíhá několik hlubokých údolí, do kterých se zařezávají řeky Bertrande, Jordanne, Cere, Alagnon, Mars a další. Celá oblast stratovulkánu Cantal je turisticky velmi zajímavá a atraktivní. Z vrcholů jsou nádherné výhledy do okolí, údolí jsou malebná a oku lahodící. Zdolání obou hlavních vrcholů, Plomb du Cantal i Puy Mary, je poměrně snadné. Pod první vrchol se dá vyjet lanovkou ze Super-Lioran, k blízkosti druhého vrcholu pak vede poměrně pohodlná cesta ze silničního sedla Peyrol (Pas de Peyrol) ve výšce 1588 m. Rozhodně stojí za to navštívit i ostatní vrcholy a údolí, kterými vedou turistické cesty a pěšiny.

Cestou k dalšímu vulkanickému fenomenu „Francouzského středohoří“, k Puy de Sansy (nejvyšší sopce "Francouzského středohoří"), stojí za to zastavit se v městě Saint Flour, které leží na východním okraji stratovulkánu Cantal. Geologicky zajímavé je tím, že jsou zde v silničním zářezu zachovány dva výrazné čedičové proudy přibližně stejného stáří cca 8.8 Ma let, avšak různého typu (obr. 5). Spodní proud vykazuje výraznou sloupcovitou odlučnost, vrchní proud je porézní s nepravidelnou odlučností.

Obr. 3 *Massif du Cantal.Upraveno podle*
https://i.ytimg.com/vi/qFu_2cUa0s0/maxresdefault.jpg



Obr. 4 (a) *Schematická geologická mapa stratovulkánu Cantal (Massif du Cantal). Upraveno podle Nehliga et al. (2003). Vložená mapa s vyznačením místa je upravená podle https://www.google.cz/ maps/place/Monts+du+Cantal.* **(b)** *Schematický geologický řez centrální částí stratovulkánu Cantal je upravený podle fotografie pořízené v parku Vulcania (cca 25 km z. od Clermond Ferand) v květnu 2013.* **(c)** *Horizont Monts du Cantal (vlevo Puy Griou - 1690 m; vpravo Puy de Peyre Arse - 1806 m), upraveno podle https://i0.wp.com/trekkingetvoyage.com/wp-content/uploads/2016/05/DSC00158.jpg*

Obr. 5 *Dva čedičové proudy různé odlučnosti a textury vznikly v přibližně stejném časovém období. Jsou odkryté v zářezu cesty v městu Saint Flour. Foto R. Malíková 2010 v místě vyznačeném v mapě vpravo nahoře. Mapa upravená podle https://www.google.cz/maps/place/Saint-Flour.*

Roche Tuilière a Roche Sanadoire

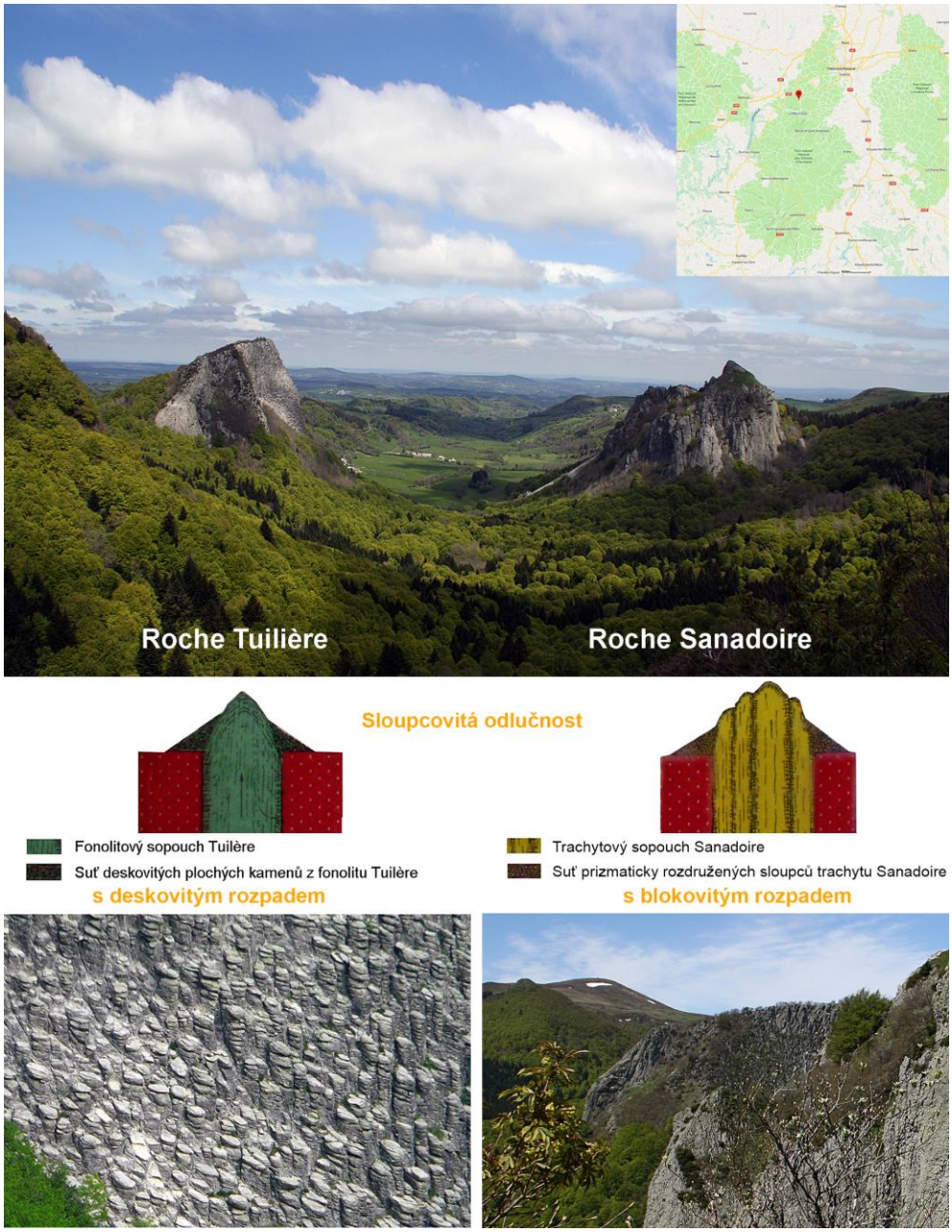
„Bránou“ mezi Monts Dore s Puy de Sansy a Monts Dômes jsou morfologicky výrazné relikty dvou sopouchů různého složení a stáří - fonolitový Roche Tuilière (cca 2,1 Ma) a trachytový Roche Sanadoire (cca 1,83 Ma). Finální podobu krajiny opět zařídil ledovec - vzniklo zde výrazné ledovcové údolí s výhledem k Puy-de-Dôme (obr. 6). Oba sopouchy najdeme v údolí Orcival, přibližně 8 km s. od Mont-Dore.

Monts Dore

Vulkanické pohoří Monts Dore je výrazně mladší, než stratovulkán Cantal. Vzniklo před 2.5 - 0.5 Ma lety. Je zde zastoupený především trachytový a trachytandezitový vulkanismus včetně pyroklastik. Zde najdeme i nejvyšší sopku „Francouzského středohoří“, která byla zmíněna výše, Puy de Sansy s nadmořskou výškou 1886 m (obr. 7). Sopka je tvořena především trachytem a stejně jako celé vulkanické pohoří je domodelována vnějšími geologickými silami - opět především činností ledovce a vodní a větrnou erozí. Vrchol leží jižně od města Mont Dore, odkud vede příjezdová cesta ke spodní stanici lanovky. Tou se lze dostat do sedla pod Puy de Sansy a pěšky na vlastní vrchol. Cesta je velmi pěkná včetně velmi zajímavých výhledů, na pomezí zimy a jara mírně náročná. Nejvíce mě zaujala velmi výrazná modelace vnějšími silami v souvislosti s různou odolností hornin vůči zvětrávání (obr. 7) a linie sopečných vrcholů viditelná především při sestupu z Puy de Sansy, včetně výrazného ledovcového údolí k Mont Dore (obr. 8).

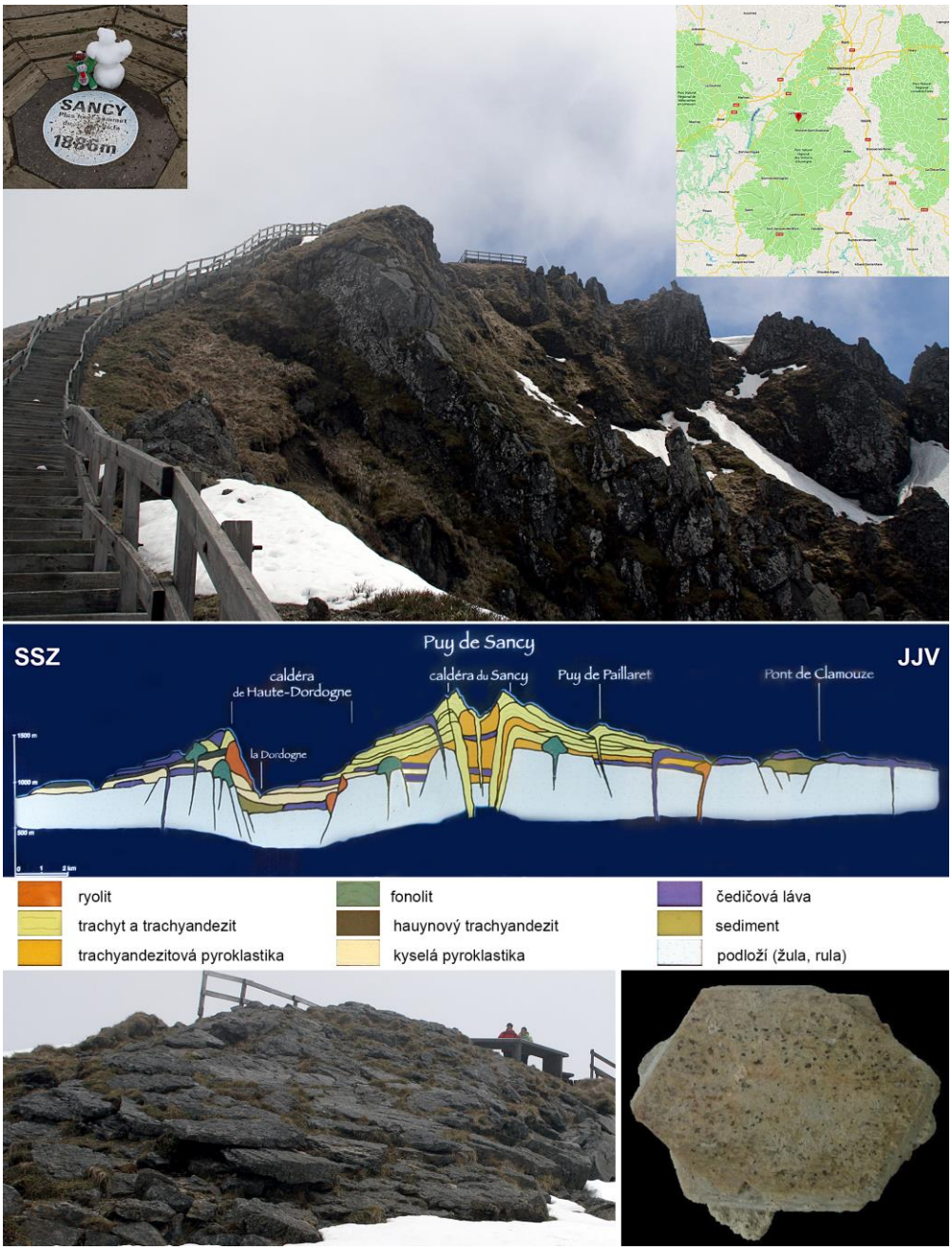
Kráterová a ledovcová jezera

Nejznámější kráterová, případně ledovcová jezera jsou soustředěna hlavně v oblasti jižně od masivu Monts Dore a jsou neopomenutelnými významnými fenomény vulkanické oblasti „Francouzského středohoří“ (obr. 9). Postupně jsme navštívili jezera: Lac Pavin (obr. 10); Lak de Montcineyre (obr. 11); Lac d'en Haut a Lac d'en Bas (obr. 12) a Lac Chauvet (obr. 13). Bližší popis je uveden u obrázků.



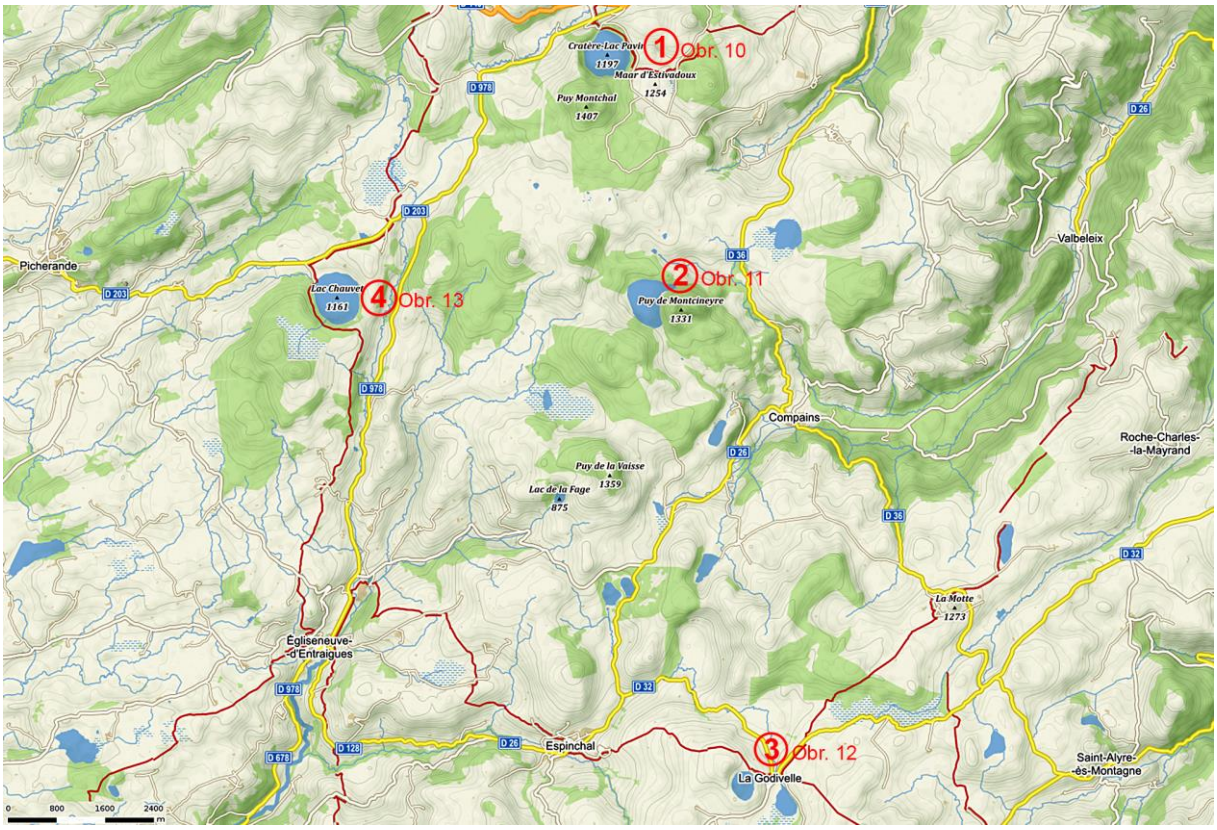
Obr. 6 *Relikty dvou sopouchů - fonolitovým Roche Tuilière (cca 2,1 Ma) a trachytovým Roche Sanadoire (cca 1,83 Ma) s výrazným údolím, které bylo vytvořeno ledovcem. Pohled z vyhlídky v blízkosti jezera Lac de Guéry ssz. směrem přes Orcival k Puy-de-Dôme (na obzoru). Následuje schematický geologický řez, který je upravený podle místní informační cedule. Obrázek vlevo dole představuje deskovitý rozpad fonolitu Tuilière (upraveno z https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Roche_Tuilière_orgues.JPG).*

Obrázek vpravo dole je detailnějším pohledem na trachyt Sanadoire se sloupcovitou odlučností s blokovitým rozpadem.



Obr. 7 *Puy de Sansy je se svými 1886 m nejvyšší sopkou "Francouzského středohoří", místo vyznačeno v mapě vpravo nahoře je upravené podle https://www.google.cz/maps/place/Puy+de+Sancy. Schematický geologický řez je upravený podle fotografie pořízené v parku Vulcania (cca 25 km z. od Clermond Ferandu) v květnu 2013. Vlevo dole je detailnější záběr horniny (trachytu) pod vrcholem Puy de Sansy, vpravo karlovarské dvojče sanidinu velikosti 6 x 5 cm z trachytu na Roc de Courlande, Chastreix upravený podle https://www.mindat.org/photo-86489.html.*

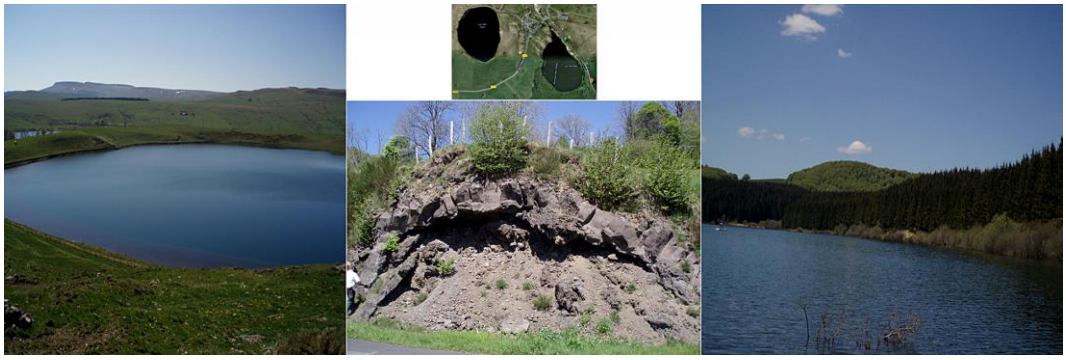
Obr. 8 *Pohled z cesty při sestupu z Puy de Sansy směrem na ssv. Vlevo v údolí je městečko Mont-Dore, uprostřed stanice lanovky Mont-Dore, vpravo "pás" sopek masivu Monts Dore směřujících jz-sv směrem od Puy de Sansy.*



Obr. 9 *Kráterová a ledovcová jezera j. od masivu Monts Dore. Upraveno podle https://mapy.cz/turisticka. 1 - Lac Pavin; 2 - Lak de Montcineyre; 3 - Lac d'en Haut a Lac d'en Bas; 4 - Lac Chauvet.*

Obr. 10 *Kráterové jezero Lac Pavin je spjaté s posledním vulkanismem v oblasti Auvergneských sopek cca před 7000 - 7500 lety a je výrazně mladší než masiv Monts Dore. Leží v nadmořské výšce 1197 m, průměr prstencového kruhu je 700 až 800 m, jezero dosahuje hloubky 92 m. Je tvořen trachytovým tufem, v jezero je zajímavé tím, že je v něm až 1 m mocná poloha diatomitu.*

Obr. 11 *Kráterové jezero Lac de Montcineyre se nachází v nadmořské výšce 1182 m. Na jeho okraji vznikla později sopka a tím má jezero unikátní tvar půlměsíce. Hloubka jezera je asi 18 m. Obrázek vlevo upravený podle http://ekladata.com/pdB18nRu0luauYPKSIZ49JzvFyY@500x371.jpg, obrázek vpravo podle http://static.panoramio.com/photos/original/6803401.jpg.*



Obr. 12 *Kráterové jezero Lac d'en Haut (vlevo) u vesnice La Godivelle je 30 - 40 m hluboké a má v průměru 300 m. Voda je dešťová. V blízkosti je lávový tunel - AA láva a pyroklastika čediče. Ledovcové jezero (vpravo) Lac d'en Bas má hloubku pouze cca3 - 4 m. Voda je více mineralizovaná a tvoří se zde rašelina. Foto R. Malíková 2010.*

Obr. 13 *Kráterové jezero Lac Chauvet téměř kruhového tvaru má průměr 800 m a hloubku 86 m. Kráter vznikl před 150 000 lety, leží v nadmořské výšce 1162 m. Zdroj obrázku www.google.cz/maps.*

Chaine des Puys - Monts Dômes

Nejmladší sopečná činnost probíhala ve "Francouzském středohoří" přibližně před 150.000 - 3.500 lety. Vznikl tak nejseverněji situovaný pás cca 80ti sopek "Chaine des Puys - Monts Dômes" (obr. 14, 15) táhnoucí se přibližně severo-jižním směrem v délce přibližně 45 km a lehce obtáčející východně ležící největší město "Francouzského středohoří" Clermont-Ferrand (obr. 16, 32).

Oblast Chaine des Puys při tektonické zóně Limagne je učebnicovým příkladem kontinentálního rozpadu - riftu, přičemž vzhledem k poměrně mladé vulkanické činnosti v této oblasti je zmíněný geologický proces velmi dobře patrný. Lze pozorovat nejen prasknutí a rozšiřování kontinentální kůry, ale i související magmatickou činnost. V souvislosti s tím byla celá oblast na 42. zasedání Výboru světového dědictví 2. července 2018 zapsána na seznam přírodních památek světového dědictví UNESCO.

Stejně tak, jako u jižněji se vyskytujících starších sopek, je zde zastoupen v první fázi bazický vulkanismus, následovaný intermediálním až kyselým vulkanismem. Hlavními horninami jsou bazalt až trachybazalt, trachyandezit, trachyt a jejich pyroklastika (obr. 15).

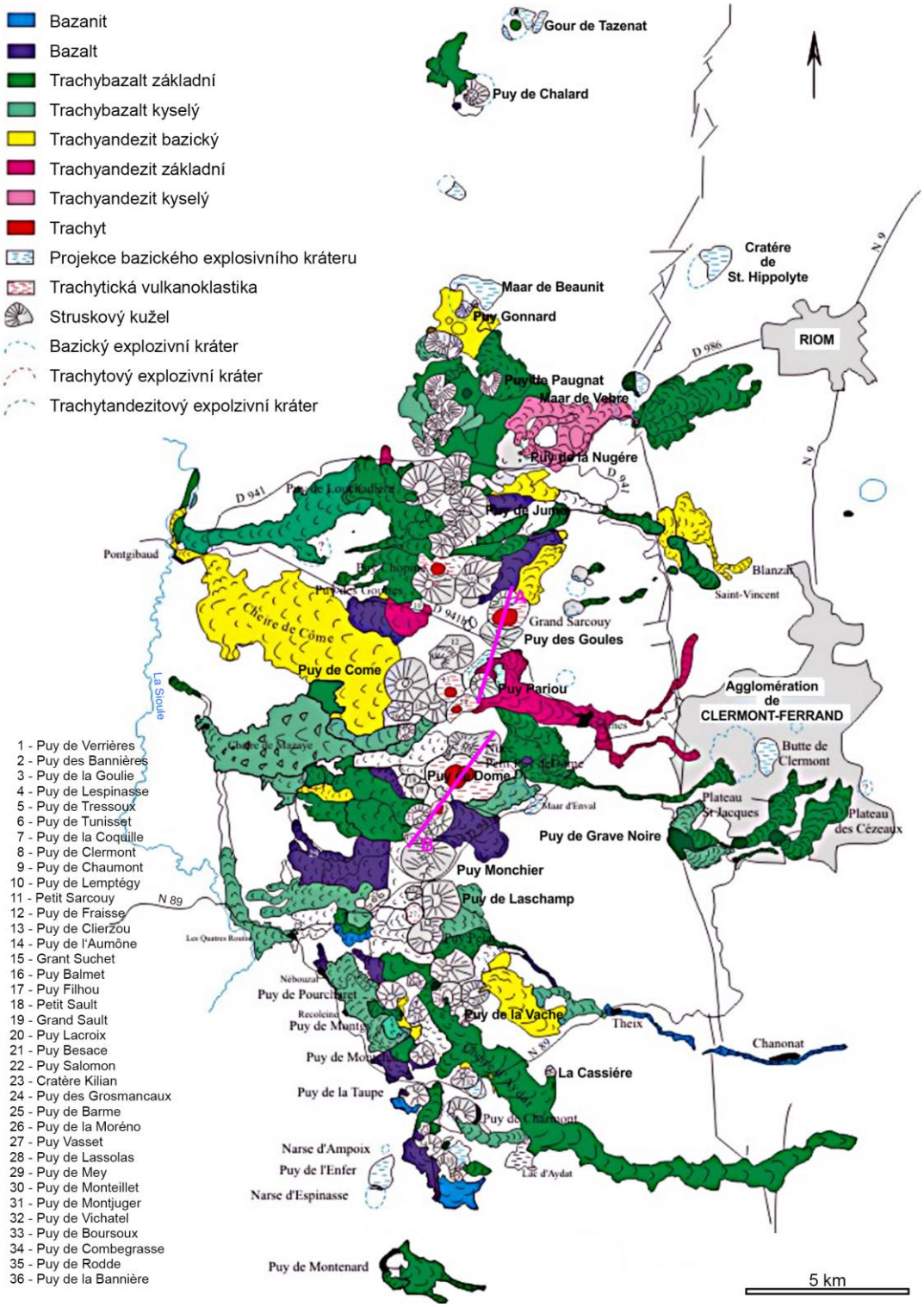
Nejvyšší a nejnavštěvovanější sopkou je Puy de Dôme (1465 m n.m.) (obr. 16, 17, 26) s krásnými výhledy na řetěz sopek severním i jižním směrem (obr. 18 - 21). Na tuto sopku lze vyjet vláčkem od parkoviště blízko Clermont-Ferrandu, nebo vyjít pěšky po turistické stezce. Podél celé vyhlídkové trasy na vrcholu sopky (obr. 17) jsou označená vyhlídková místa doplněna instruktivními panely přibližujícími vznik a vývoj celé oblasti. Sopka patrně přitahovala obyvatelstvo od dob dávno minulých. V blízkosti vrcholu jsou zachovány pozůstatky Galského chrámu z 2. stol. n. l., který byl věnován bohu Merkurovi (obr. 22).

"Jádro" sopky Puy de Dôme je tvořeno trachytem, který zde vytvořil díky vysoké viskozitě magmatu lávovou "kupoli - dóm" (obr. 15), zejména u "paty" sopky pak najdeme hojná trachytová pyroklastika (obr. 23). Tento typ vulkanismu se nazývá peléjský typ erupce, avšak v dnešní době se zahrnuje pod pliniovský typ erupce. Ten je charakteristický střídáním velmi výbušných a klidných období s tím, že se nejprve "ucpe" přívodní dráha magmatem, které ztuhne a je následně díky přetlaku v magmatickém krbu ruku v ruce s nahromaděním energie vymrštěno do okolí. Zmíněný typ erupce je v pásmu sopek Chaine des Puys ve stejné podobě jako je Puy de Dôme zastoupen v menší míře. Většina sopek vulkanického pásma jsou sopky tzv. strombolského typu, kdy se vytvoří sopečné kužely, které mají dobře definované

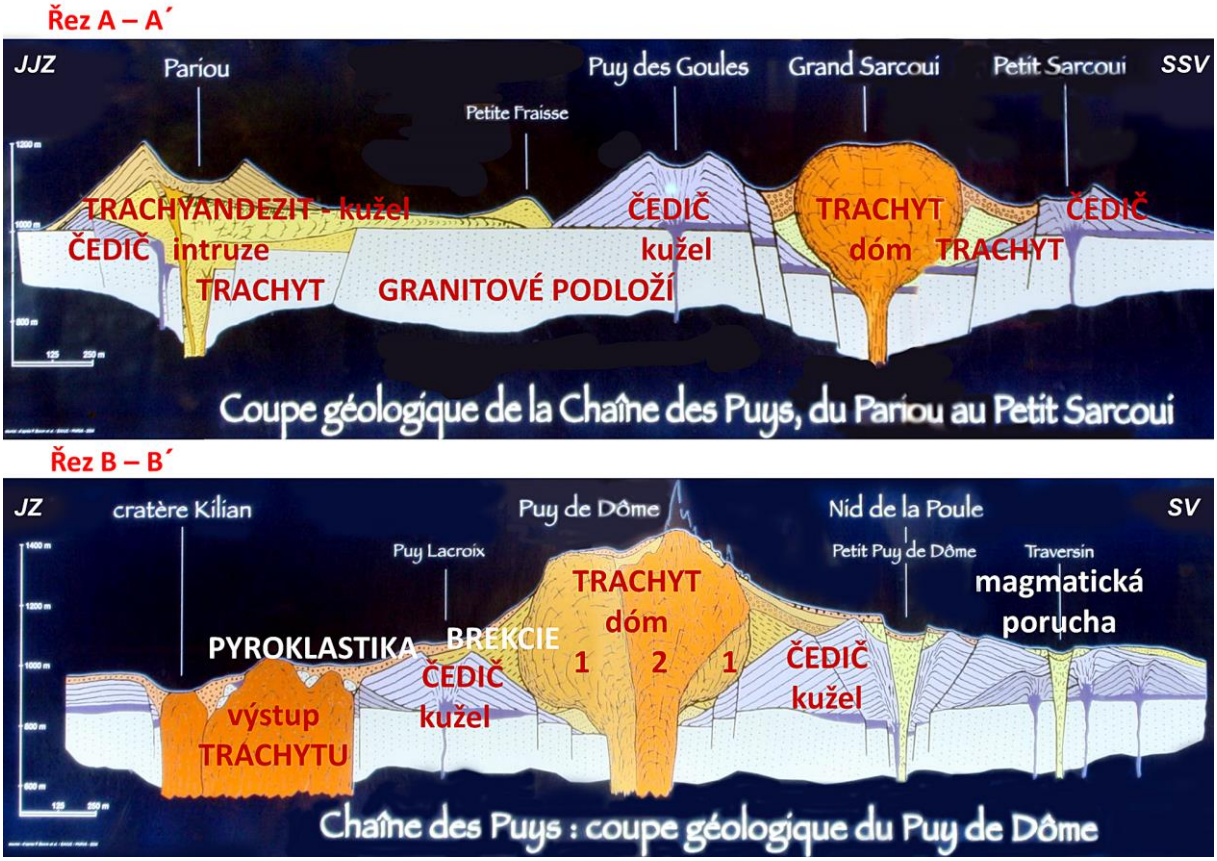
vrcholové krátery a vznikají nepříliš výbušnou činností s periodicky se opakujícími erupcemi sopečných vyvrženin.

Strombolský typ erupce si můžeme z blízka prohlédnout na trachyandezitové sopce Puy Pariou (obr. 18), na kterou se dostaneme po turistické stezce v závěrečné fázi s množstvím schodů (obr. 24). Podél výstupu si můžeme dobře prohlédnout nejen výchozy vlastní horniny, ale i množství pyroklastického materiálu (obr. 24). Po výstupu nás čeká odměna v podobě výhledů nejen do centra kráteru, ale i po okolí (obr. 25 - 26).

Za minimálně jednodenní až dvoudenní návštěvu stojí Volcan de Lemptegy a park Vulcania, do kterých je přístup z jednoho místa. V prvním ze jmenovaných je vytvořena v bývalém lomu naučná stezka s názorným přiblížením vzniku celé vulkanické oblasti pomoci tabulí u jednotlivých instruktivních výchozů přímo v nitru sopky (obr. 27 - 30). Park Vulcania (obr. 31) pak zaujme zejména děti, ale i pro nás to byl nezapomenutelný zážitek. Sice jde zejména o virtuální zážitky, ale tak silné, že už nikdo nemůže zapomenout např. princip vzniku celé vulkanické oblasti a vznik doprovodných vulkanických jevů pomoci 5D projekce, projížďku kráterem sopky, zemětřesné projevy před výbuchem sopky a pod. Jedna návštěva tak v podstatě nahradí celoroční výuku ve škole a navíc se zapíše nesmazatelně do mysli zúčastněných.



Obr. 14 *Schematická geologická mapa pásu sopek "Chaine des Puys", které patří ve "Francouzském středohoří" k těm nejmladším. Jejich stáří se pohybuje v rozmezí 150000 - 3500 let. Řez A - A´ a B - B´ je na obrázku 15. Obrázek upravený podle http://pedagogie.ac-limoges.fr/svt/accueil/sortie_volcans_web/res/chaines_puy_brgm_avec_legendes.jpg.*



Obr. 15 *Schematické geologické řezy A - A´ a B - B´ z obrázku 14. Upraveno podle fotografie pořízené v parku Vulcania (cca 25 km z. od Clermond Ferandu) v květnu 2013.*

Obr. 16 *Clermont Ferrand na obzoru s Puy de Dôme (trachyt).*
Obr. 17 *Naučný okruh na vrcholu sopky Puy de Dôme s nadmořskou výškou 1442 m.*

Obr. 18 *Řetěz sopek na sever od Puy de Dôme. Detailnější pohled na pravém obrázku zachycuje vpravo uprostřed Puy Pariou (trachyandezit), za ním vpravo Puy des Goules (čedič) a vzadu na obzoru Grand Sarcouy (trachyt), uprostřed je Puy de Chaumont (čedič) a vlevo Puy Chopine (trachyt).*

Obr. 19 *Pohled z Puy de Dôme na sz. na nižší Grant Suchet (trachybazalt) vpravo vpředu a vyšší Pyu de Côme (trachyandezit) vlevo vzadu.*
Obr. 20 *Pohled z Puy de Dôme na sv. na Petit Puy de Dôme (trachybazalt). Pyroklastika trachybazaltu snadno podléhají půdním sesuvům a povrch sopky se tak soustavně snižuje a zarovnává.*

Obr. 21 *Výchoz trachytu u vrcholu Puy de Dôme (vlevo) a pohled ze stejného místa na řetěz sopek jižně od Puy de Dôme v řadě od předu do zadu - Puy Monchier (čedič), Puy de Laschamp (trachybazalt) a Puy Pelay (trachybazalt).*

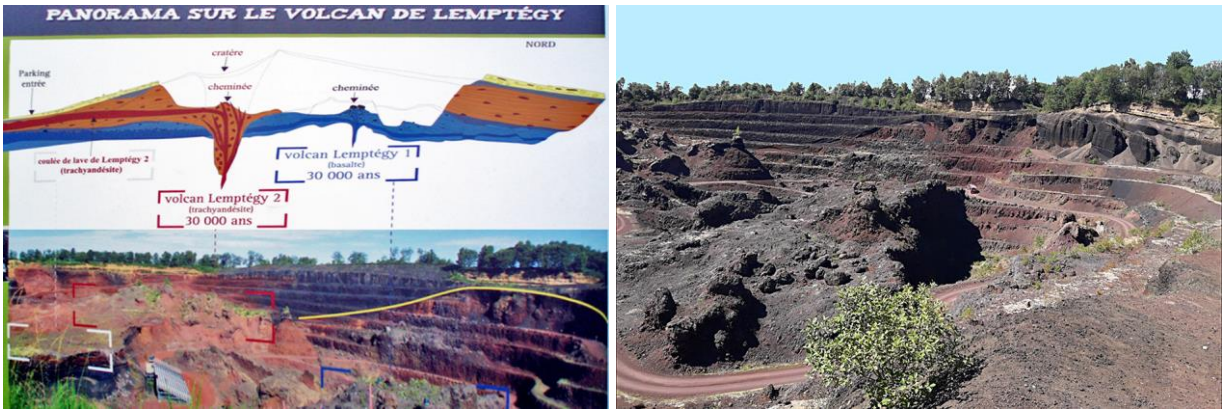
Obr. 22 *Na vrcholu Puy de Dôme najdeme pozůstatky Galského chrámu z 2. stol. n. l., který byl věnován bohu Merkurovi.*
Obr. 23 *Pyroklastika trachytu na Puy de Dôme.*

Obr. 24 *Výstup na Puy Pariou a výchozy trachyandezitu s pyroklastiky při cestě.*

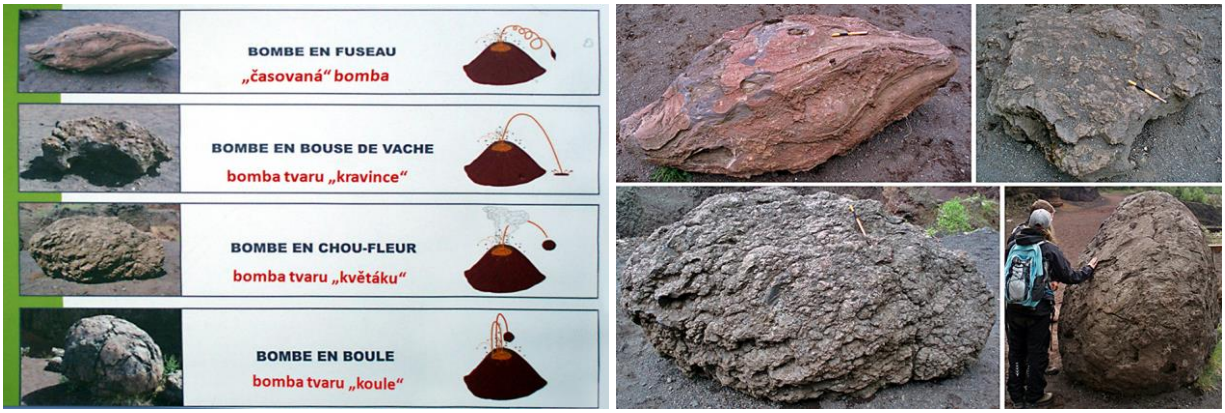
Obr. 25 *Kráter sopky Puy Pariou. Na levém obrázku je vpravo nahoře na obzoru vidět špička Puy de Dôme.*

Obr. 26 *Výhled z okraje kráteru sopky Puy Pariou na Puy de Dôme (obr. vlevo) a Puy des Goules (obr. vpravo).*

Obr. 27 *Volcan de Lemptegy - https://www.google.com/maps/.... autor Maxime Drouault 2009.*



Obr. 28 *Volcan de Lemptegy - https://www.google.com/maps/.... autorka Michael Gav 2017.*



Obr. 29 *Prezentace vulkanických bomb různých tvarů a velikostí v parku Puy de Lemptégy. Foto R. Malíková*

Obr. 30 *Prezentace výchozu se zastoupením vulkanoklastik různého původu v parku Puy de Lemptégy. Foto R. Malíková.*

Obr. 31 *Park Vulcania prezentuje velmi intuitivně a mnoha názornými způsoby vulkanismus v oblasti "Chaine des Puys". Vstup do parku je obehnaný vysokou zdí postavenou z různých typů vulkanických hornin vyskytujících se v oblasti "Francouzského středohoří".*

Závěr

Centrální masív není "Francouzské středohoří" a "Francouzské středohoří" není Centrální masív. Tento fakt uvádím ne bez důvodu znovu a zdvojeně. Pokud se podívám na web, tak zde najdu stále se opakující a opisovanou chybnou informaci, která oba výše uvedené pojmy slučuje. Je to stejná chyba, jako kdybychom slučovali Český masív a České středohoří.

Vulkanická třetihorní provincie, "Francouzské středohoří", vznikla nejen v souvislosti s tektonickými pohyby spojenými s Alpskou orogenezí, kdy sopečná činnost navázala na vznik kontinentálního riftového pásma, ale evidentní je i vztah vulkanismu k horké skvrně. To dokládá i stáří jednotlivých vulkanických center, které koresponduje s linií jih → sever ~ starší → mladý vulkanismus. Přitom docházelo k pohybu kontinentální desky nad horkou skvrnou od severu k jihu, což dokládá přibližování euroasijské a africké desky. Do jaké míry však zasáhla do vzniku vulkanického komplexu horká skvrna a do jaké míry riftová tektonika je otázkou dalšího výzkumu.

Tak jako ostatně v každé oblasti kdekoliv na světě se podílí i ve "Francouzském středohoří" hlavní vyskytující se vulkanické horniny na stavbách v městech a obcích. Kamenná zeď vystavěná u vstupu do parku Vulcania prezentuje všechny typy vulkanických hornin v oblasti (obr. 31). Stačí mít ale otevřené oči a pestrou škálu hornin můžeme vidět nejen v Clermont-Ferrandu (obr. 32), ale i v dalších místech, kde jsou vulkanické horniny hlavním stavebním kamenem. Použití těchto hornin, i když pouze v malé míře, je vidět i v kolekcích kamenných artefaktů z pravěku, deponovaných v muzeích.

"Francouzské středohoří" je v podstatě mohutnějším "bráchou" našeho Českého středohoří (obr. 33, 34), které vzniklo ve stejné geologické době a za stejných geologických podmínek (obr. 1) (ovšem patrně bez přispění horké skvrny). Mnozí často vůbec netuší, když projíždějí krajinou Českého středohoří, na co se dívají. Možností pozorovat krajinu kolem vidoucíma očima ale i u nás v poslední době naštěstí přibývá. Vznikla řada venkovních geoparků, které vývoj krajiny včetně případných ukázek nejen hornin a minerálů, ale i dalších přírodnin přibližují.

Obr. 32 *Horniny pocházející z lomů založených ve vulkanických horninách "Francouzského středohoří" jsou základním stavebním kamenem pro většinu staveb i ozdobných doplňků nejen v Clermont-Ferrandu (C-F), ale i v dalších městech a obcích. Obrázek vlevo - katedrála (C-F); obrázek vpravo - kašny (C-F).*

Obr. 33 *Výhled z Radobýlu západně přes Lovosice, Malé a Velké Žernoseky na České středohoří (zleva do prava: Sutomský vrch, Boreč, Lovoš, Kybička, Milešovka, Kletečná).*

Obr. 34 *České středohoří - sloupcovitá odlučnost čedičového Radobýlu, použití čediče na chodníky v Terezíně.*

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019-2023/1.III.a, 00023272).

Literatura

Brousse R., Bellon H. (1983): Réflexions chronologiyues et pétrologiyues sur le volcanism associé au developpement des rifts de France. Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Ayuitaine, 7(1), 409-424.

Nehlig P., Boivin P., de Goër A., Mergoil J., Prouteau G., Sustrac G., Thiéblemont D. (2003) Les volcans du Massif central. Revue Géologues, Numéro spécial Massif central, 1-41. BRGM. (http://www.laveissiere.fr/userfile/brochures_revues/les_volcans_du_macif_central.pdf)

Lardeaux J.M., Schulmann K., Faure M., Janoušek V., Lexa O., Skrzypek E., Edel J.B., Štípská P. (2014) The Moldanubian Zone in the French Massif Central, Vosges/Schwarzwald and Bohemian Massif revisited: differences and similarities. Geological Society, London, Special Publications, 405, 7-44. https://doi.org/10.1144/SP405.14

Neobvyklé zemětřesení ML=3.5 u Hlučína 10.12.2017

Jan Zedník
Geofyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha 4 – Spořilov

Prezentace

Great American Eclipse

Radovan Mrllák, Marcel Bělík
Hvězdárna v Úpici

Abstrakt:

Příspěvek krátce popisuje historii pozorování zatmění Slunce obecně i historii pozorování zatmění Slunce na Hvězdárně v Úpici. Hlavní pozornost je věnována poslední úpické expedici za zatměním Slunce do USA 21. 8. 2017 a první výsledky z ní.

Prezentace

Solar eclipse and its effects in the ionosphere

Petra Koucká Knížová, Daniel Kouba, Zbyšek Mošna, Kateřina Potužníková

Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences
Boční II/1401, 141 31, Czech Republic

Terrestrial atmosphere shows a high variability over a broad range of periodicities, which mostly consists of wave-like perturbations characterized by various spatial and temporal scales. The interest for short time variability in ionospheric attributes is related to the role that ionosphere plays in the Earth's environment and space weather. Acoustic-gravity waves (AGWs), waves in the period range from sub-seconds to several hours, are sources of most of the short-time ionospheric variability and play an important role in the dynamics and energetics of atmosphere and ionosphere systems. During solar eclipse, the lunar shadow creates a cool spot in the atmosphere that sweeps at supersonic speed across the Earth's atmosphere. The atmosphere strongly responds to the decrease in ionization flux and heating. The very sharp border between sunlit and eclipsed region, characterized by strong gradients in temperature and ionization flux, moves throughout the atmosphere and drives it into a non-equilibrium state. Acoustic-gravity waves contribute to the return to equilibrium. At thermospheric heights, the reduction in temperature causes a decrease in pressure over the totality footprint to which the neutral winds respond. Thermal cooling and downward transport of gases lead to neutral composition changes in the thermosphere that have significant influence on the resulting electron density distribution. Although the mechanisms are not well understood, experimental studies show direct evidence that solar eclipses induce wave-like oscillations in the acoustic-gravity wave domain. The presentation focuses mainly on the ground-based observations collected performed in Pruhonice observatory.

Prezentace

Montessori vzdělávací systém z pohledu rodiče

Alžběta Tichá
Montessori sdružení, Praha

prezentace

Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí

Sborník referátů ze semináře konaného v České Skalici
ve dnech 22. – 24. 5. 2018

Vydala Hvězdárna v Úpici v květnu 2019
Náklad 50 ks na digitálním nosiči
Odpovědný redaktor Marcel Bělík
K vydání připravila Jana Müllerová