

Pokroky ve výzkumu meziplanetární
hmoty a rozvoj spolupráce
Staré Hamry – hotel Charbulák
23.5.2015



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



FOND MIKROPROJEKTŮ

VIDEOPOZOROVÁNÍ METEORICKÝCH ROJŮ

Jakub Koukal

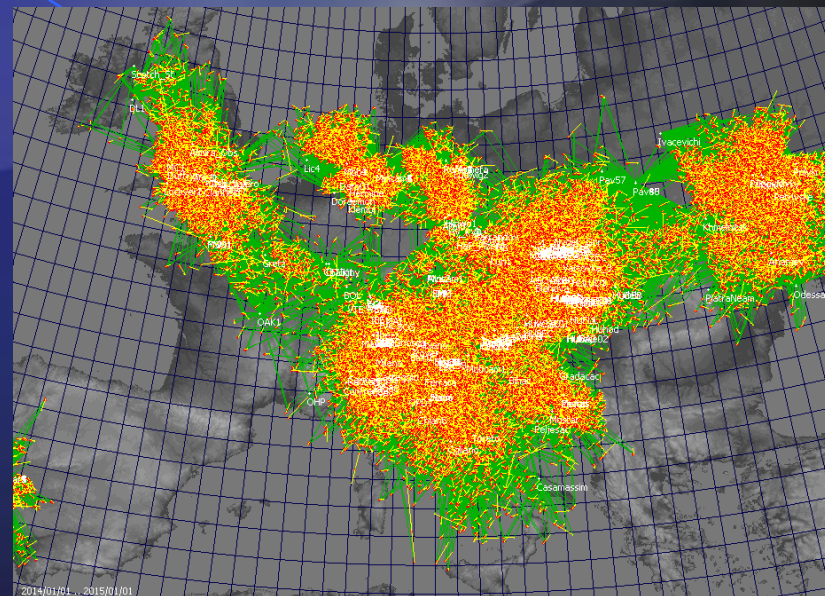
Společnost pro MeziPlanetární Hmotu
Hvězdárna Valašské Meziříčí, p.o.



VIDEOPOZOROVÁNÍ METEORICKÝCH ROJŮ



NFC (Narrow
Field Camera)



VMSPEC (Valasske Mezirici
SPECTrograph)



EDMOND (European
viDeo MeteOr Network
Database)

AUTOMATICKÁ STANICE



První přenosná instalace stanice (2010)



Pevné stanice s automatickým provozem

Kroměříž (2011, nahoře)

Stanice ČHMÚ Maruška (2012, dole)



CCTV KAMERY

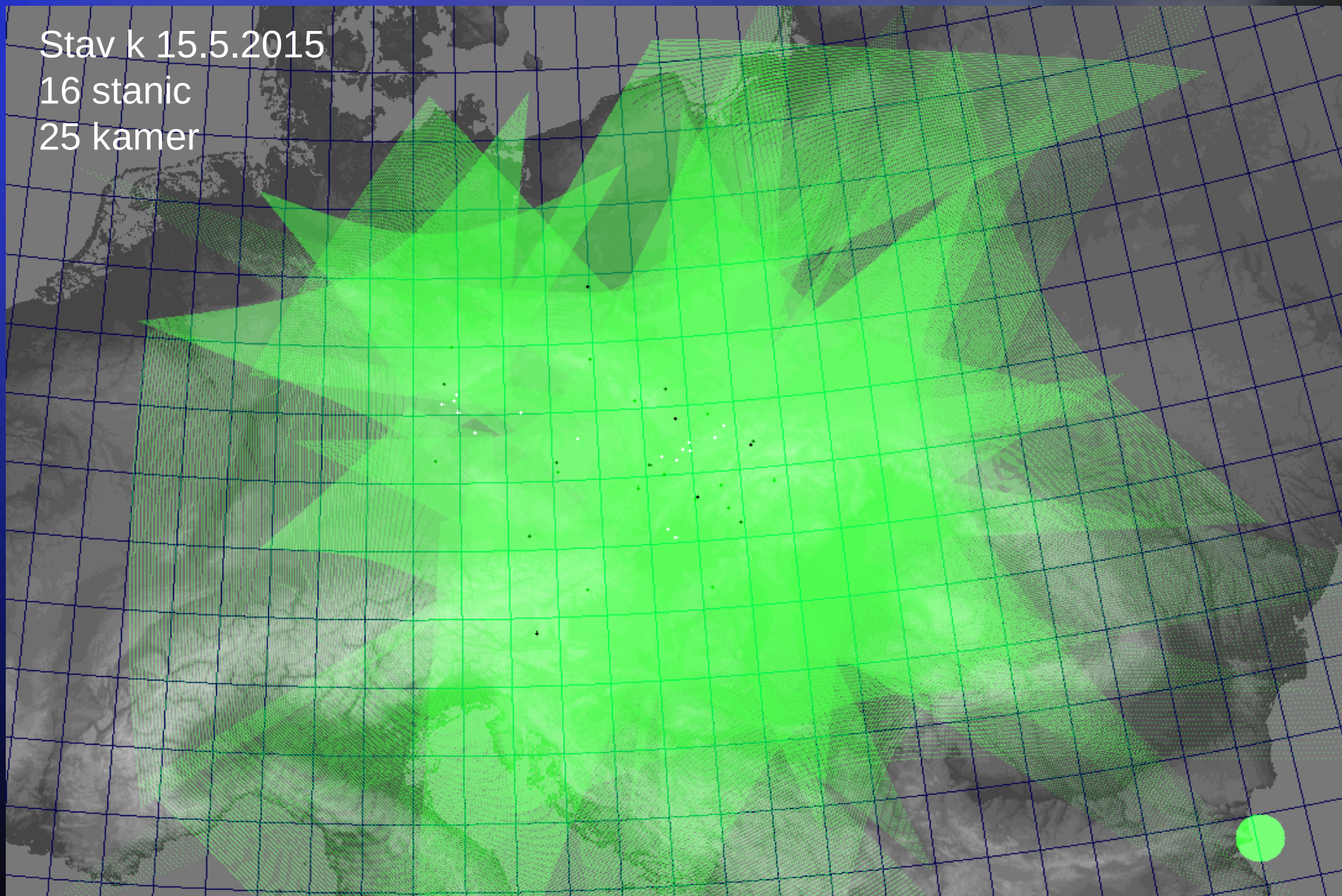
Specifikace používaných kamer			
Typ, název	Watec 902 H2 Ultimate	KPF 131 HR	VE 6047 EF
Senzor	1/2" Sony Ex-View HAD	1/3" Sony Super HAD II	1/3" Sony Super HAD CCD 960 H
Rozlišení (px)	752 x 582	582 x 500	960 x 582
Rozlišení (TVL)	570	500	700
Citlivost	0,0001 lx (F=1,4)	0,002 lx (ČB, F=1,2)	0,001 lx (ČB, F=1,2)
OSD menu	ne	ano	ano
S/N	> 50 dB	> 50 dB	> 50 dB
Gamma	HI, LO, Off (0,35-0,45-1)	Plynule nastavitelná (0,05-1)	Plynule nastavitelná (0,05-1)
AGC	HI, LO	HI, MED, LO, OFF	OFF (0), LO (6-12-18), MED (24-30-36), HI (42)

CEMeNt

Stav k 15.5.2015

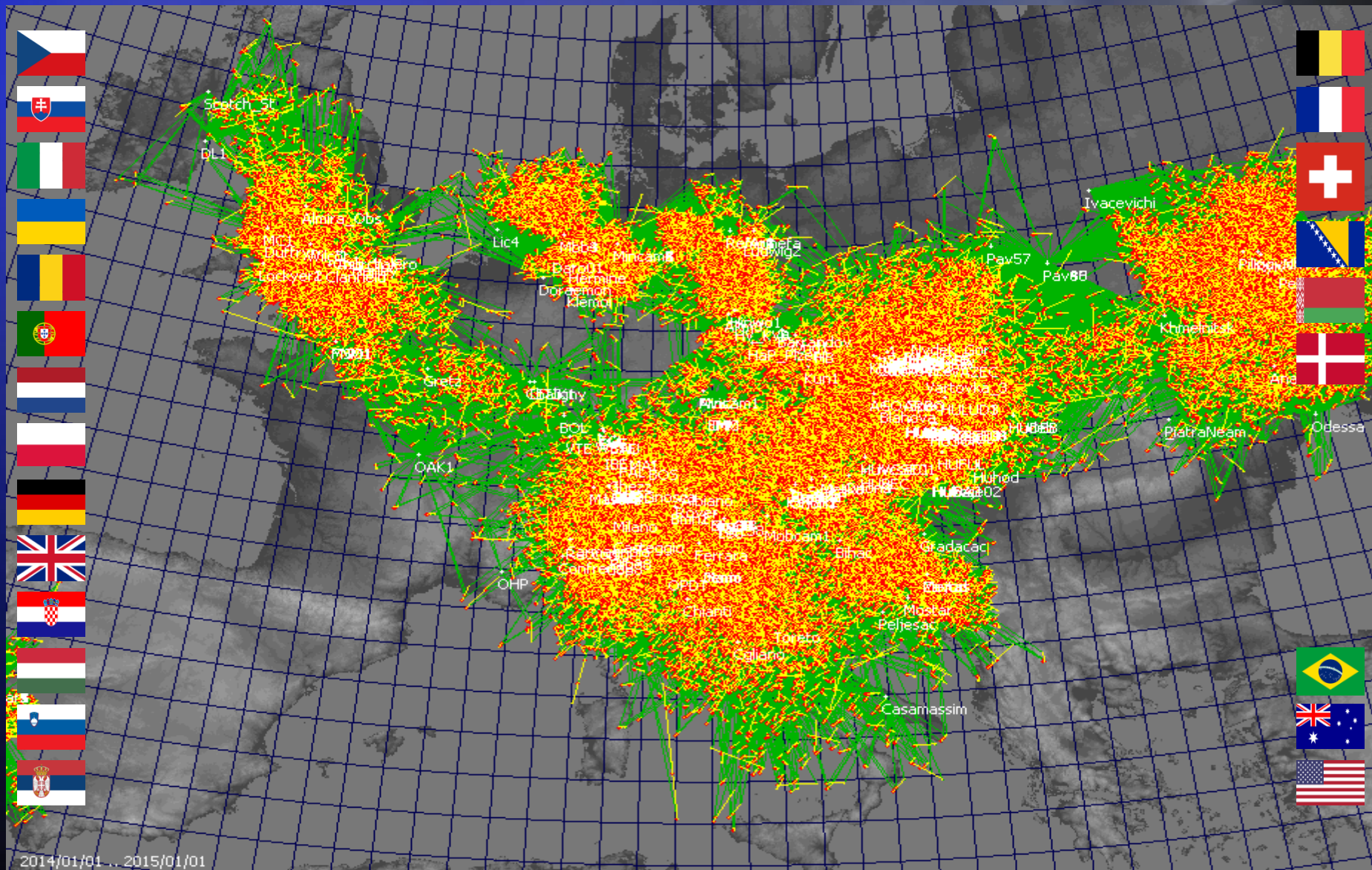
16 stanic

25 kamer



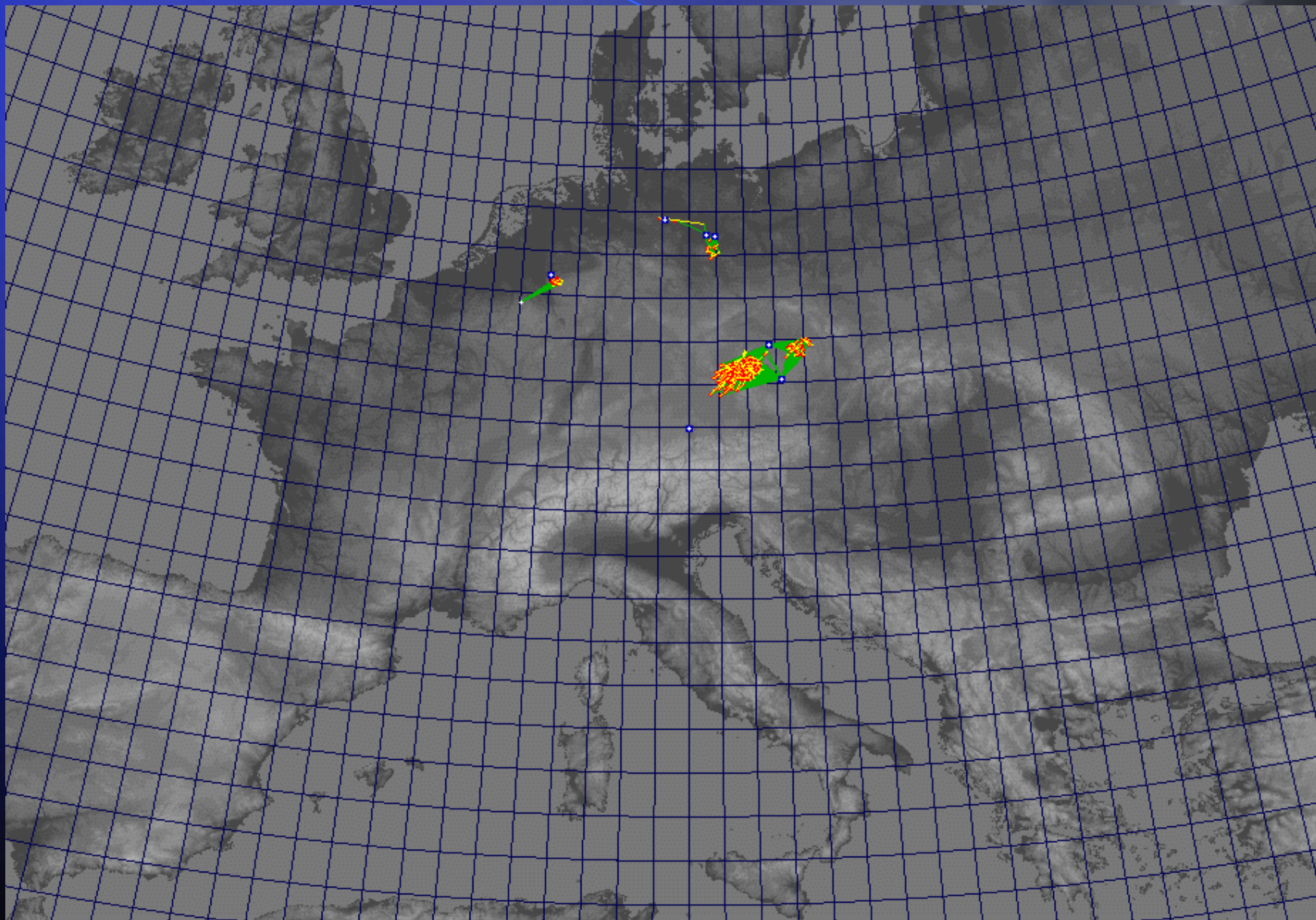
EDMOND

GROUNDMAP 01.2014 – 12.2014



EDMOND

GROUNDMAP 2001-2014



EDMOND

v5.02 (revize 04/2015) – IAU MDC katalog J8

UFO Orbit - parametry

ΔT	<	5.0 sec	rozdíl v časech mezi jednotlivými stanicemi
dur	>	0.1 sec	trvání meteoru
Gm%	>	-100%	překrytí atmosférické dráhy meteoru mezi stanicemi
H1	>	15 km	počáteční výška
	<	200 km	
H2	<	200 km	koncová výška
Q_A	>	0.15	kvalitativní parametr (Sonotaco)
ΔV	<	7 km*s ⁻¹	rozdíl mezi geocentrickými rychlostmi z jednotlivých stanic

Redukční kritéria (*)

Q_O	>	1.0 deg	úhlová délka pozorované dráhy meteoru
Q_C	>	10 deg	konvergenční úhel mezi stanicemi
ΔGP	<	0.5 deg	úhel mezi rovinami pozorovaných drah z jednotlivých stanic
$\Delta v_{12\%}$	<	7.07 %	rozdíl mezi unifikovanou geocentrickou rychlostí a dílčími geocentrickými rychlostmi z jednotlivých stanic

(*) aplikováno na všechny dílčí dráhy z jednotlivých stanic

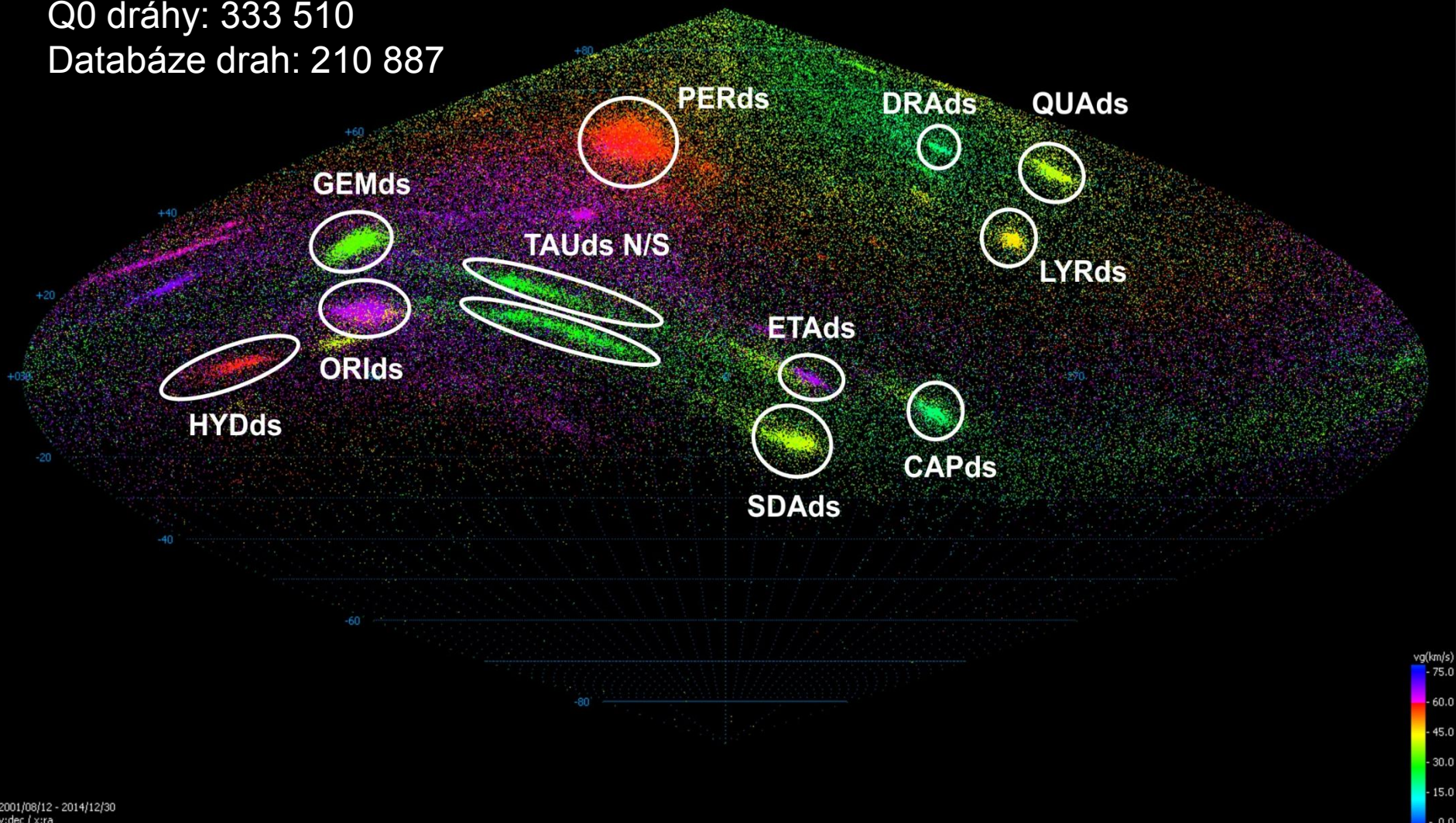
EDMOND

Radianty 2001-2014 (rovníkové souřadnice)

Single meteor: 3 060 250

Q0 dráhy: 333 510

Databáze drah: 210 887



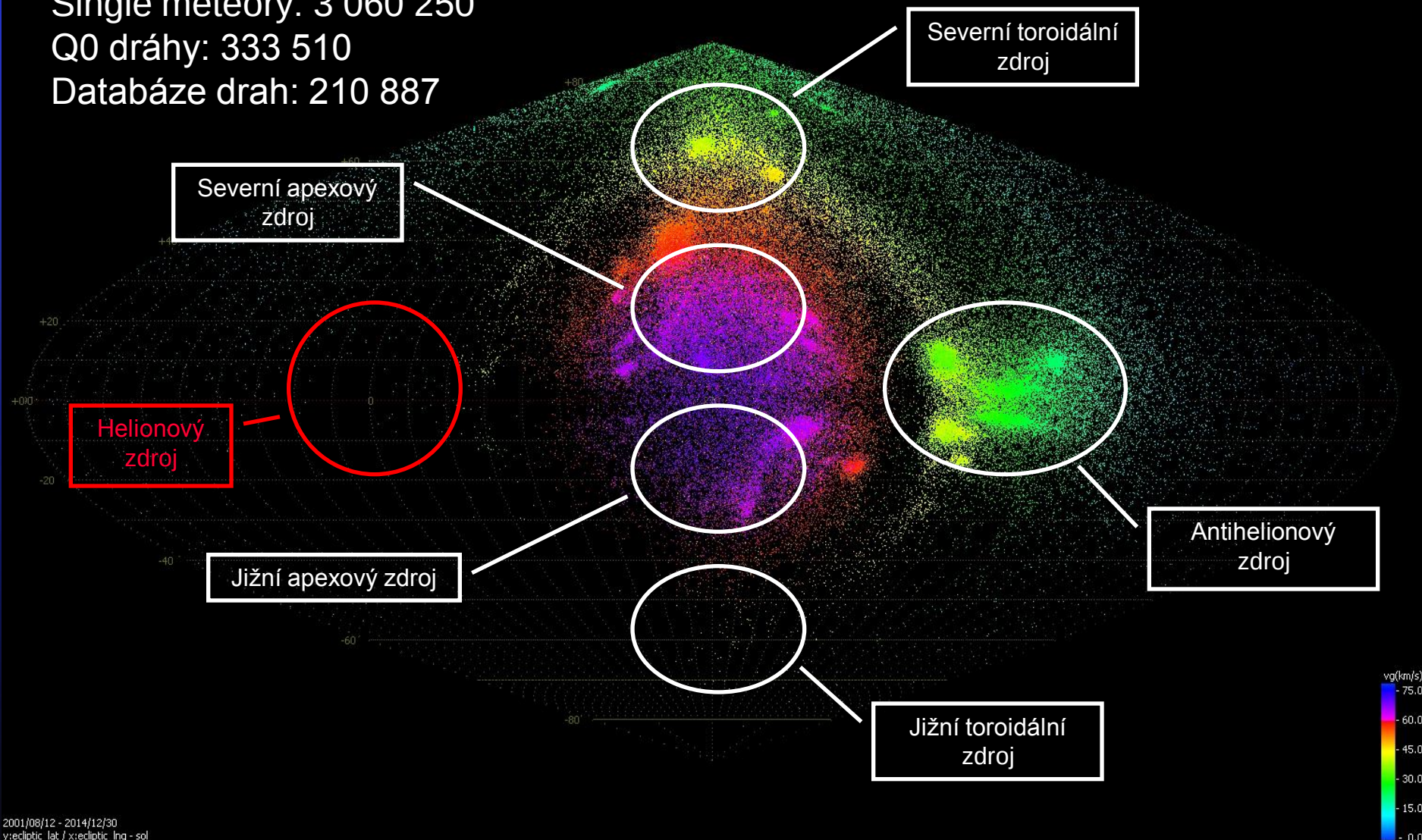
EDMOND

Radianty 2001-2014 (ekliptikální souřadnice)

Single meteory: 3 060 250

Q0 dráhy: 333 510

Databáze drah: 210 887



BRAMON

Stav k 28.2.2015

31 stanic

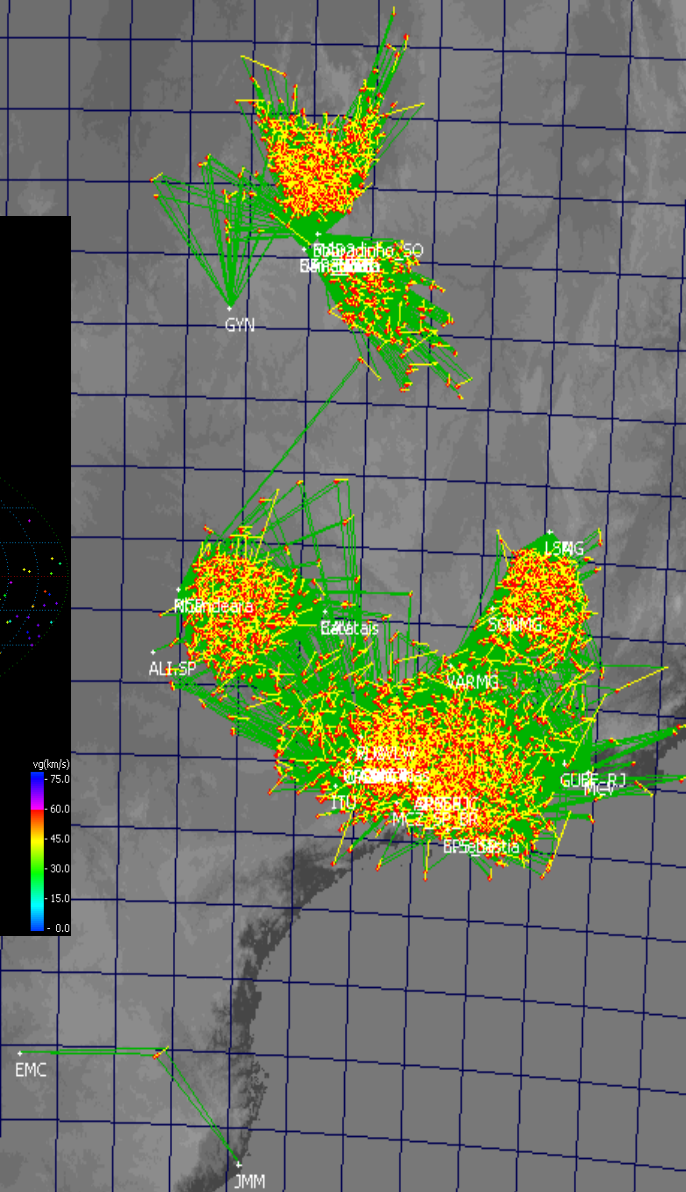
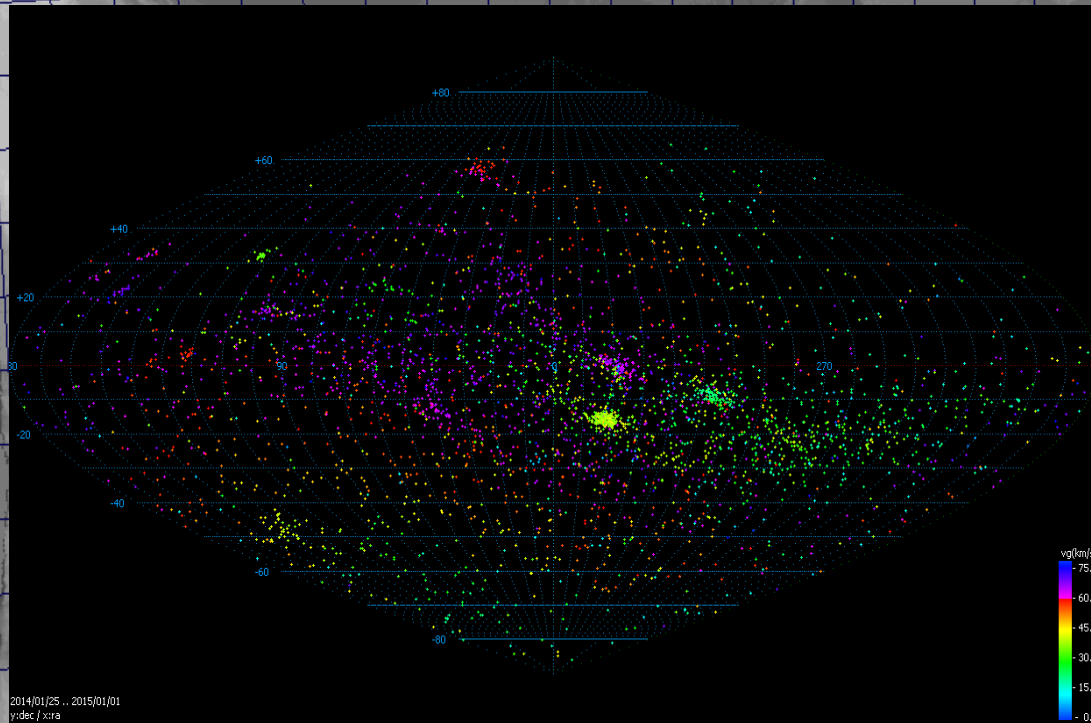
35 kamer



BRAMON 2014

Single meteory: 24 411

Q0 dráhy: 3 381



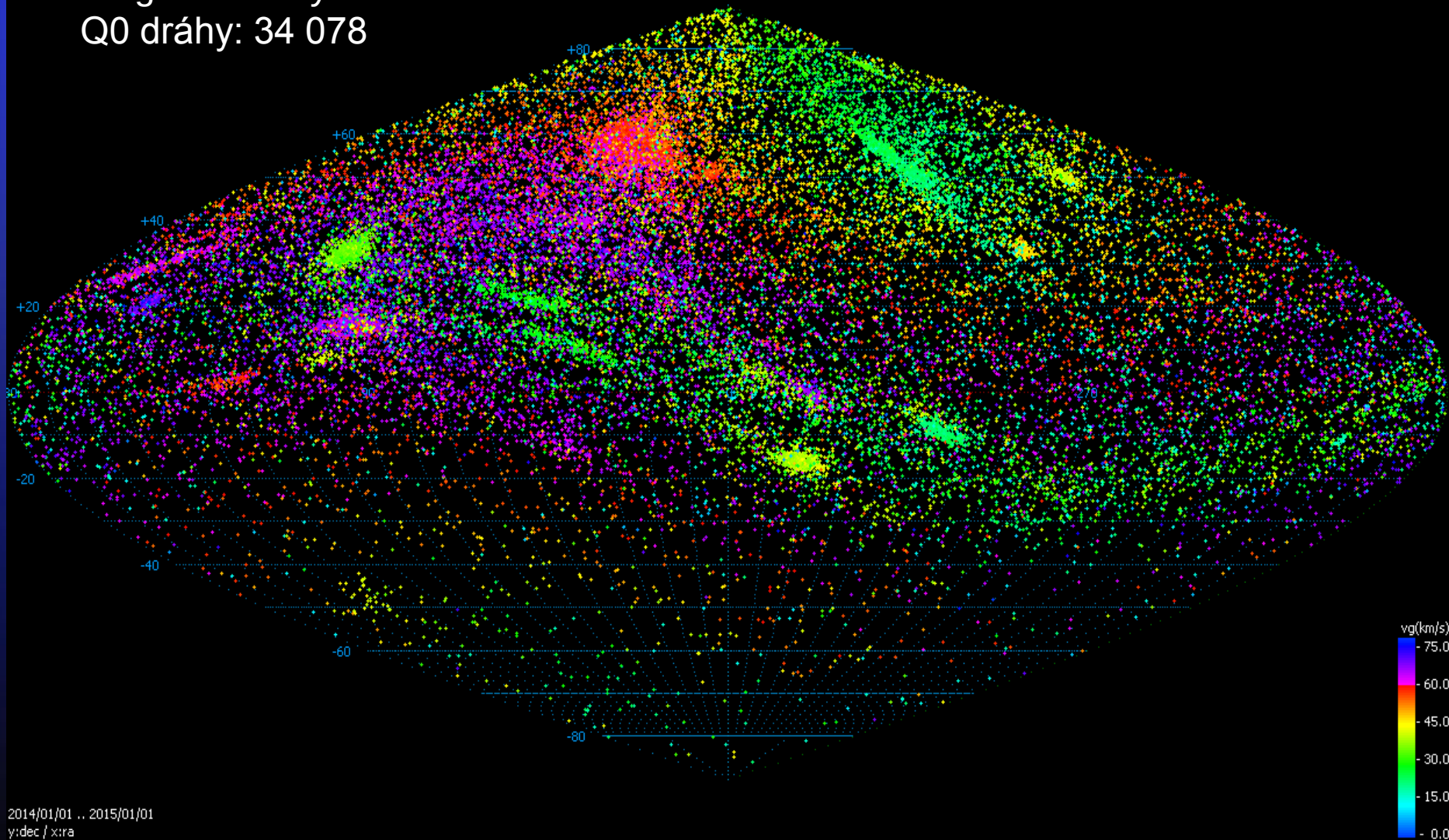
2014/01/25 ~ 2015/01/01

EDMOND + BRAMON

Radianty 2014 (rovníkové souřadnice)

Single meteory: 226 577

Q0 dráhy: 34 078



EDMOND

v5.02 (revize 01/2015) – výsledky

Select Condition
stream WK_PER

Selected Orbits
M/D 08/04 .. 08/20
sol 131.4 .. 146.8
(-8.0) (+7.3)

	Avr	Sd
sol	139.5	2.2 08/12
ra	47.3	3.4
dec	57.8	1.2
vq	58.7	0.8
a	10.6	
q	0.9	
e	0.9	
node	139.4	
peri	149.7	
incl	112.9	
D'	0.03	

dra	1.2
ddec	0.3
sR	1.8
mR	1.3

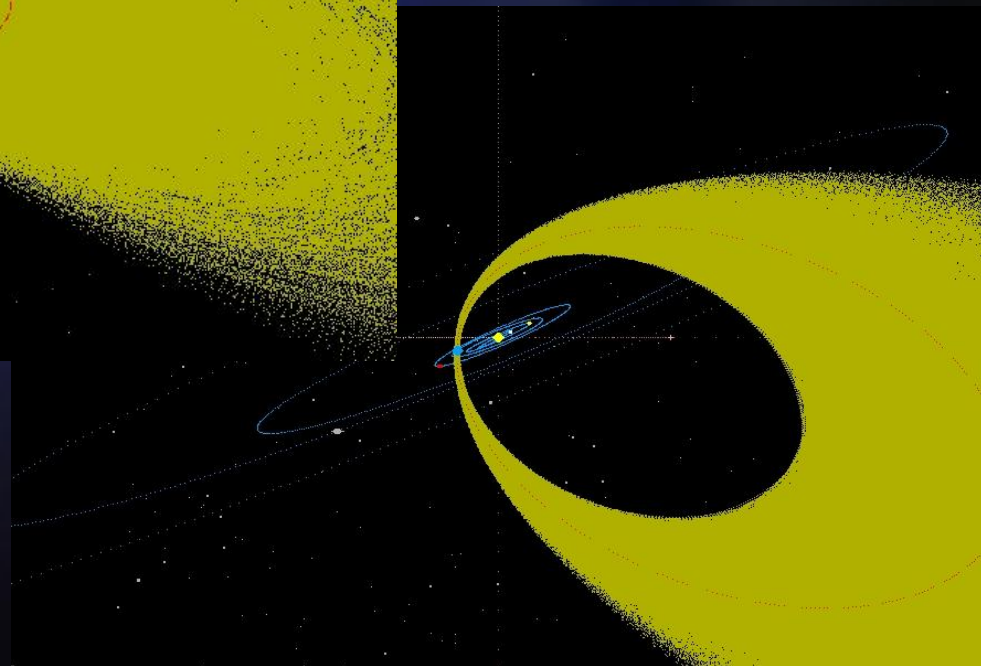
8670 / 168539 orbits

PERSEIDS

$D' < 0.17$

Dráhy: 8 670

Avr D' : 0.03



EDMOND

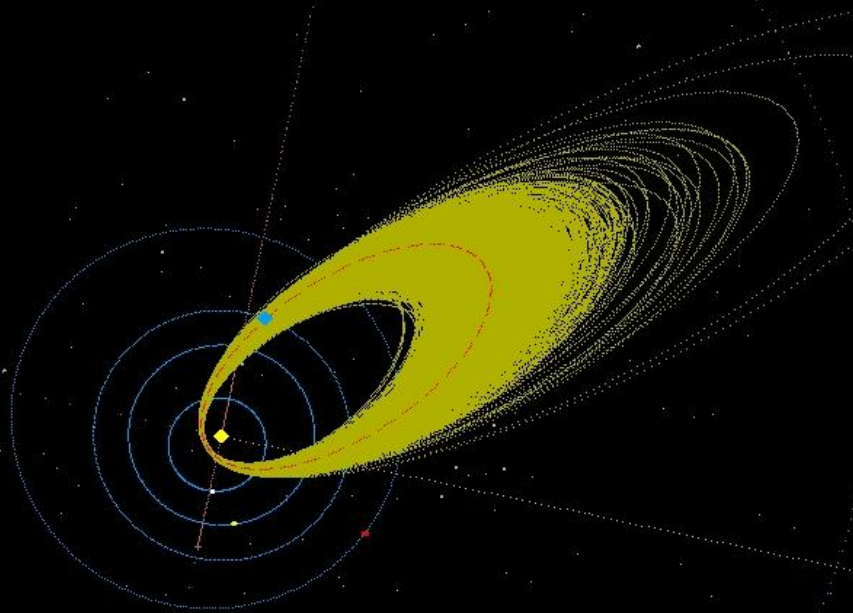
v5.02 (revize 01/2015) – výsledky

Select Condition
stream WK_GEM

Selected Orbits
M/D 12/03 .. 12/18
sol 251.0 .. 266.5
(-10.3) (+5.3)

	Avr	Sd
sol	261.3	1.5 12/13
ra	112.8	1.7
dec	32.4	0.8
vq	33.4	1.0
a	1.3	
q	0.1	
e	0.9	
node	261.3	
peri	324.3	
incl	22.4	
D'	0.02	

dra 1.0
ddec -0.2
sR 1.3
mR 0.9
6167 / 168539 orbits



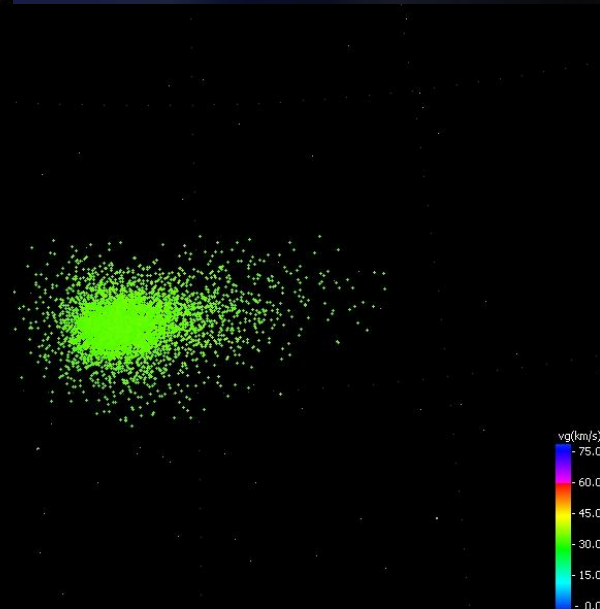
GEMINIDS

$D' < 0.17$

Dráhy: 6 167

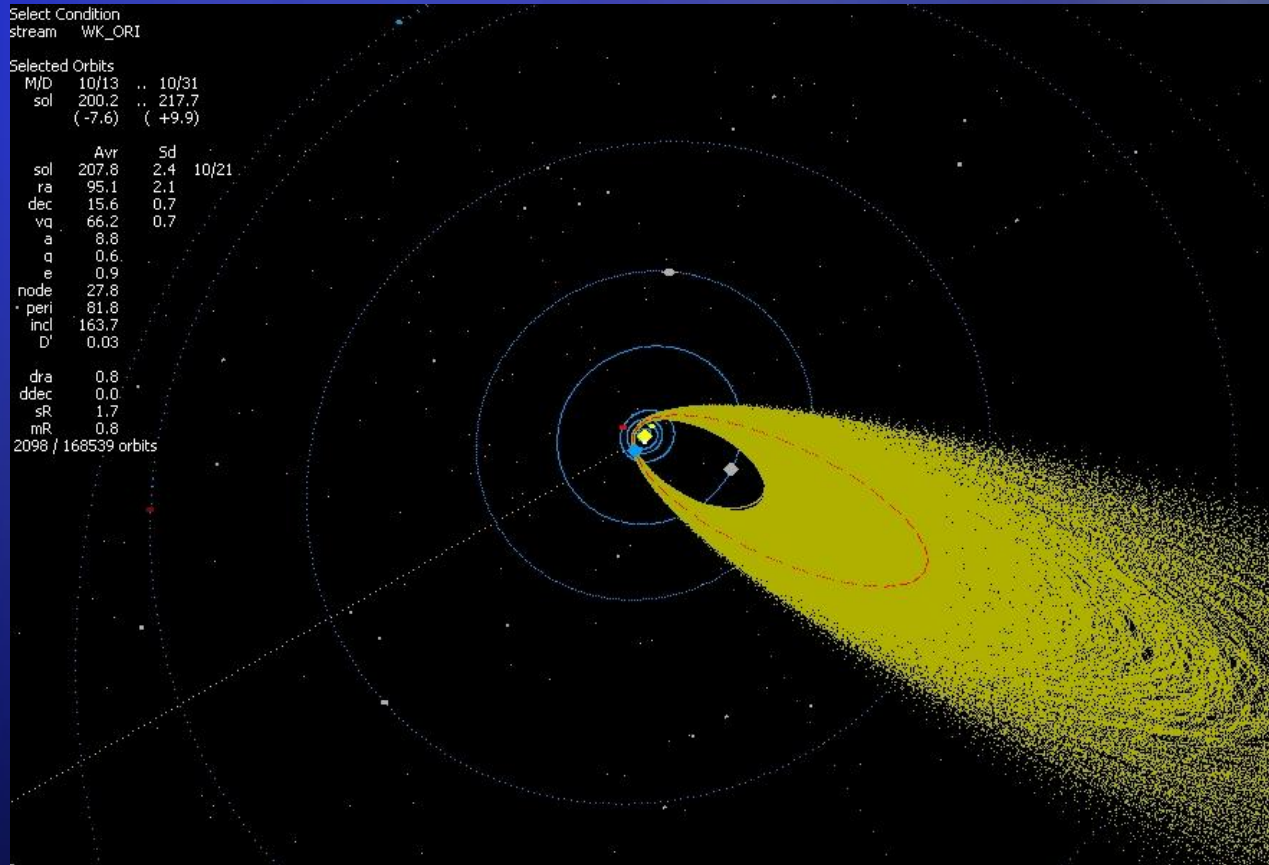
Avr D' : 0.02

2001/12/13 - 2014/12/13
y:dec / x:ra



EDMOND

v5.02 (revize 01/2015) – výsledky

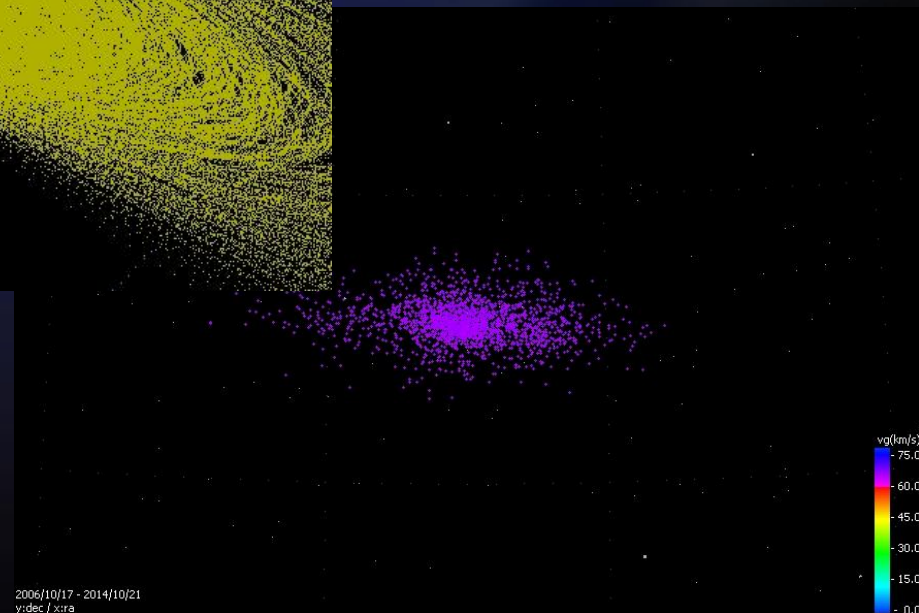


ORIONIDS

$D' < 0.17$

Dráhy: 2 098

Avr D' : 0.03



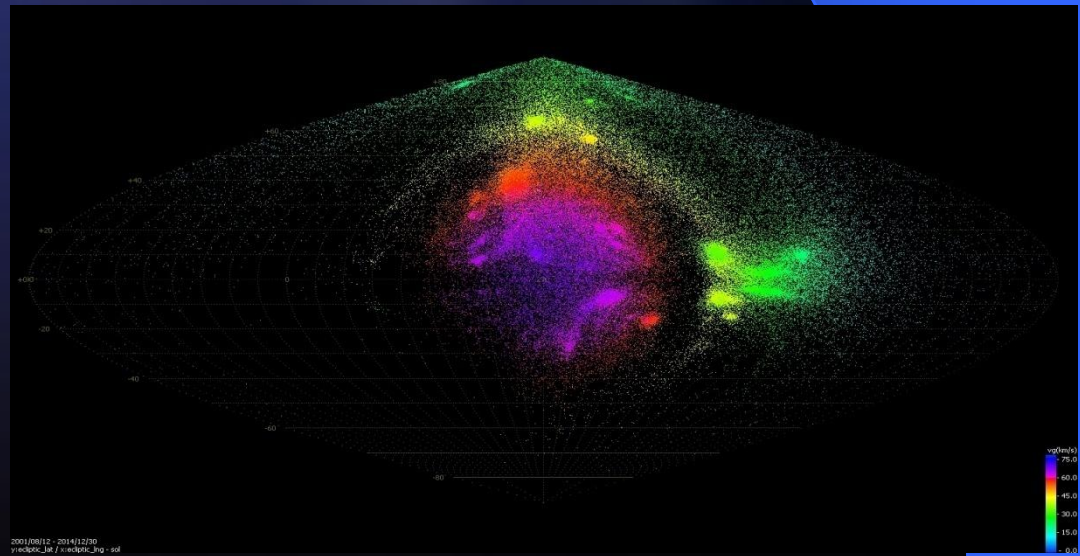
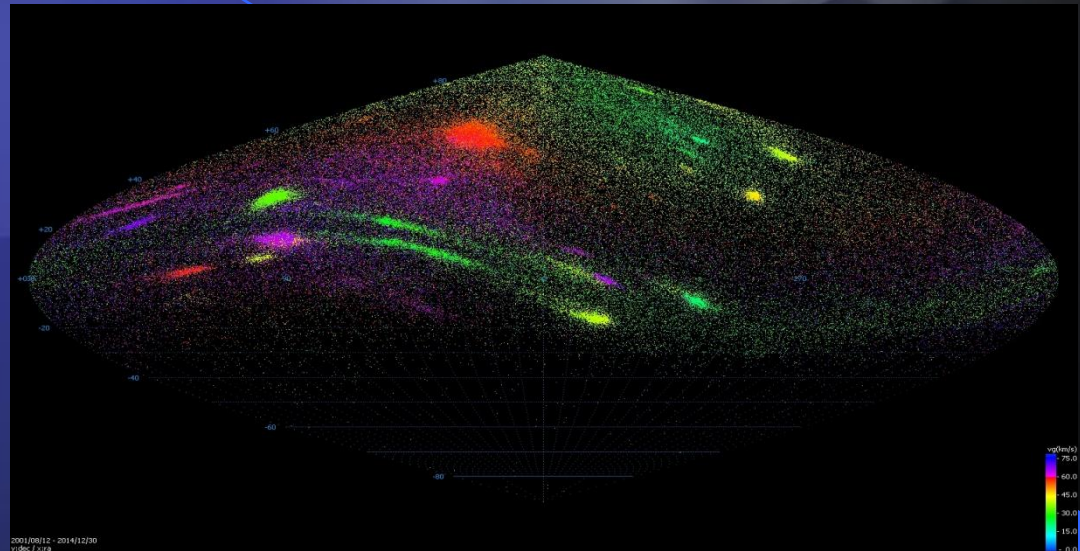
2006/10/17 - 2014/10/21
y:dec / x:ra

vq(km/s)
75.0
60.0
45.0
30.0
15.0
0.0

EDMOND

v5.02 (revize 01/2015) – IAU MDC katalog J8

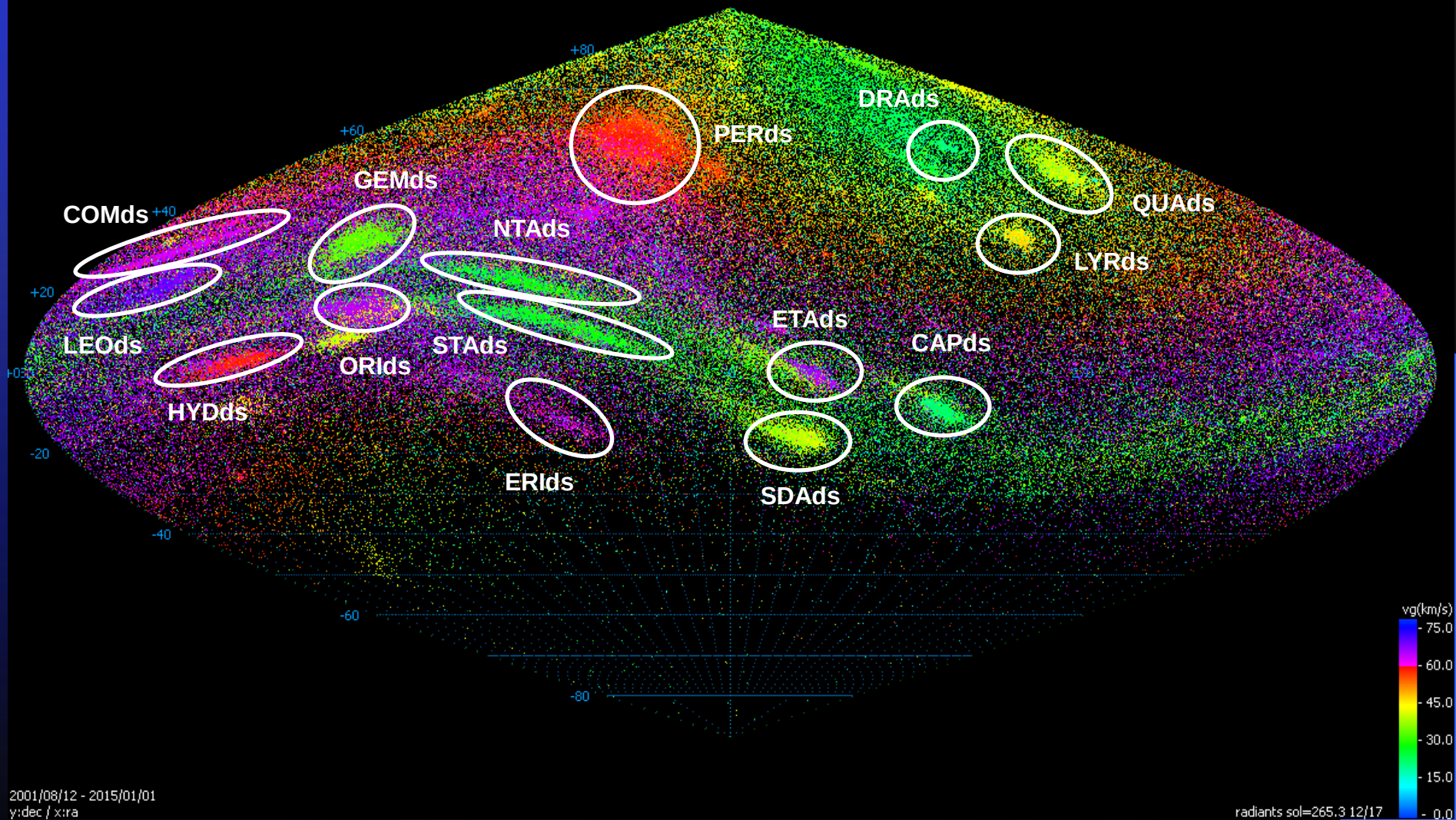
Rok	v5.02
2001	266
2002	79
2003	131
2004	36
2005	91
2006	618
2007	2 521
2008	5 974
2009	9 111
2010	21 754
2011	41 309
2012	38 922
2013	45 681
2014	44 394
Celkem	210 887



EDMOND + SONOTACO

Radianty 2001-2014 (rovníkové souřadnice)

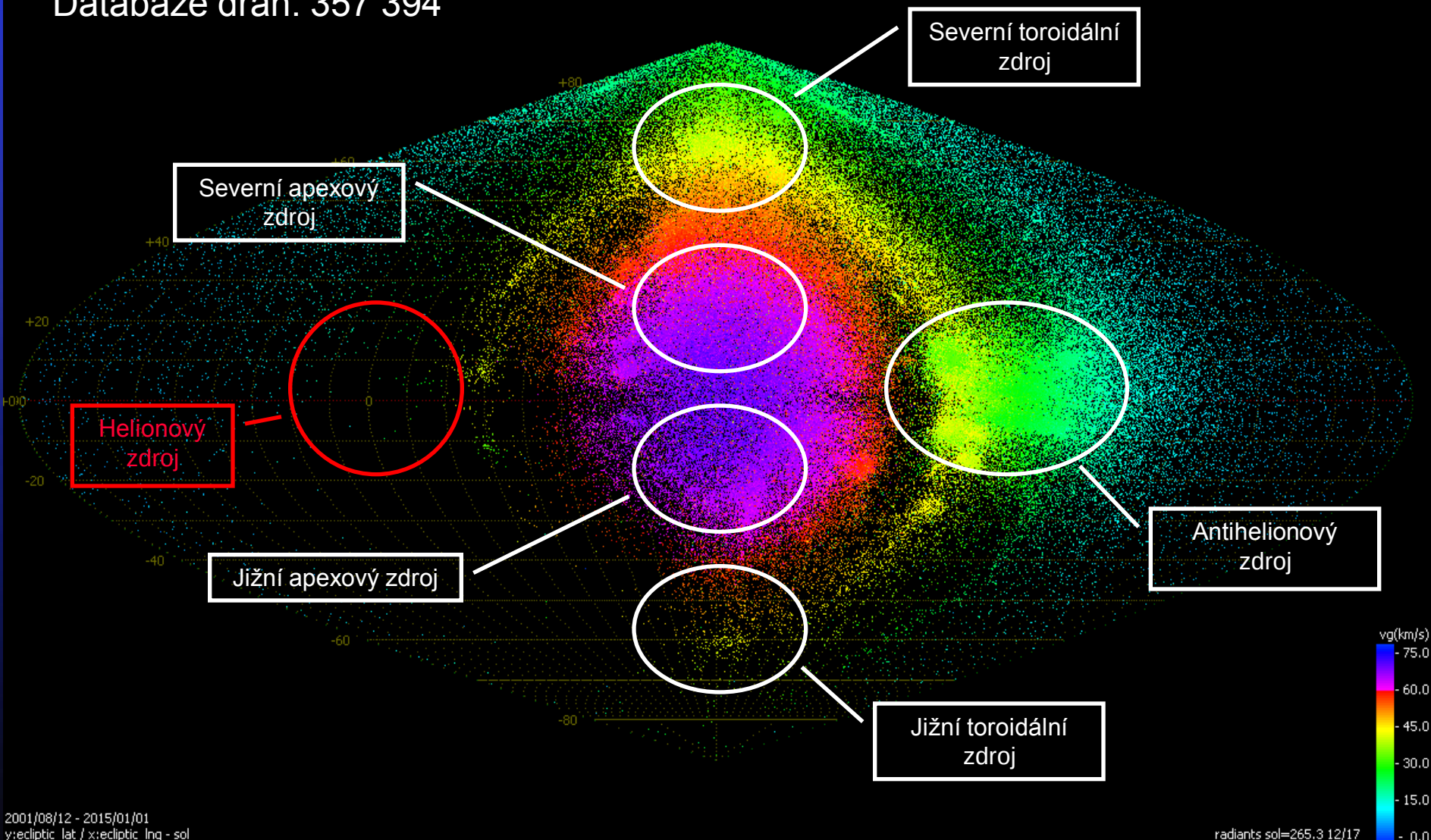
Databáze drah: 357 394



EDMOND + SONOTACO

Radianty 2001-2014 (ekliptikální souřadnice)

Databáze drah: 357 394



EARTHGRAZER

20131229_021619 – atmosférická dráha

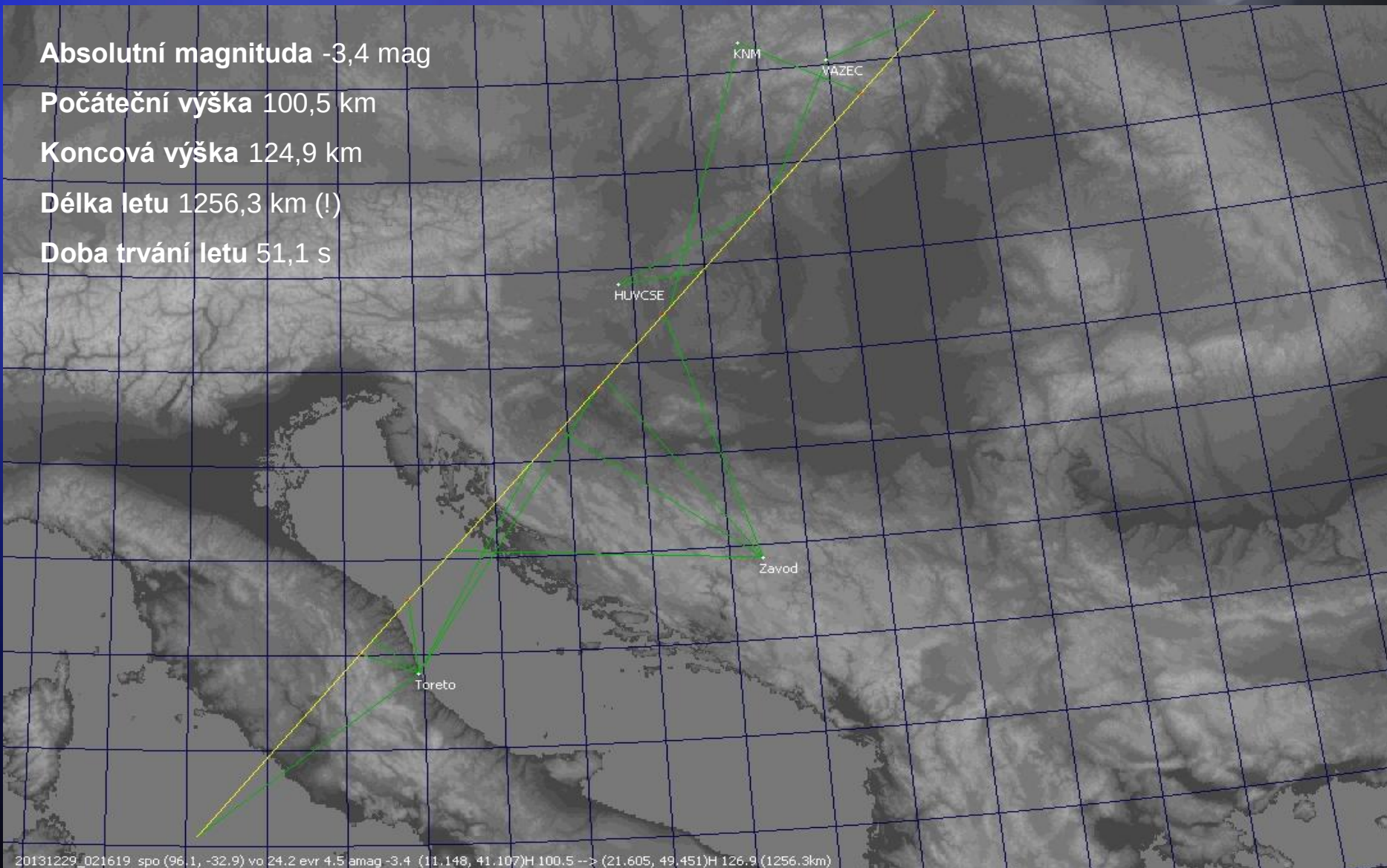
Absolutní magnituda -3,4 mag

Počáteční výška 100,5 km

Koncová výška 124,9 km

Délka letu 1256,3 km (!)

Doba trvání letu 51,1 s

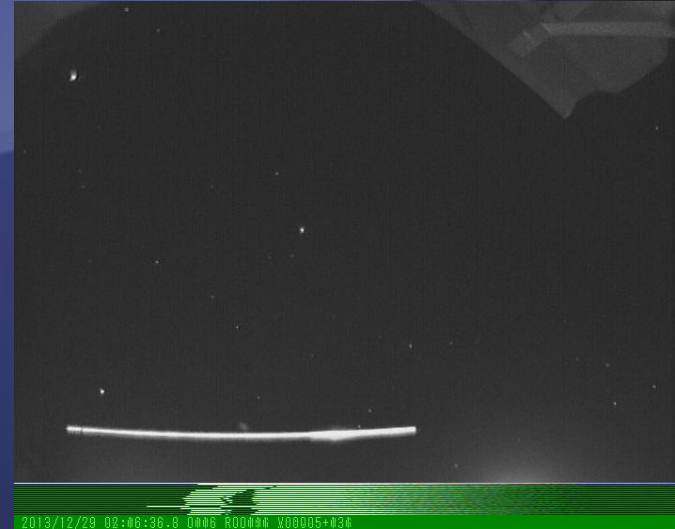


EARTHGRAZER

20131229_021619



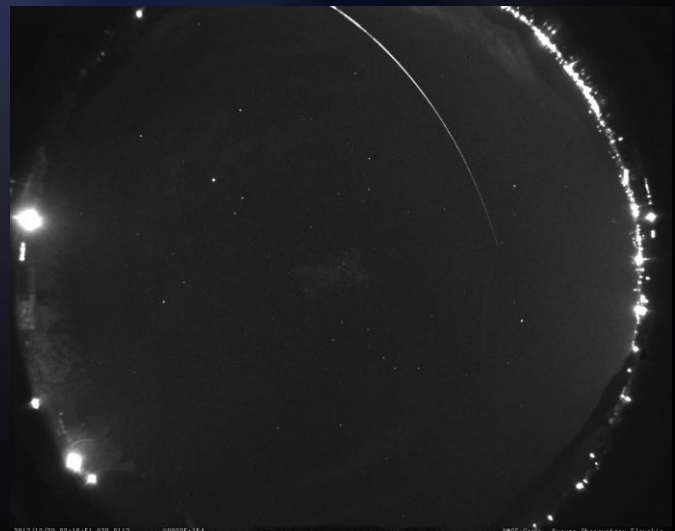
Tortoreto (ITA)



Zavod (BIH)



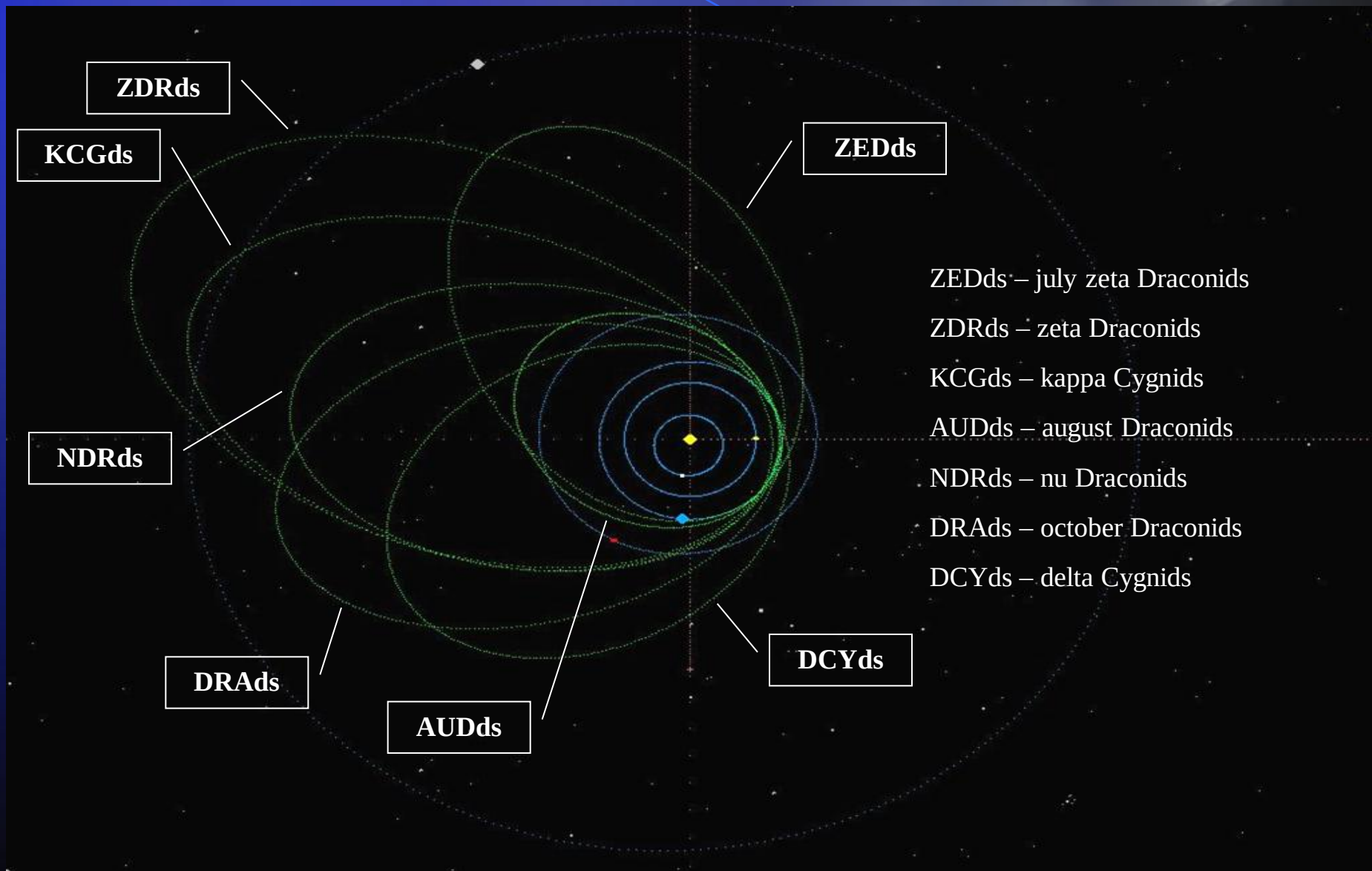
Zalegerszeg
(HUN)



Kysucké N. M.
(SVK)

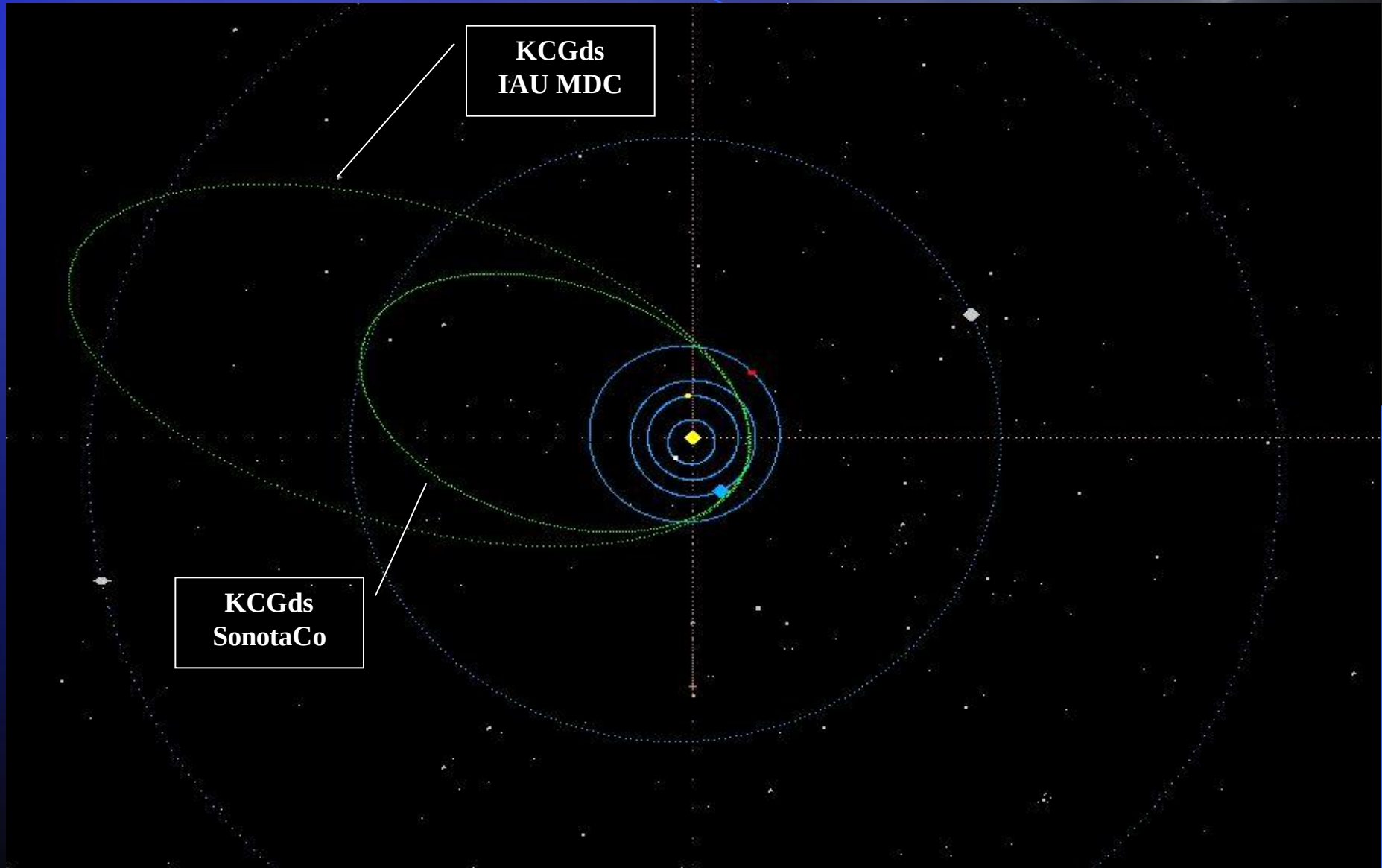
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Střední dráhy meteorických rojů – katalog Sonotaco (J6)



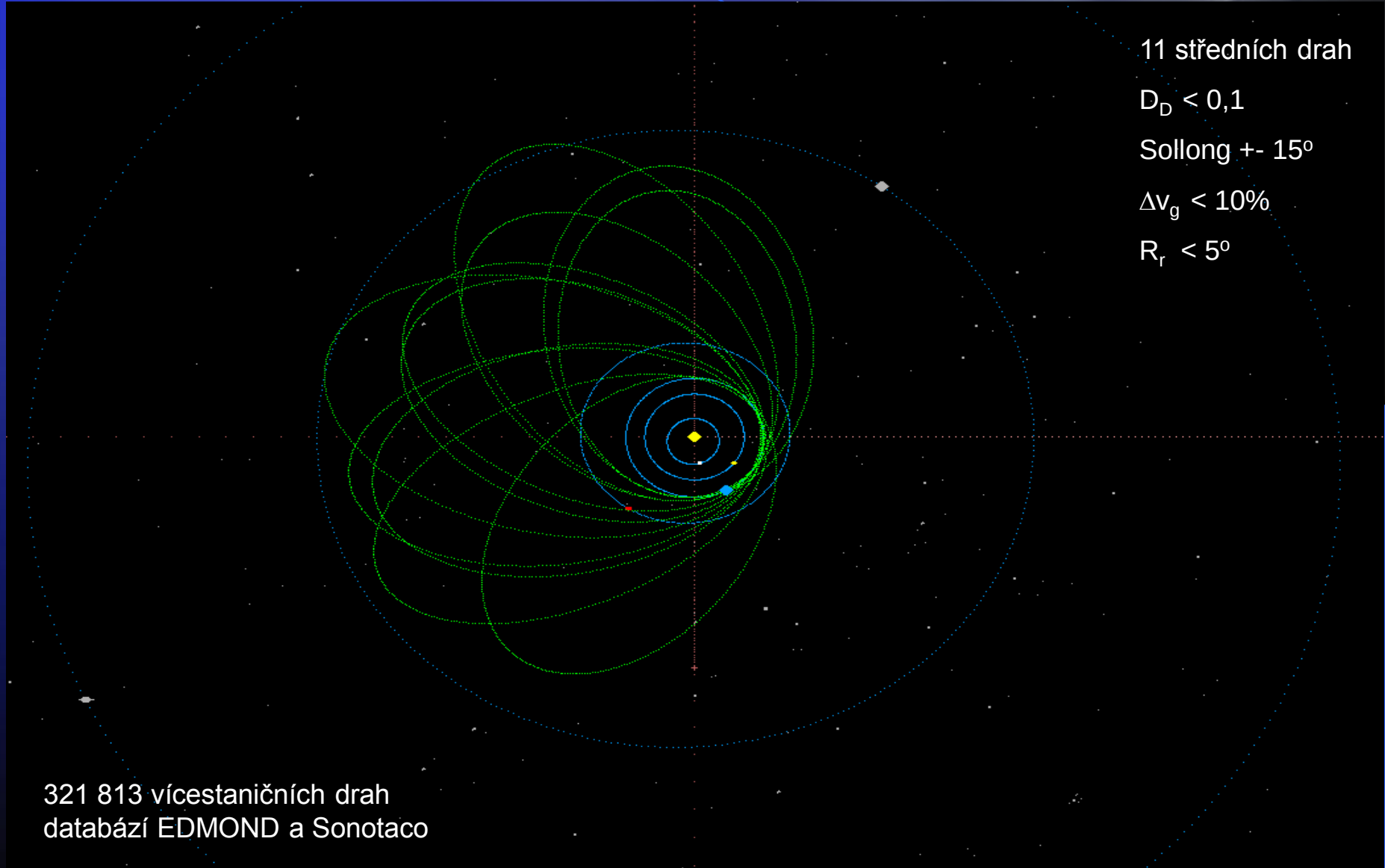
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Rozdíly středních drah mezi katalogy Sonotaco a IAU MDC



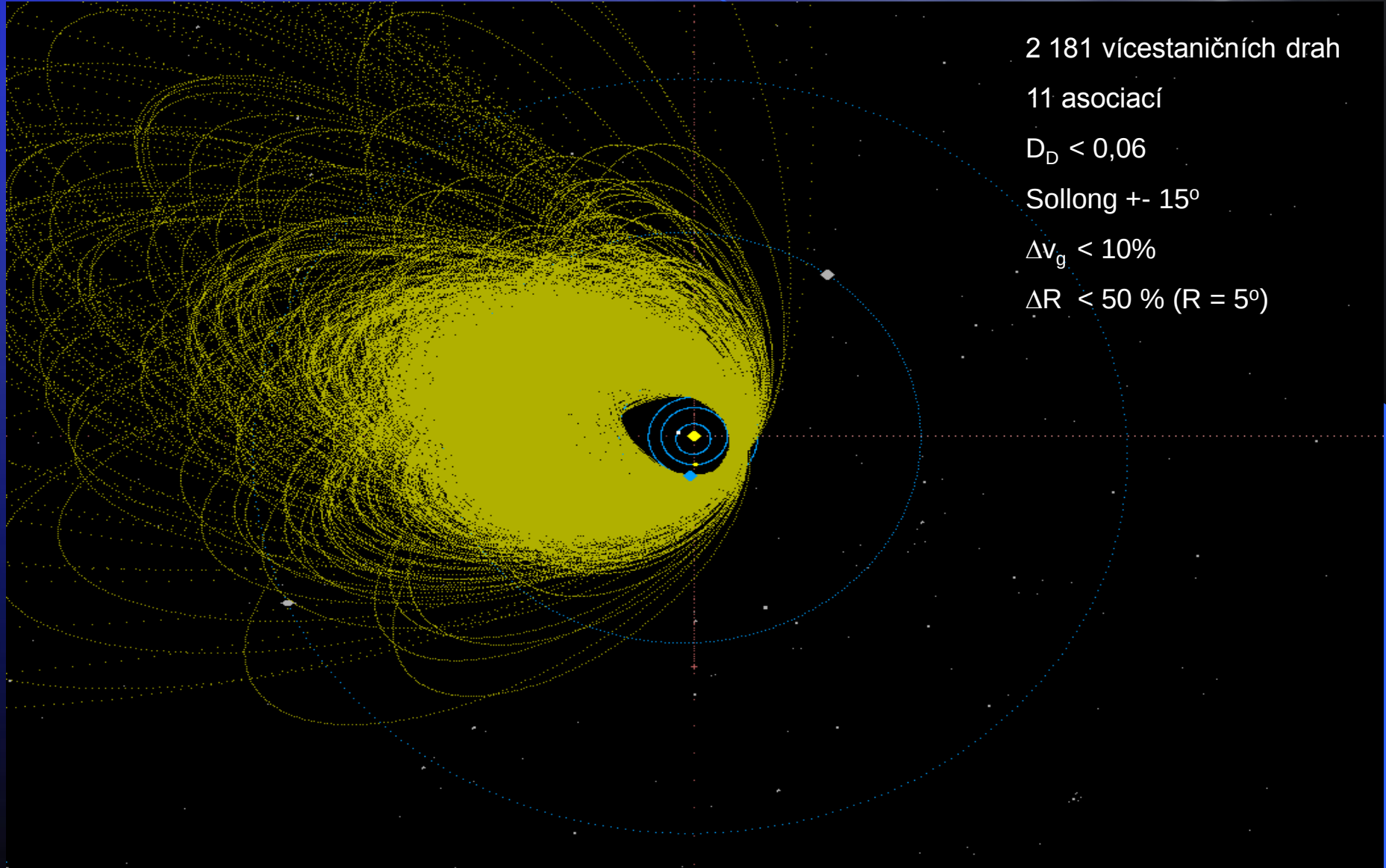
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Nezávislý clustering – D_D kritérium podobnosti drah



TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Nezávislý clustering – D_D kritérium podobnosti drah



2 181 vícestaničných drah

11 asociací

$D_D < 0,06$

Sollong $\pm 15^\circ$

$\Delta v_g < 10\%$

$\Delta R < 50\%$ ($R = 5^\circ$)

TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Nezávislý clustering – D_D kritérium podobnosti drah

Radianty vícešestičnických drah

Rovníkový souřadný systém

2 181 vícešestičnických drah

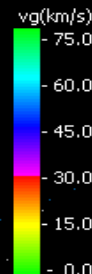
11 asociací

$D_D < 0,06$

Sollong $\pm 15^\circ$

$\Delta v_g < 10\%$

$\Delta R < 50\%$ ($R = 5^\circ$)



TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Nezávislý clustering – D_D kritérium podobnosti drah

Radianty vícestaničních drah

Ekliptikální souřadný systém

2 181 vícestaničních drah

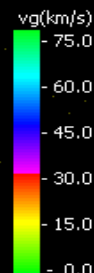
11 asociací

$D_D < 0,06$

Sollong $\pm 15^\circ$

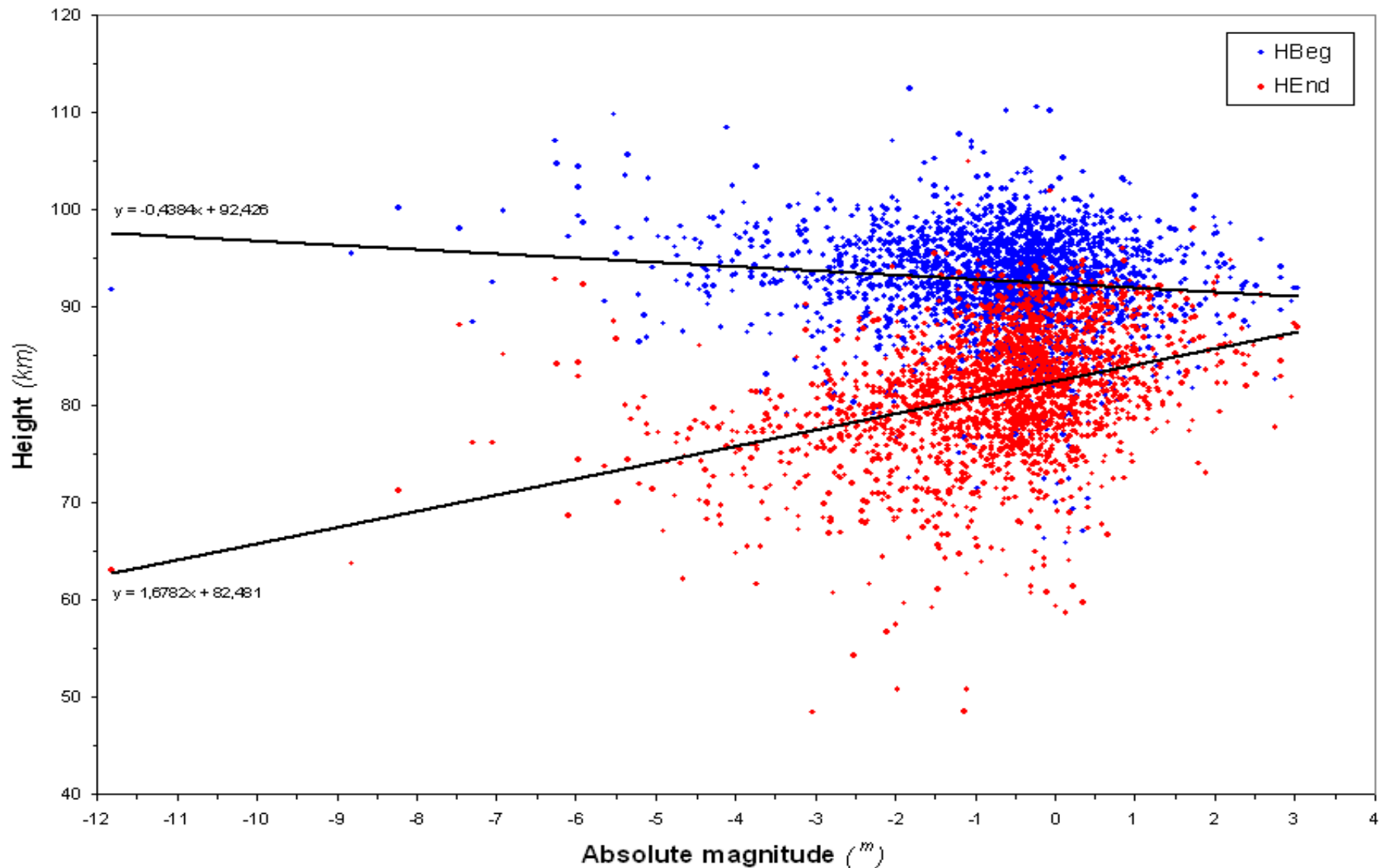
$\Delta v_g < 10\%$

$\Delta R < 50\%$ ($R = 5^\circ$)



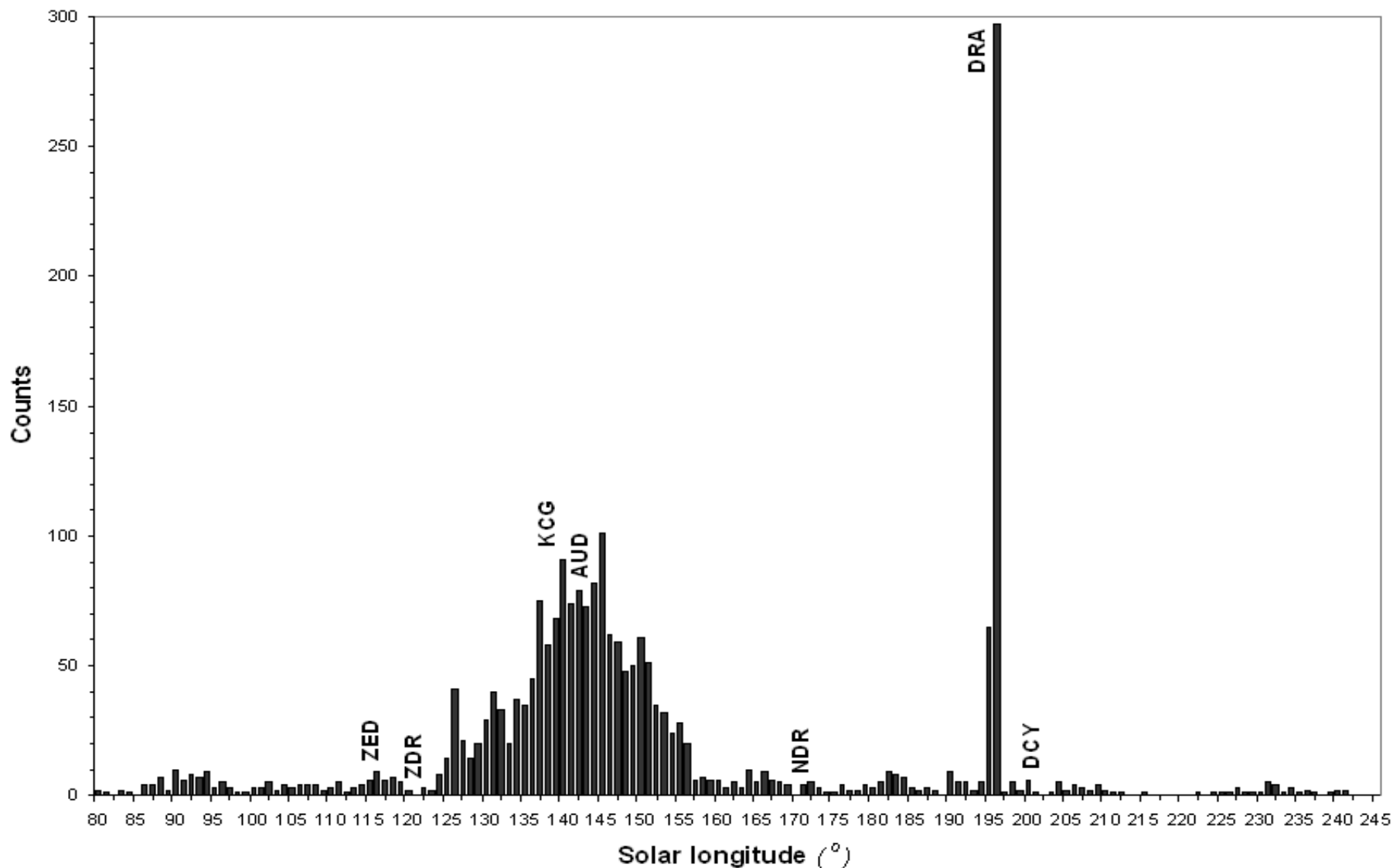
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Závislost H_B a H_E na absolutní jasnosti



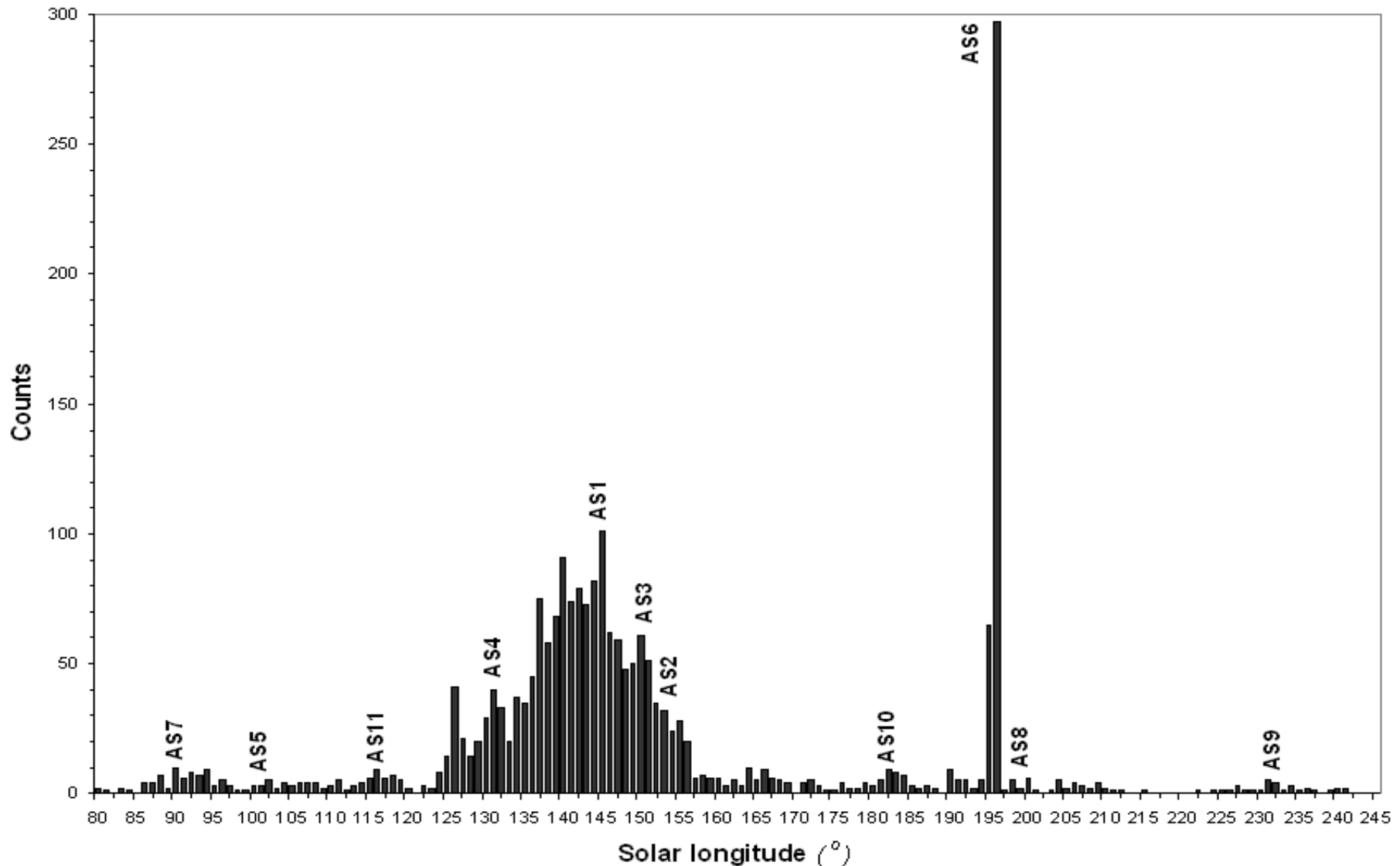
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Histogram aktivity komplexu – IAU MDC, Sonotaco



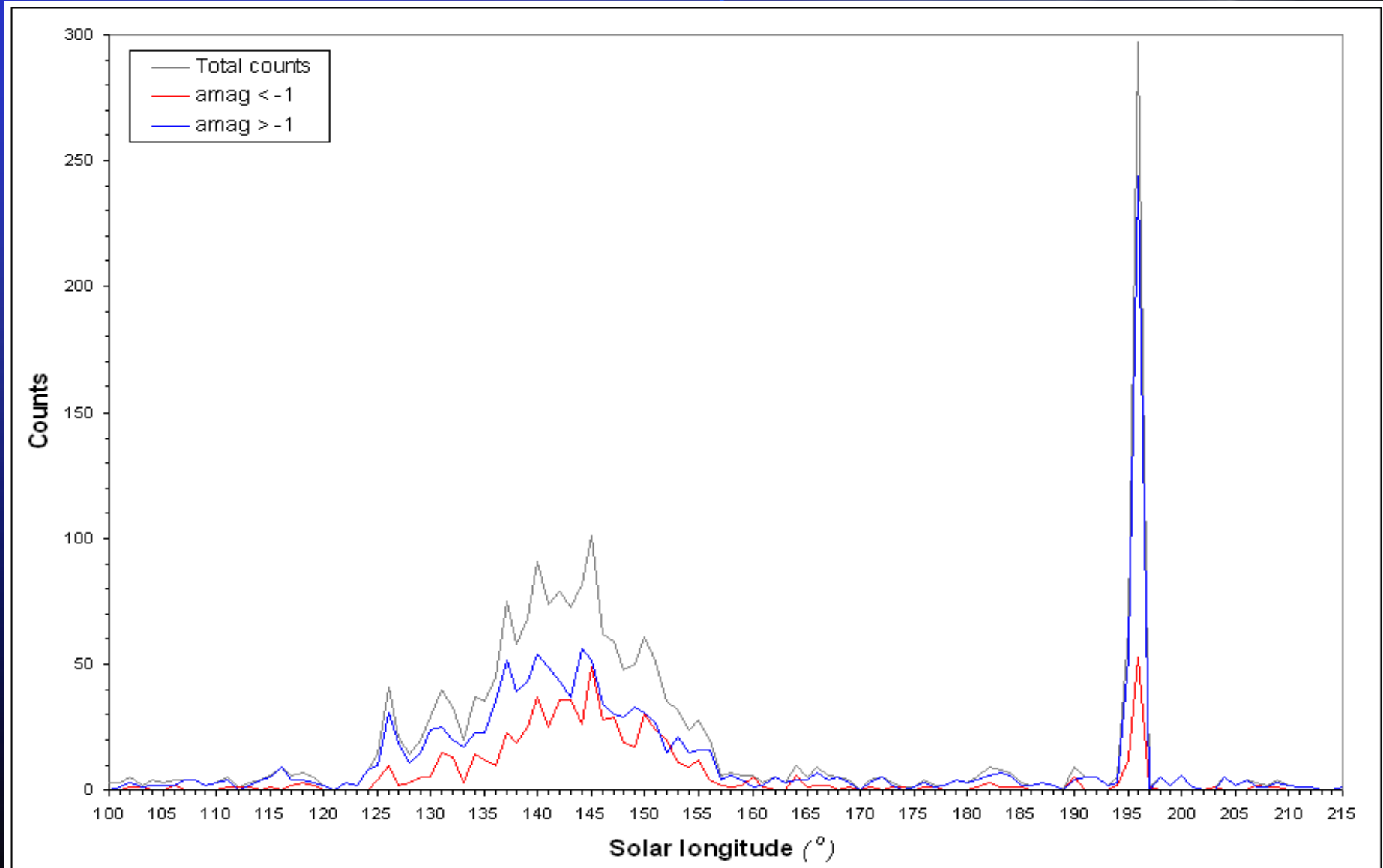
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Histogram aktivity komplexu – nezávislý clustering



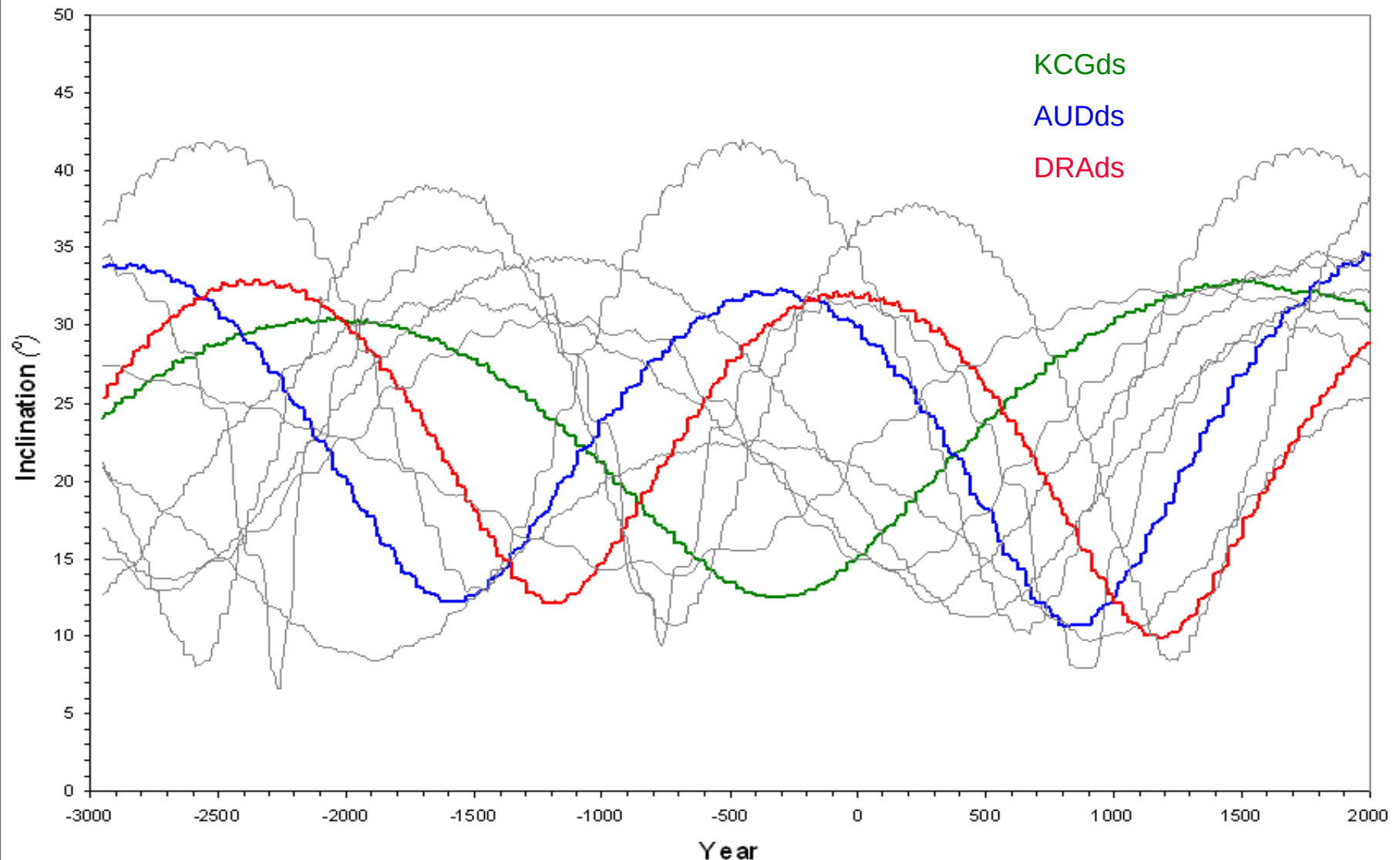
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Aktivita komplexu – rozdělení jasných a slabých meteorů



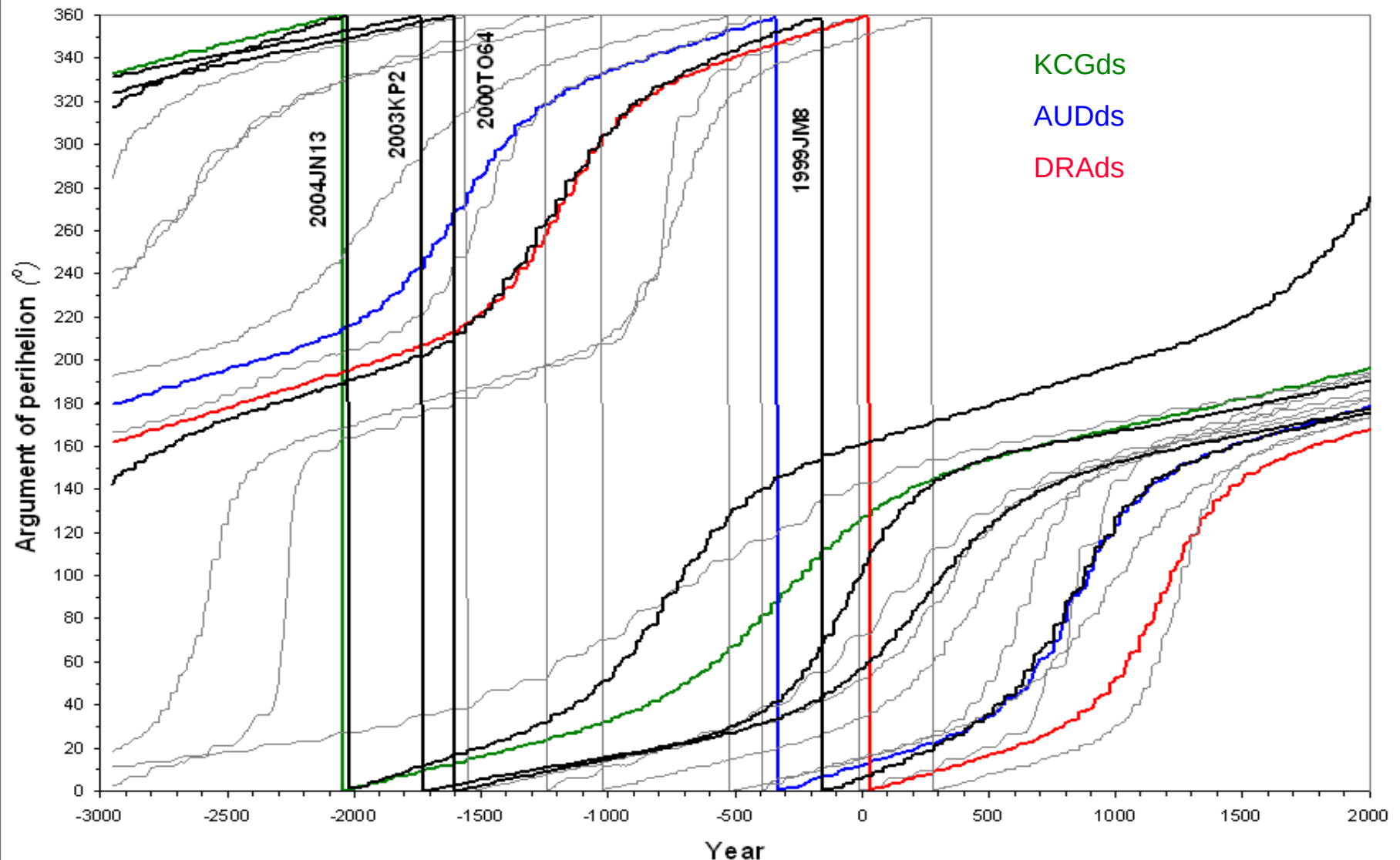
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Zpětná integrace sklonu drah asociací



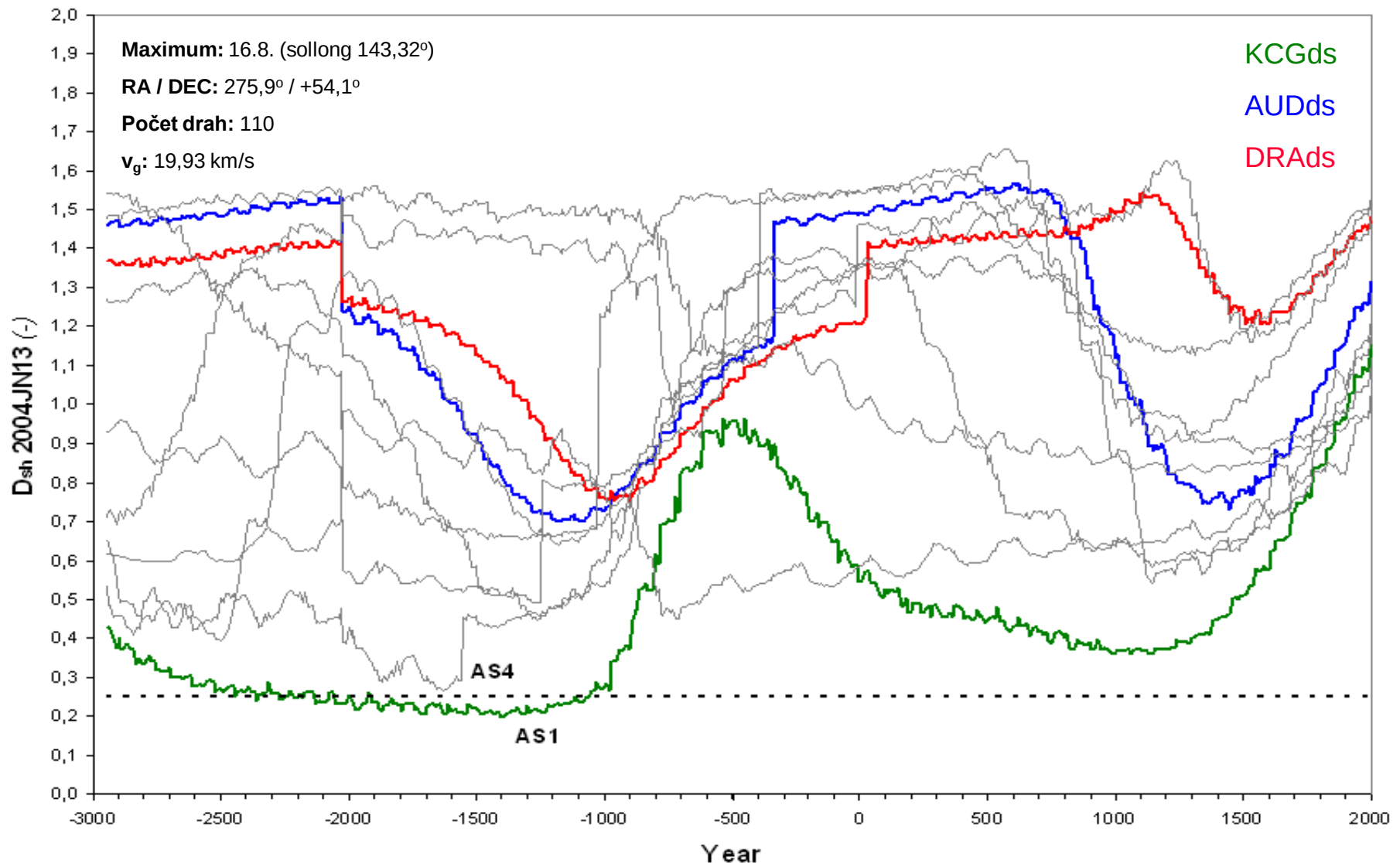
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Zpětná integrace argumentu perihelia drah asociací



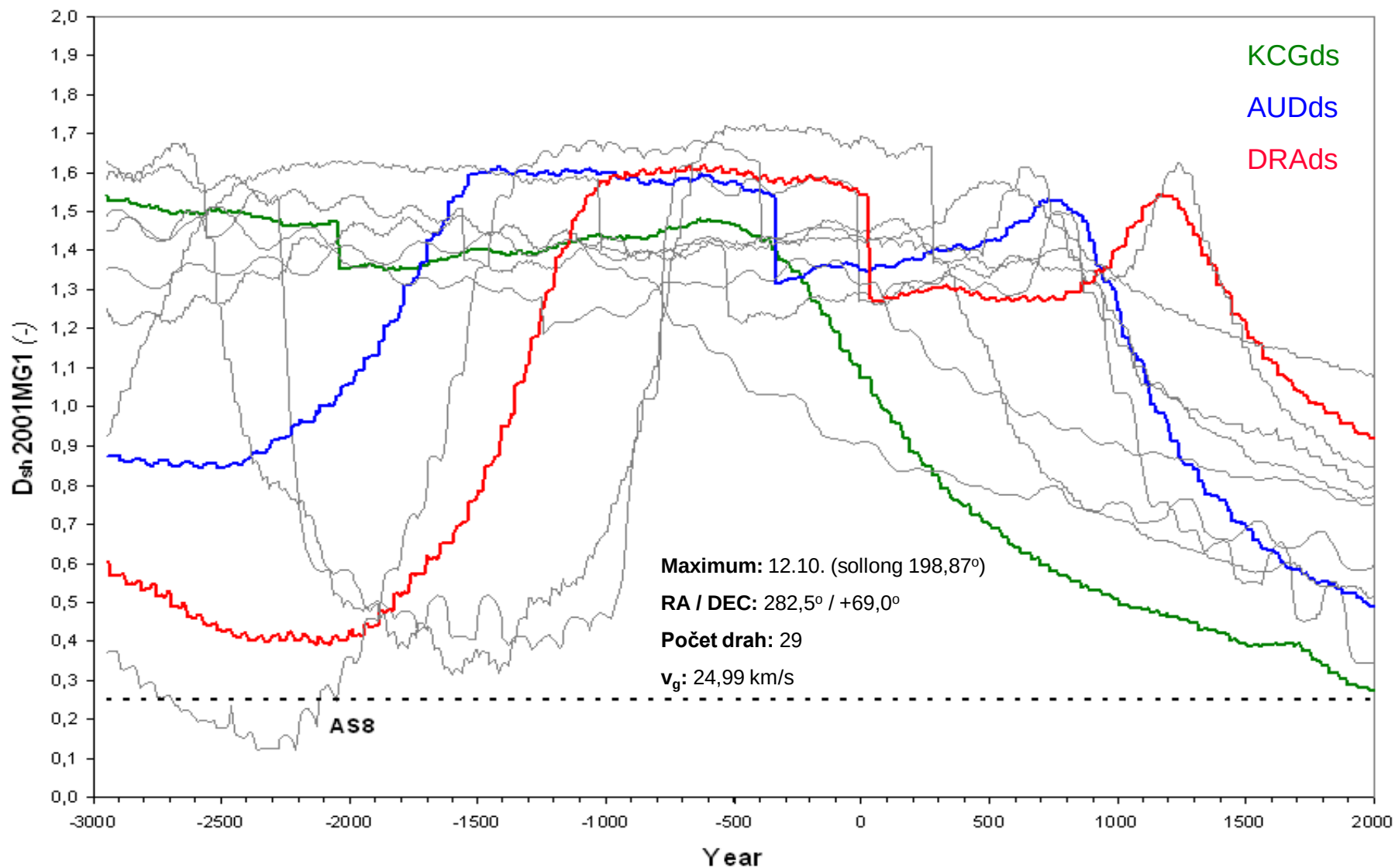
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Mateřská tělesa asociací – AS1 (AUDds) + 2004JN13



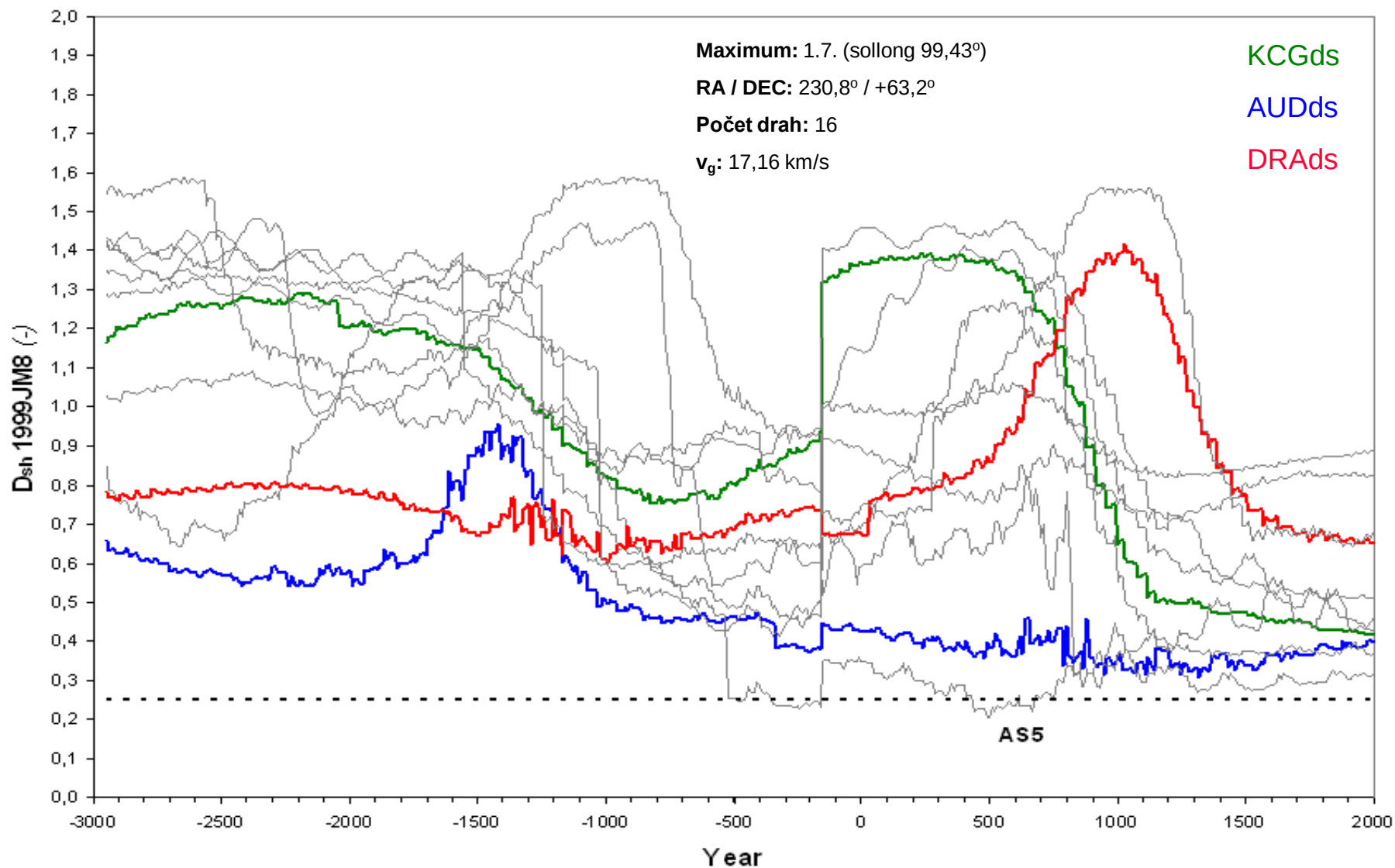
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Mateřská tělesa asociací – AS8 + 2001MG1



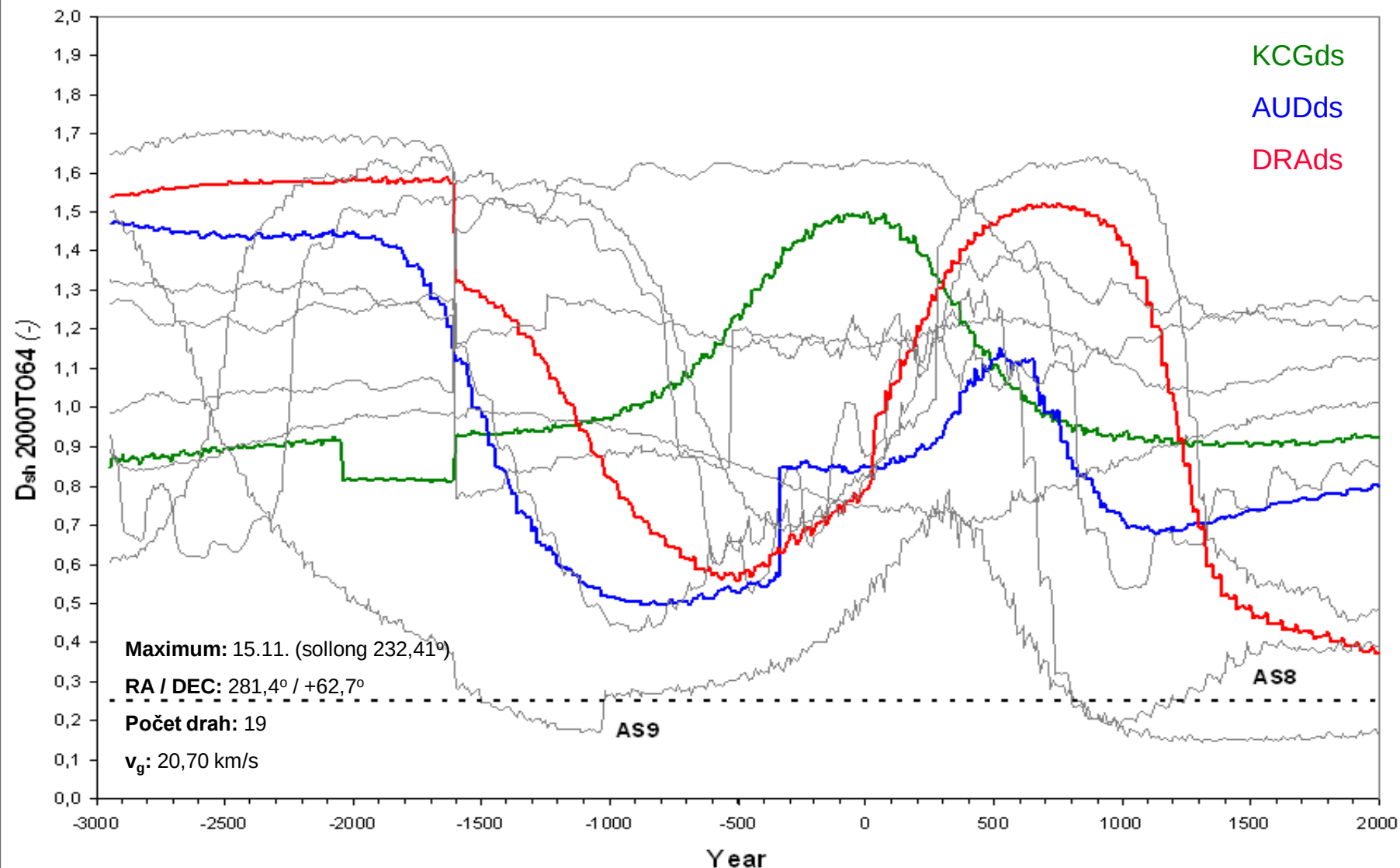
TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Mateřská tělesa asociací – AS5 + 1999JM8

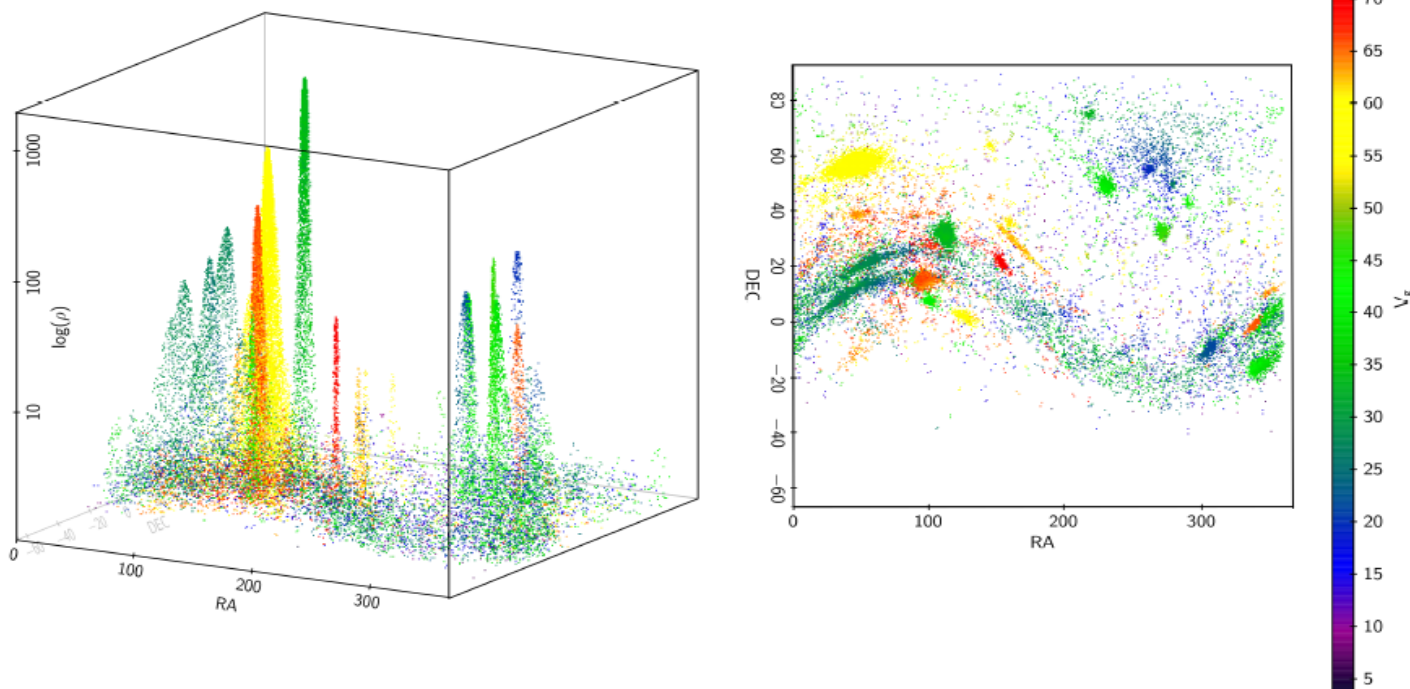


TOROIDÁLNÍ KOMPLEX

Mateřská tělesa asociací – AS9 + 1999JM8



EDMOND – CO DÁL ?



Nezávislá identifikace meteorických rojů z katalogu IAU MDC v databázi EDMOND

Celkem: 284 meteorických rojů (IAU MDC 752)

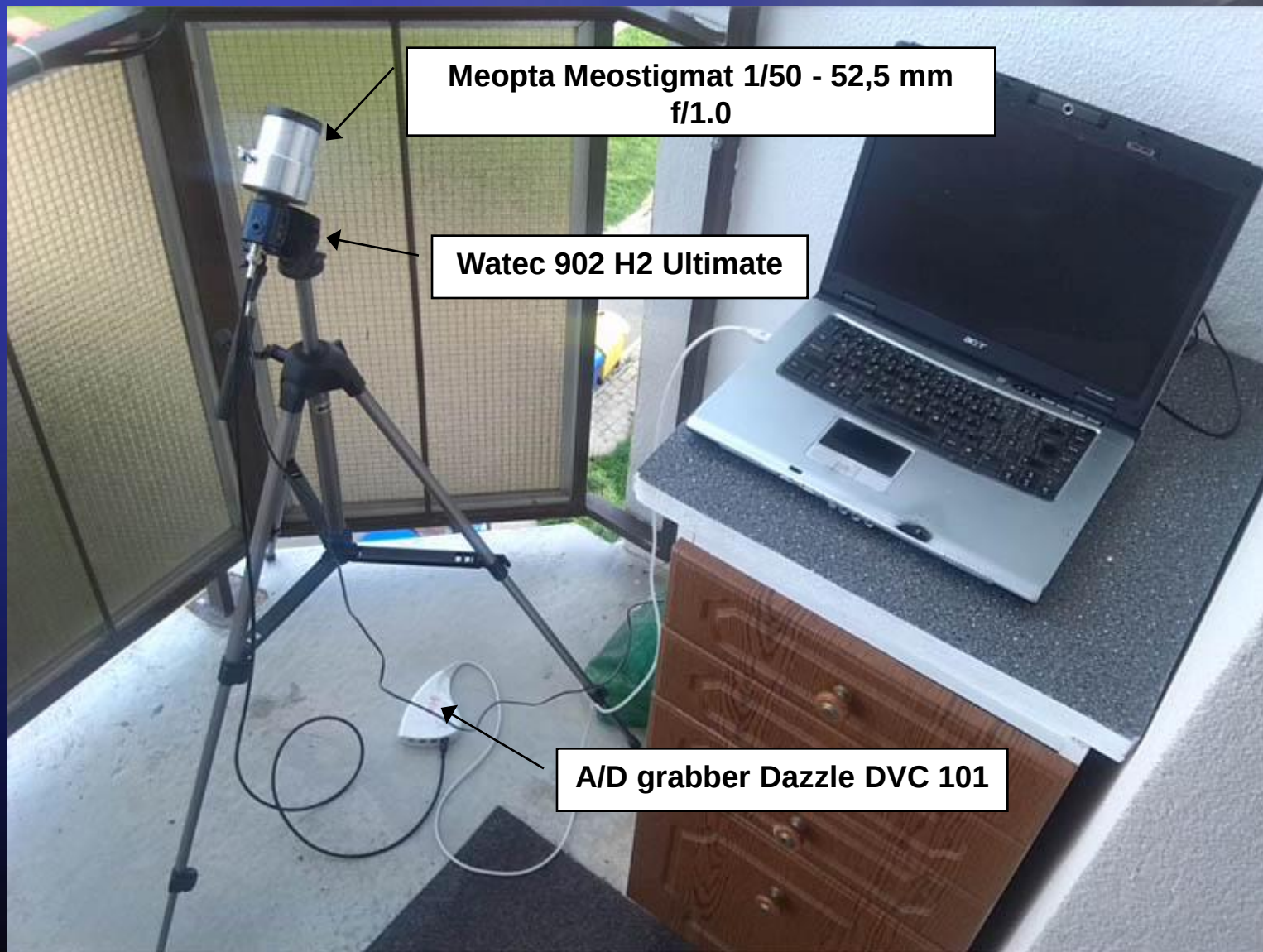
Potvrzené: 44 (IAU MDC 95)

Nepotvrzené: 173 (IAU MDC 576)

Nově objevené: 67 (IAU MDC 81)

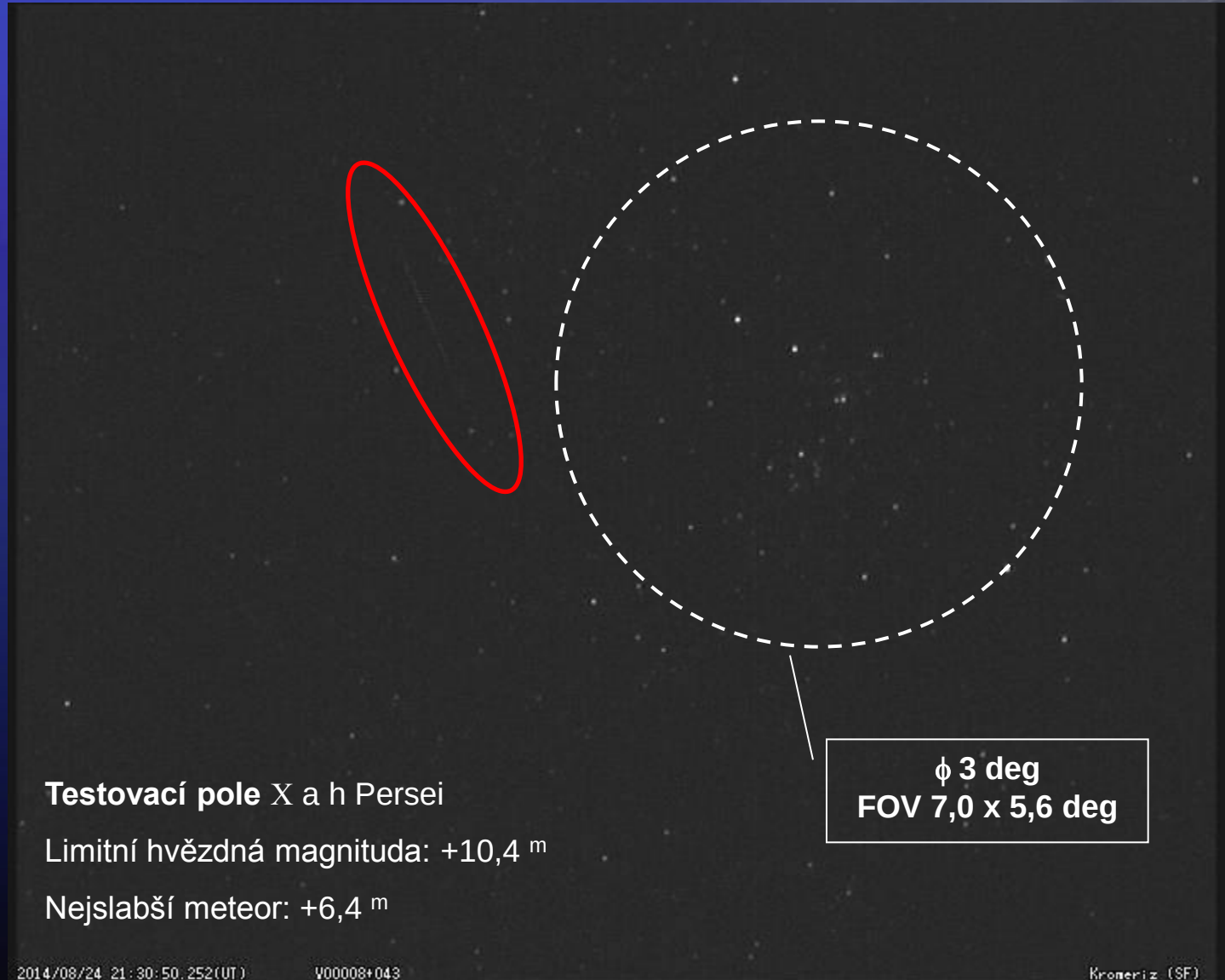
SLABÉ METEORY

NFC – Narrow Field Camera

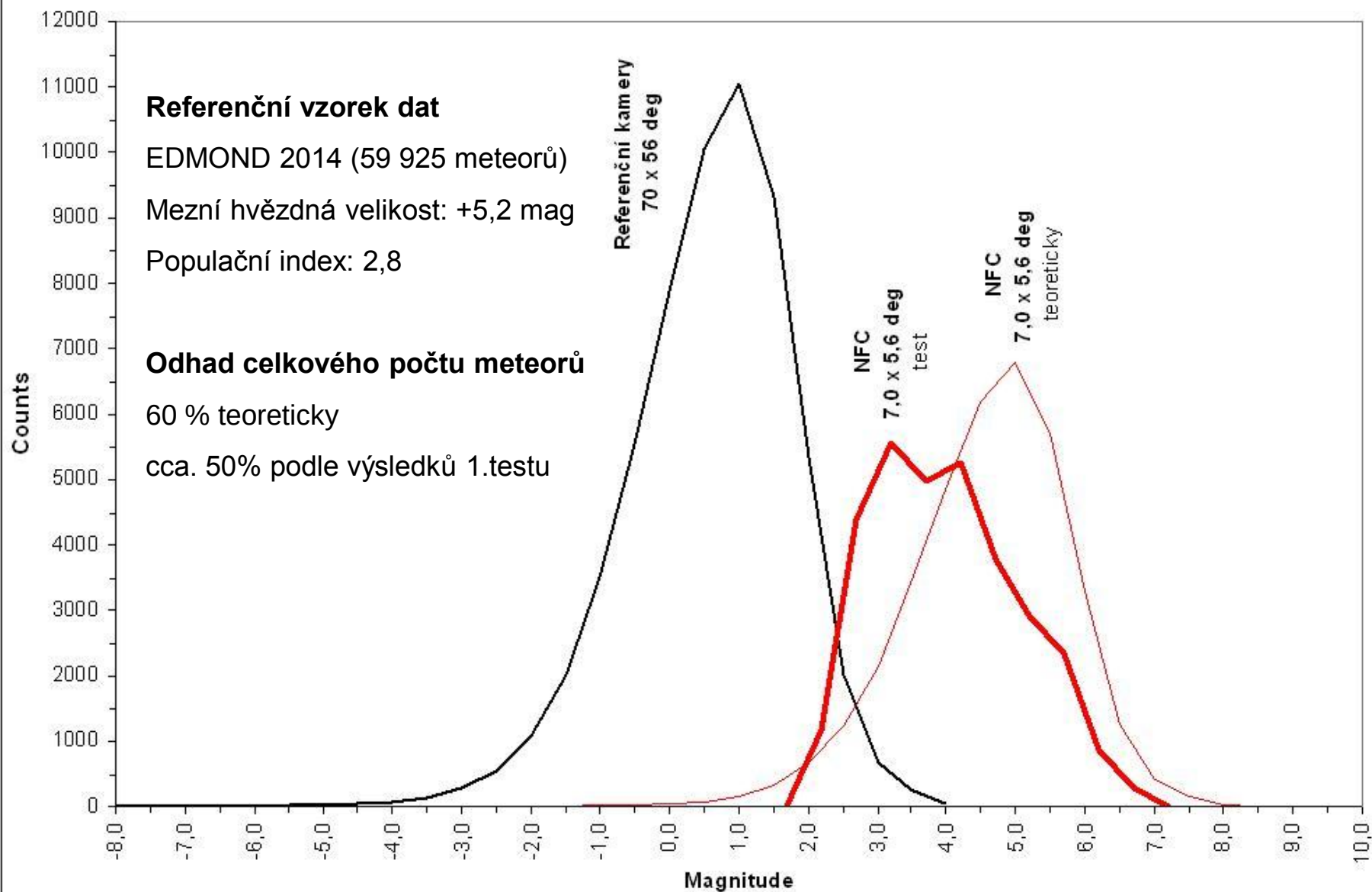


NFC – Narrow Field Camera

Test dosahu sestavy

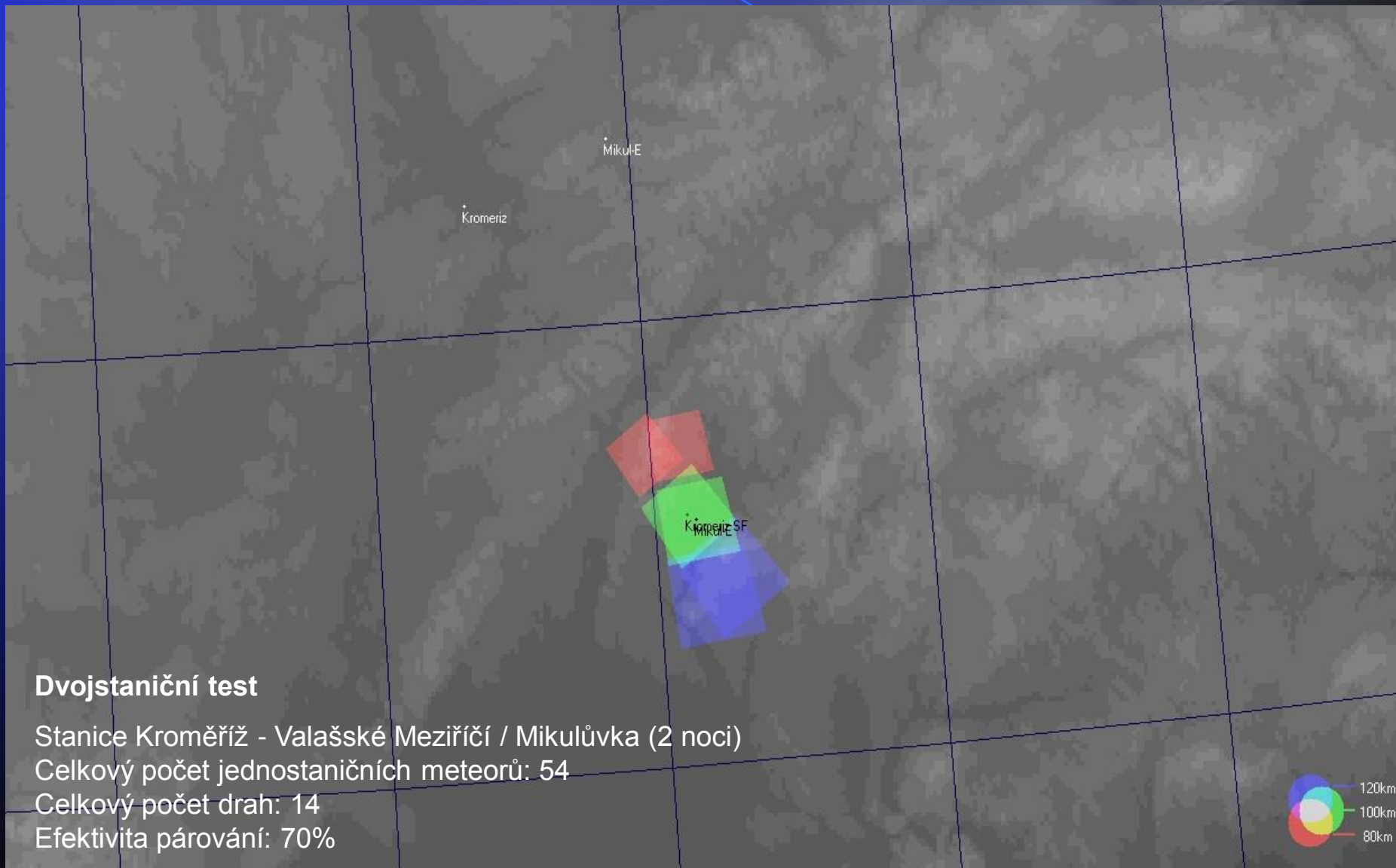


TEORETICKÁ ÚČINNOST



PRVNÍ TEST (8.2014)

Kroměříž – Valašské Meziříčí (Mikulůvka)



PEVNÉ STANICE (4.2015)

Kroměříž – Valašské Meziříčí

Stanice Kroměříž

v provozu od 1.4.2015

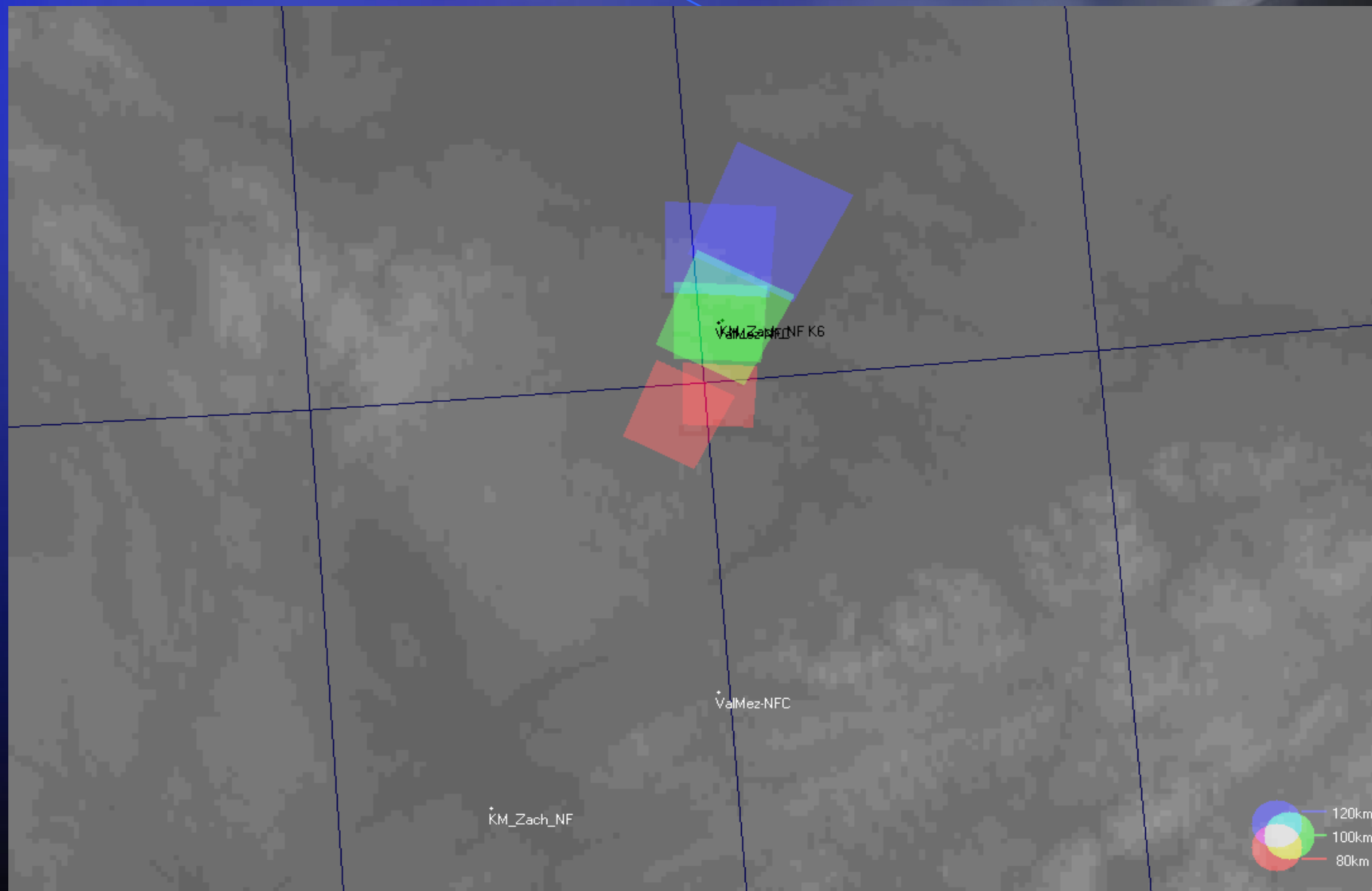


Stanice Valašské Meziříčí

v provozu od 15.4.2015

PEVNÉ STANICE (4.2015)

Kroměříž – Valašské Meziříčí



PEVNÉ STANICE (5.2015)

Kysucké Nové Mesto – Zákopčie

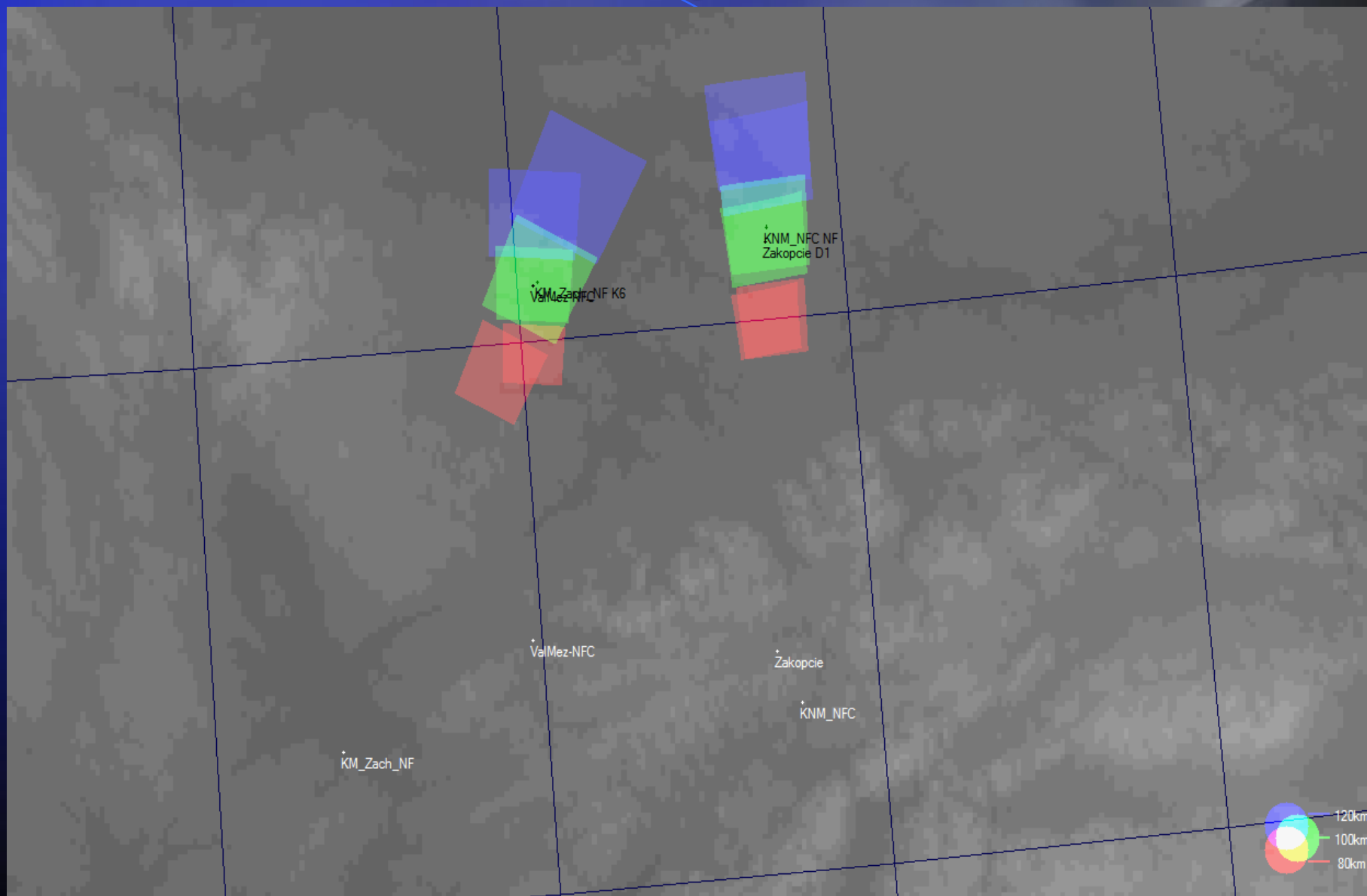
Stanice Kysucké
Nové Mesto

v provozu od 7.5.2015



PEVNÉ STANICE (5.2015)

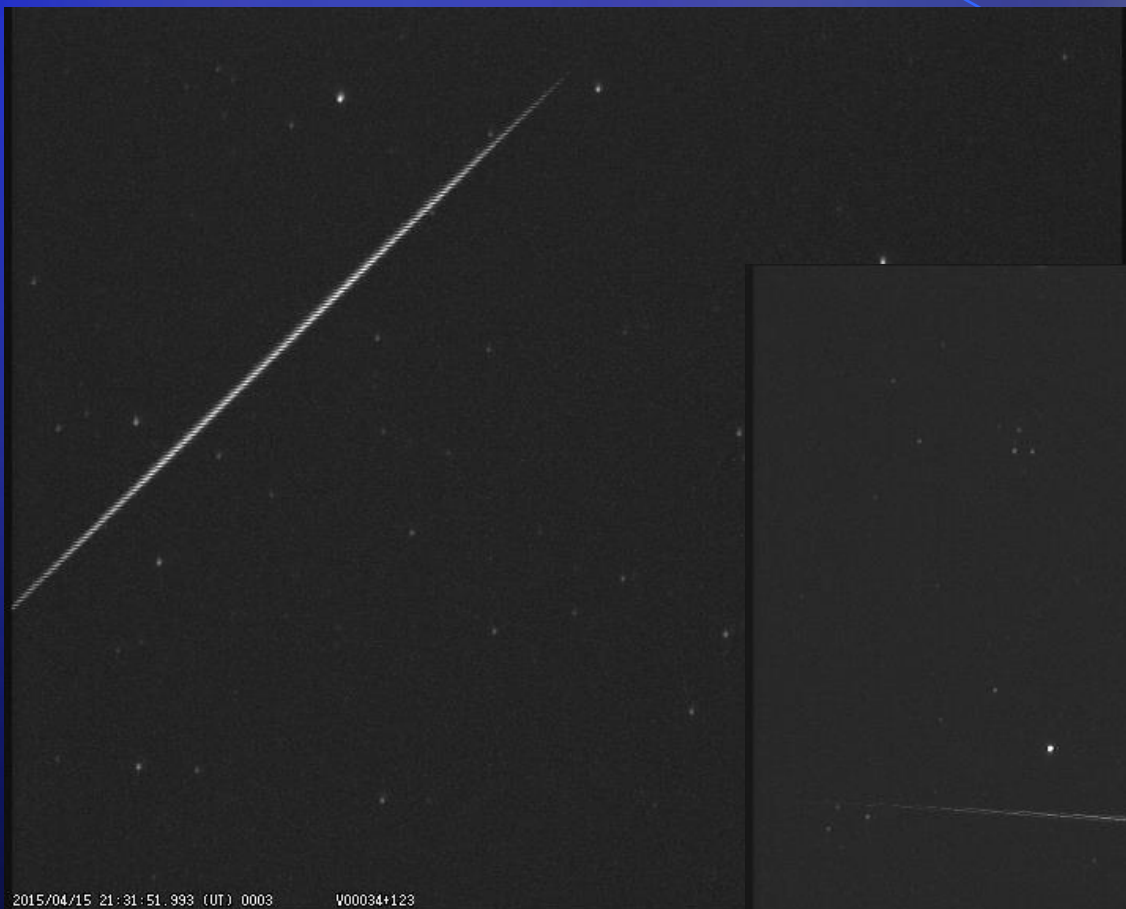
Kroměříž, Valašské Meziříčí, Kysucké Nové Město, Zákopčie



ANALÝZA METEORU

20150415_213151

Stanice Valašské Meziříčí



2015/04/15 21:31:51.993 (UT) 0003

V00034+123

Stanice Kroměříž



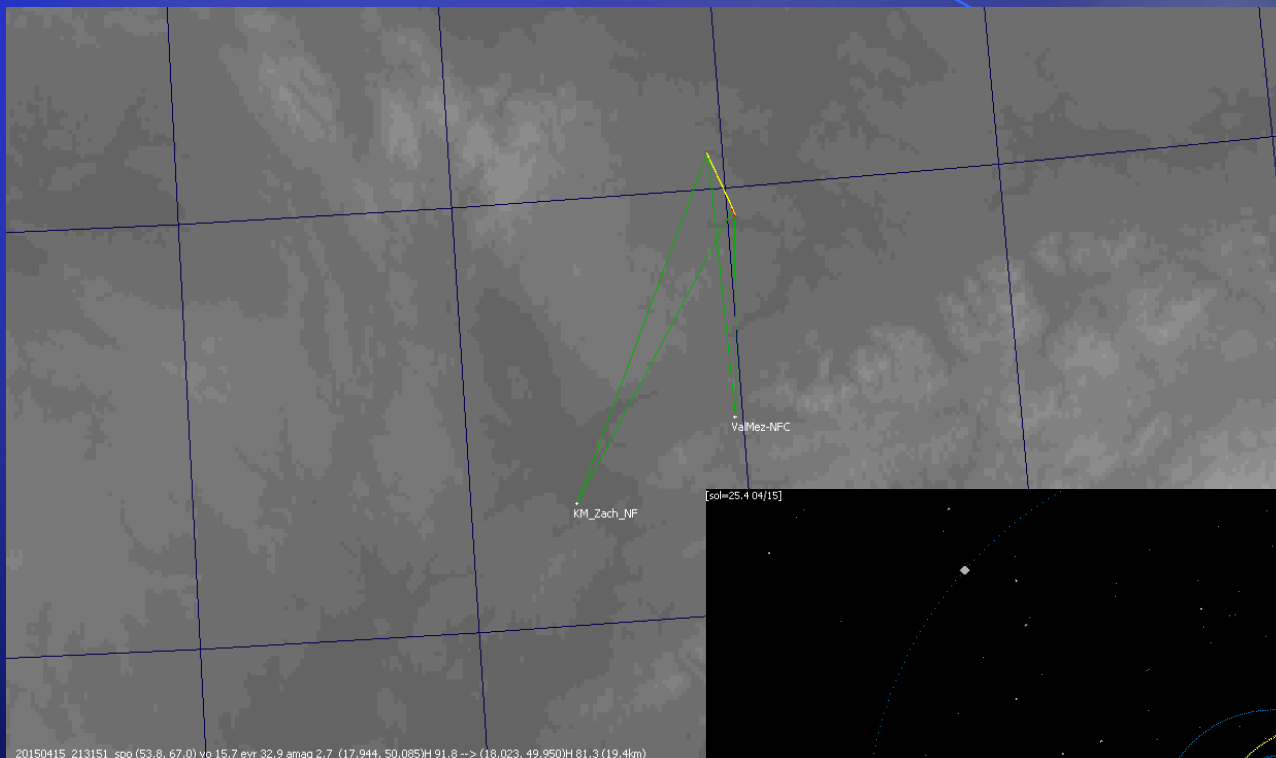
2015/04/15 21:31:52.243 (UT) 0070

V00007+044

Kromeriz (NFC)

ANALÝZA METEORU

20150415_213151



2D projekce atmosférické dráhy

H_{beg} 91,8 km

H_{end} 81,3 km

L 19,4 km

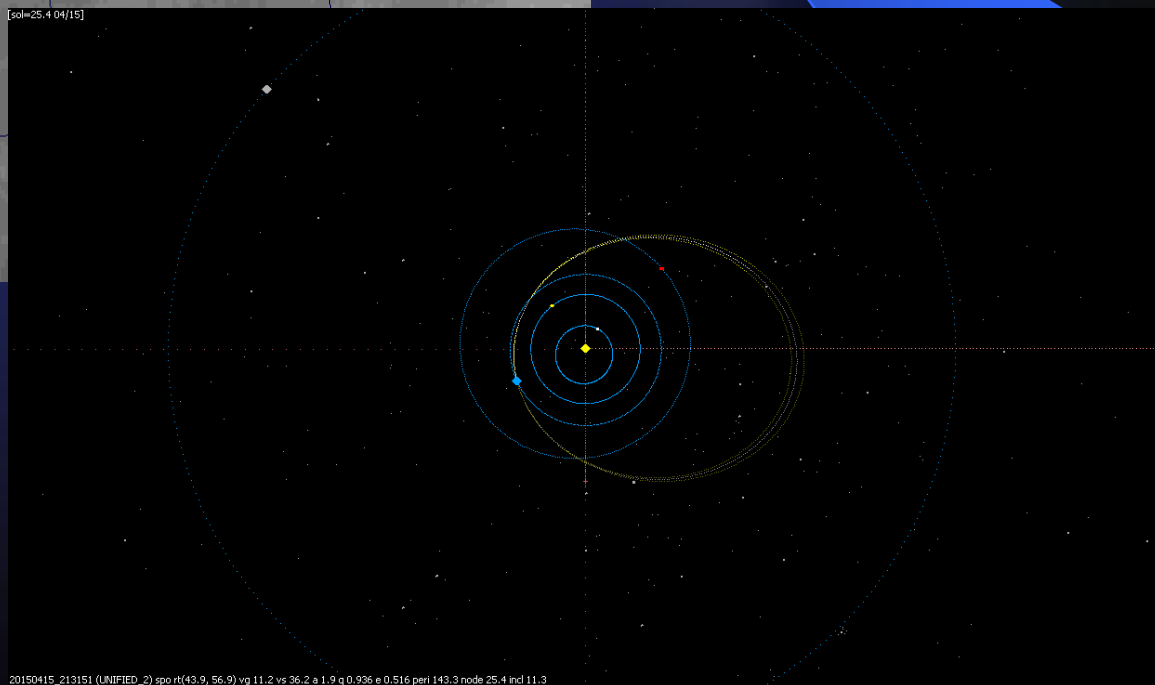
amag +2,7^{mag}

Projekce dráhy ve Sluneční soustavě

V_g 11,2 km/s

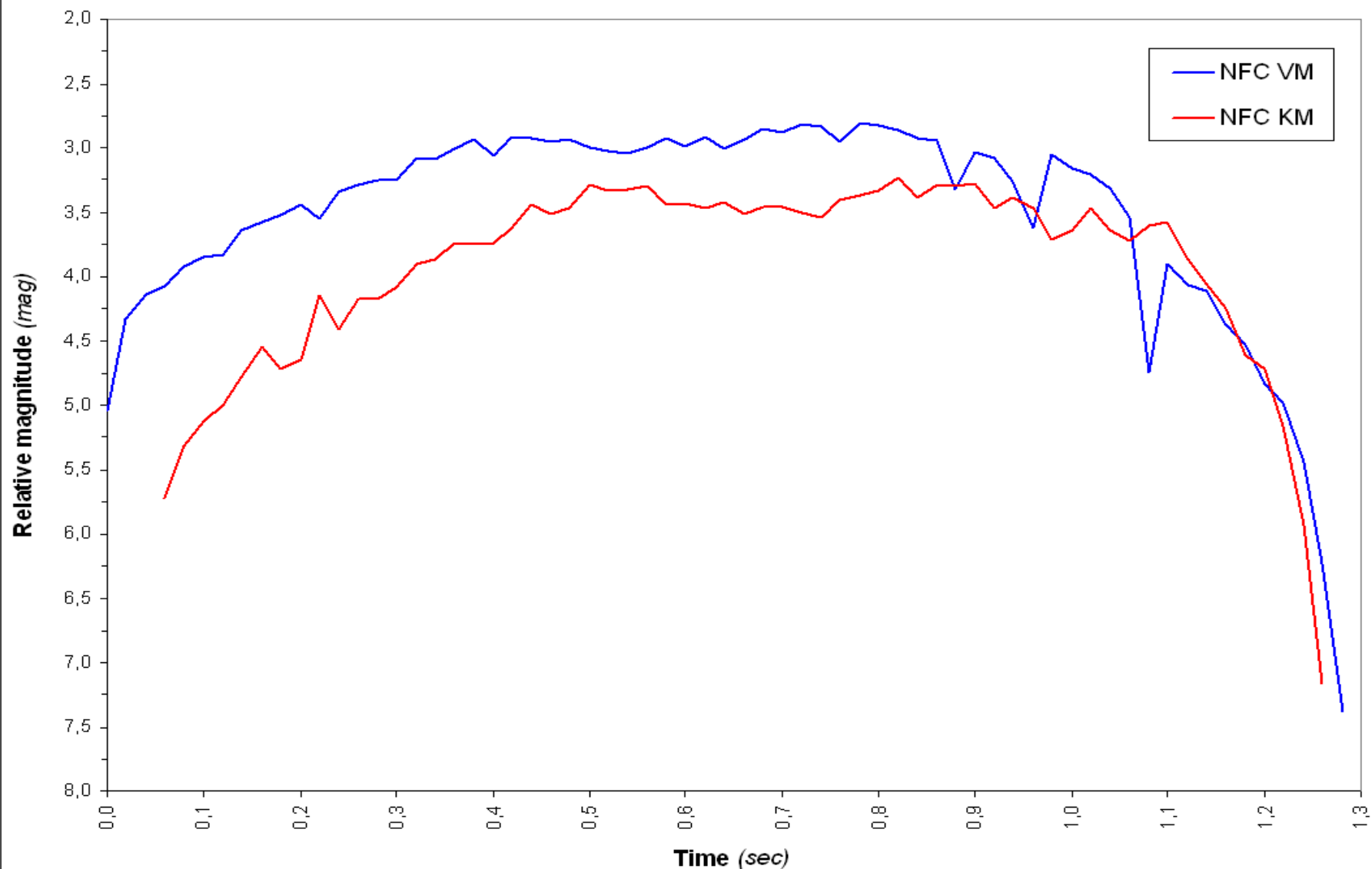
a 1,9 AU

i 11,3°



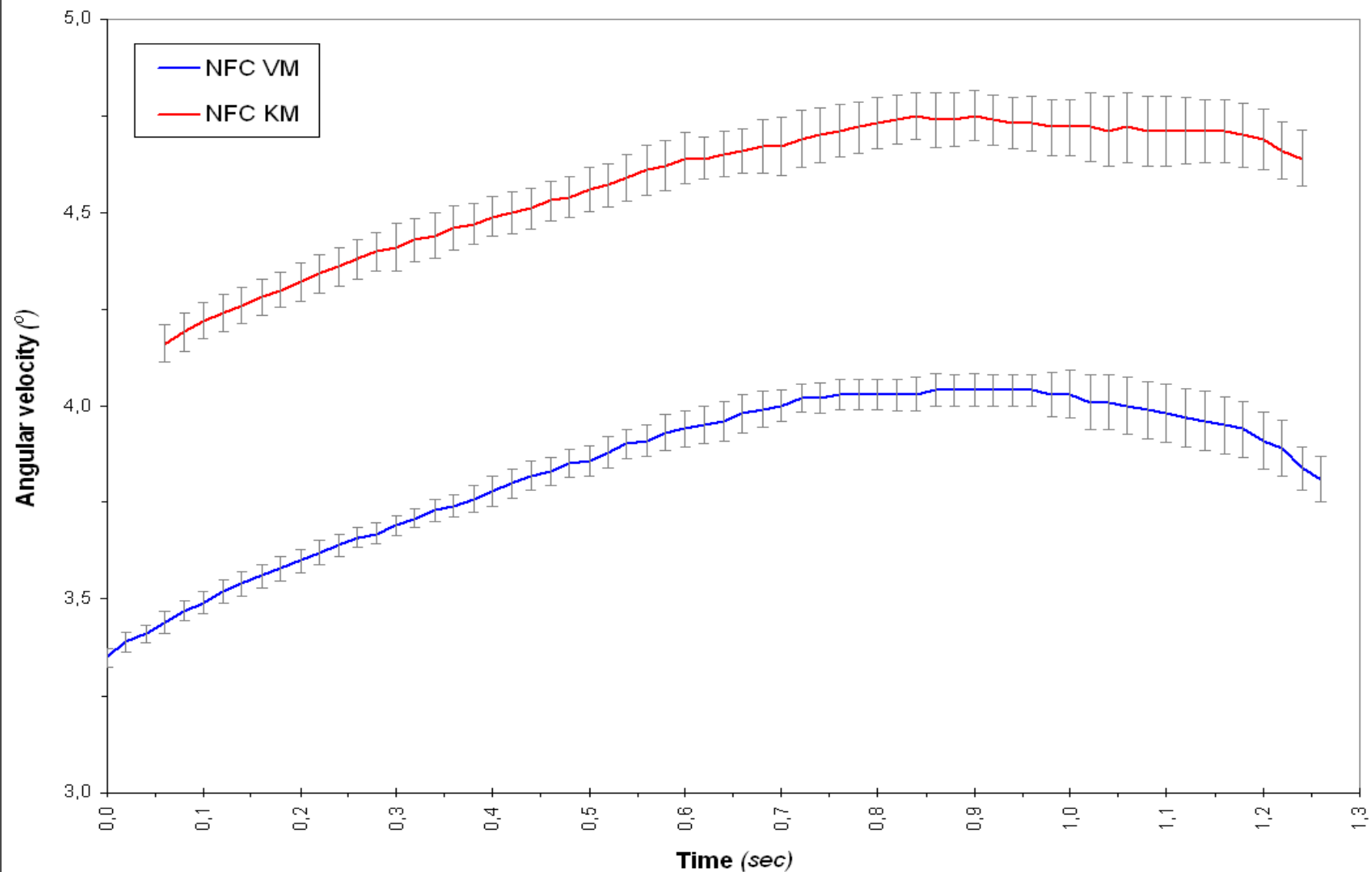
ANALÝZA METEORU

20150415_213151



ANALÝZA METEORU

20150415_213151



ANALÝZA METEORU

20150422_013426

Stanice Kroměříž ENE



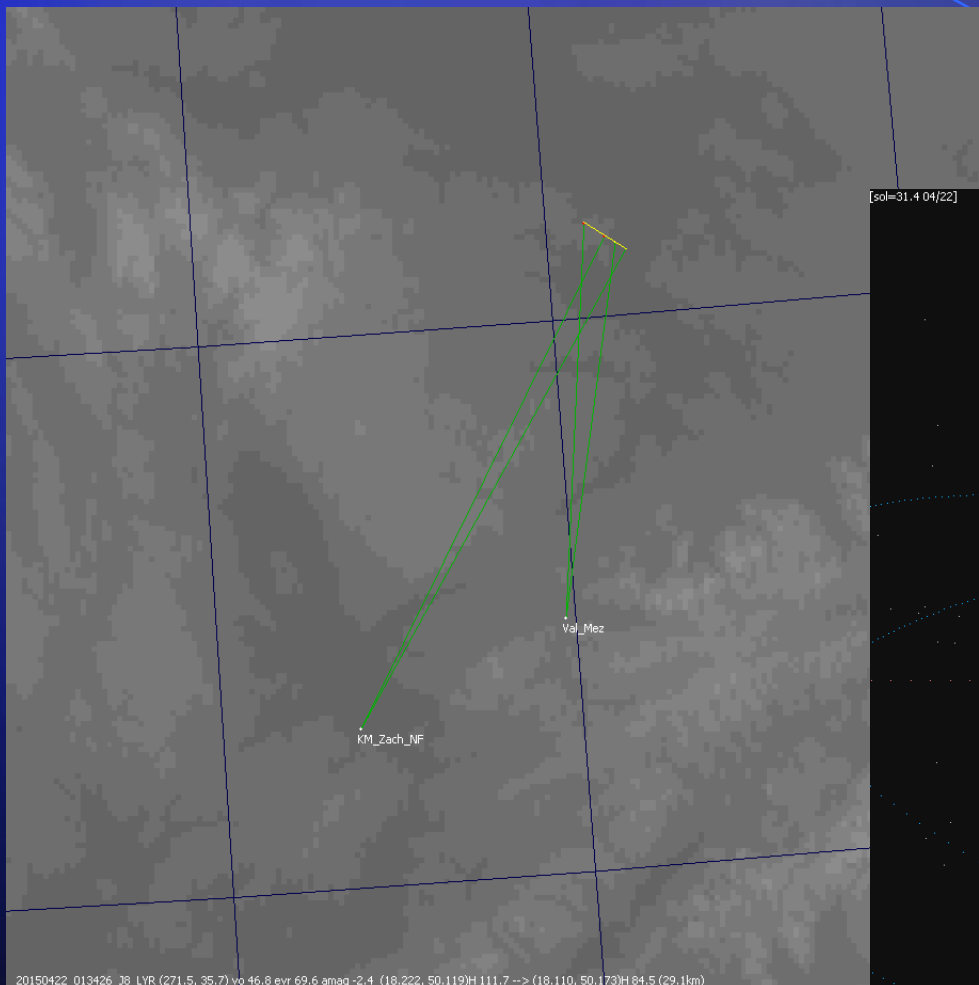
Stanice Kroměříž NFC



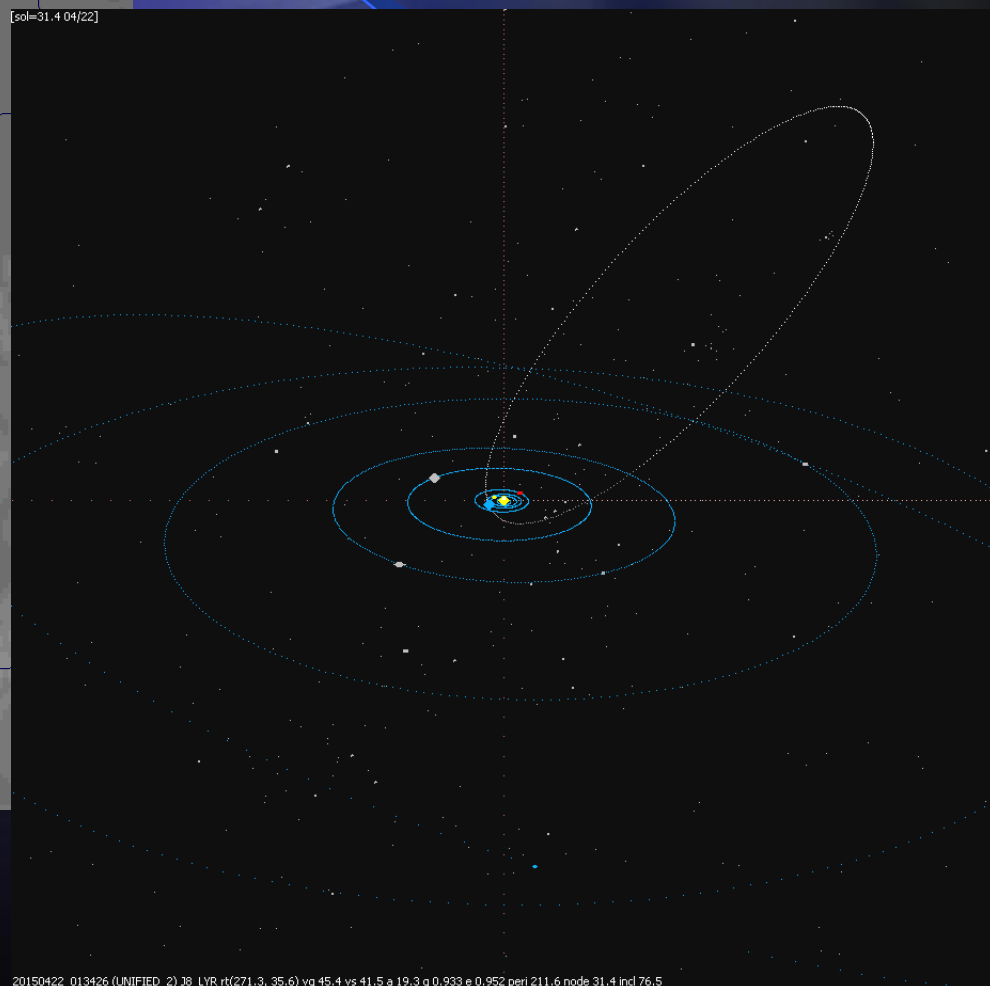
ANALÝZA METEORU

20150422_013426

2D projekce atmosférické dráhy



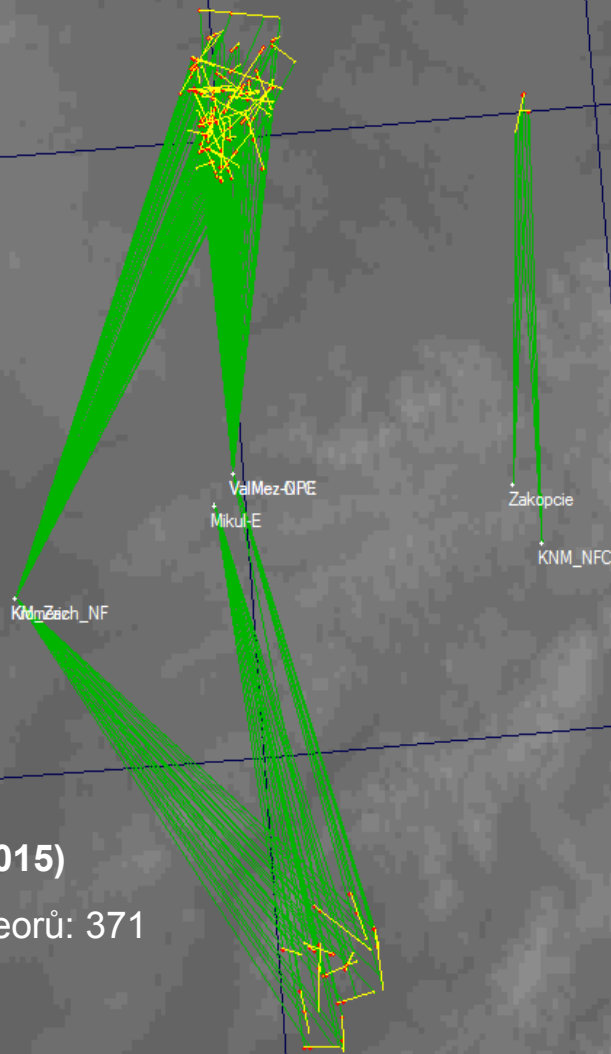
Projekce dráhy ve Sluneční soustavě



ANALÝZA DRAH

Výsledky, přehled (k 18.5.2015)

2D projekce více-staničních drah v
atmosféře Země



Dvojstaniční pozorování (2014+2015)

Celkový počet jedno-staničních meteorů: 371

Celkový počet drah: 67

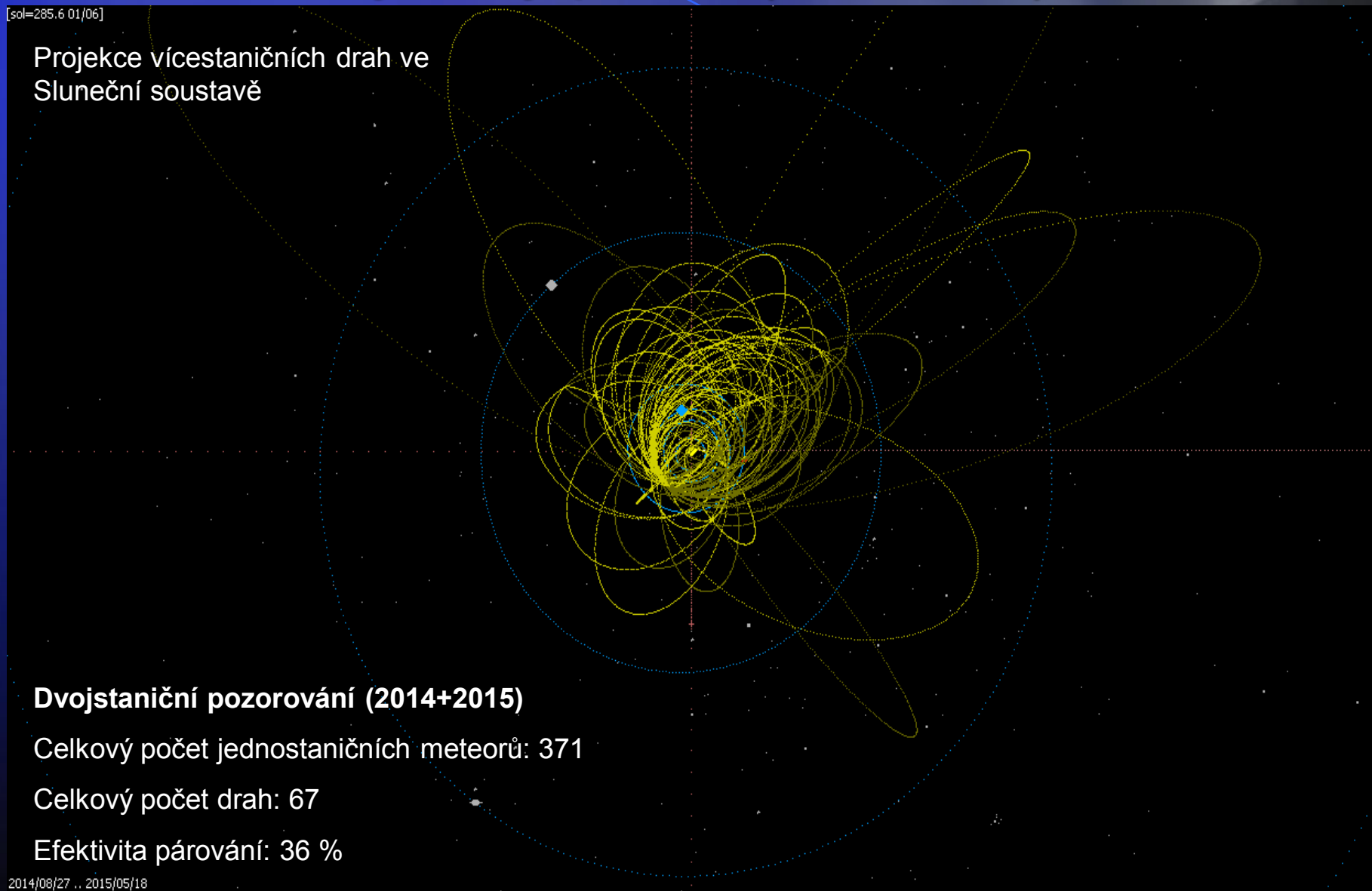
Efektivita párování: 36 %

ANALÝZA DRAH

Výsledky, přehled (k 18.5.2015)

[sol=285.6 01/06]

Projekce vícečetných drah ve
Sluneční soustavě



Dvojstaniční pozorování (2014+2015)

Celkový počet jednočetných meteorů: 371

Celkový počet drah: 67

Efektivita párování: 36 %

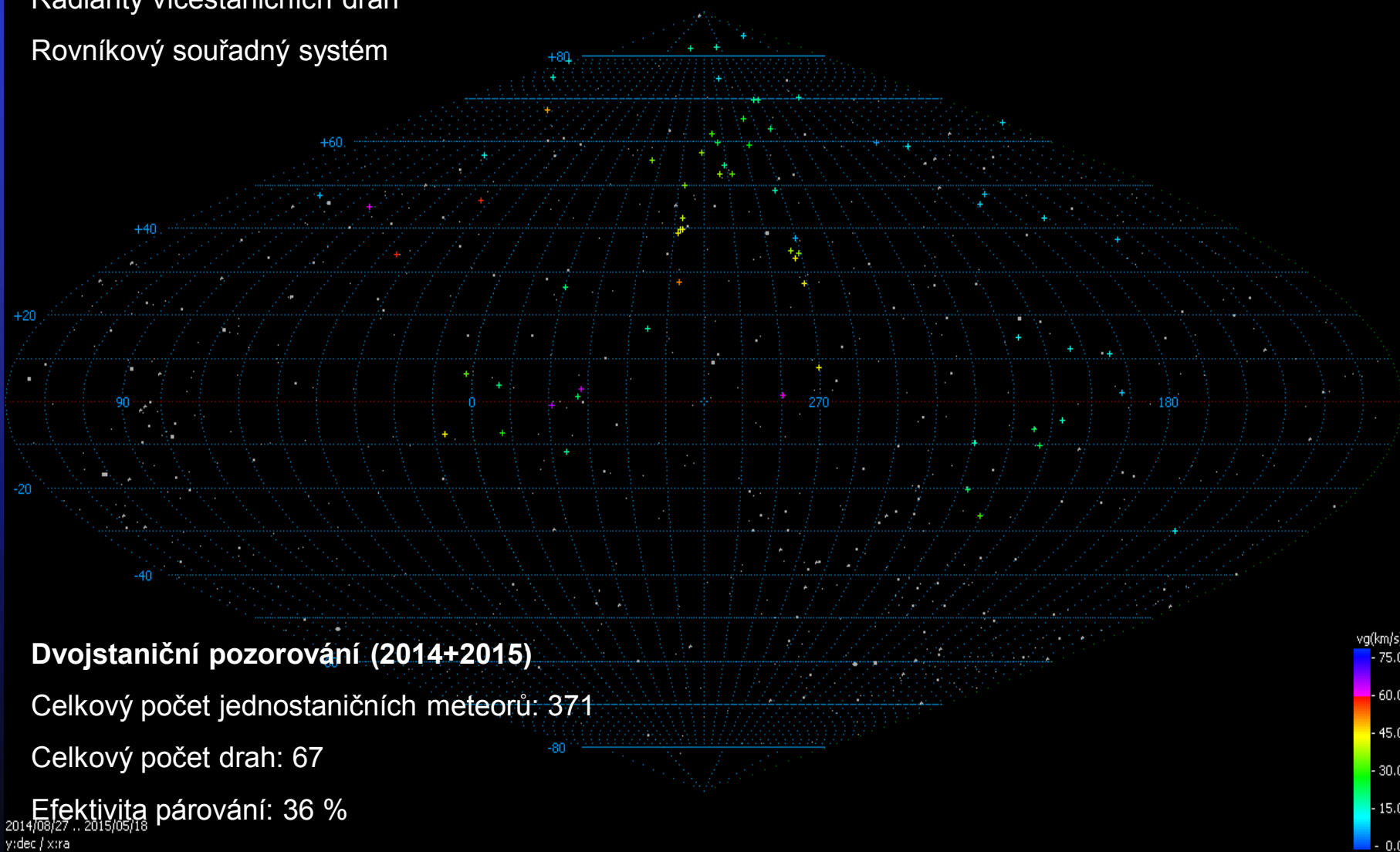
2014/08/27 .. 2015/05/18

ANALÝZA DRAH

Výsledky, přehled (k 18.5.2015)

Radiany víceštaničních drah

Rovníkový souřadný systém

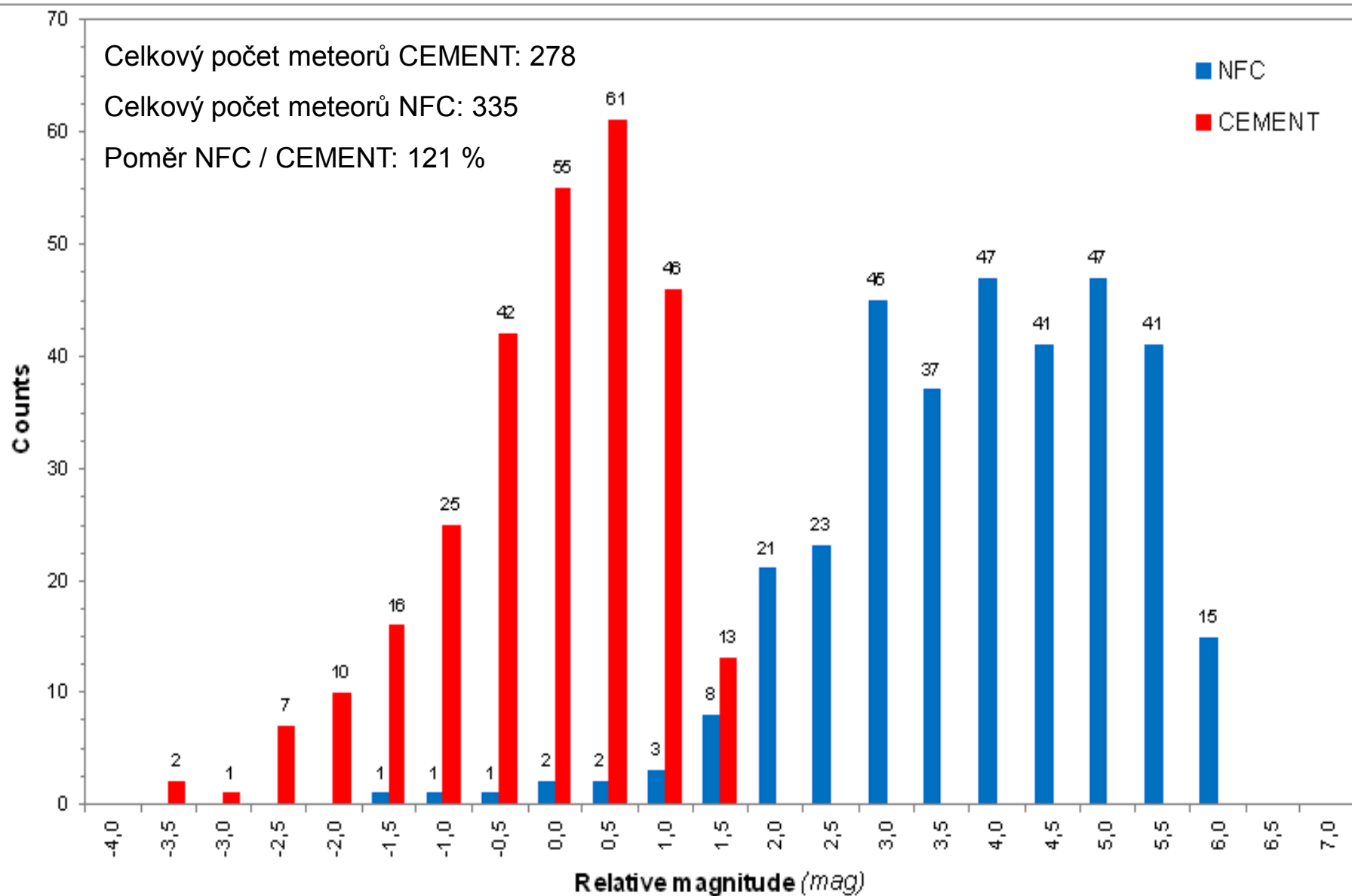


ANALÝZA DRAH

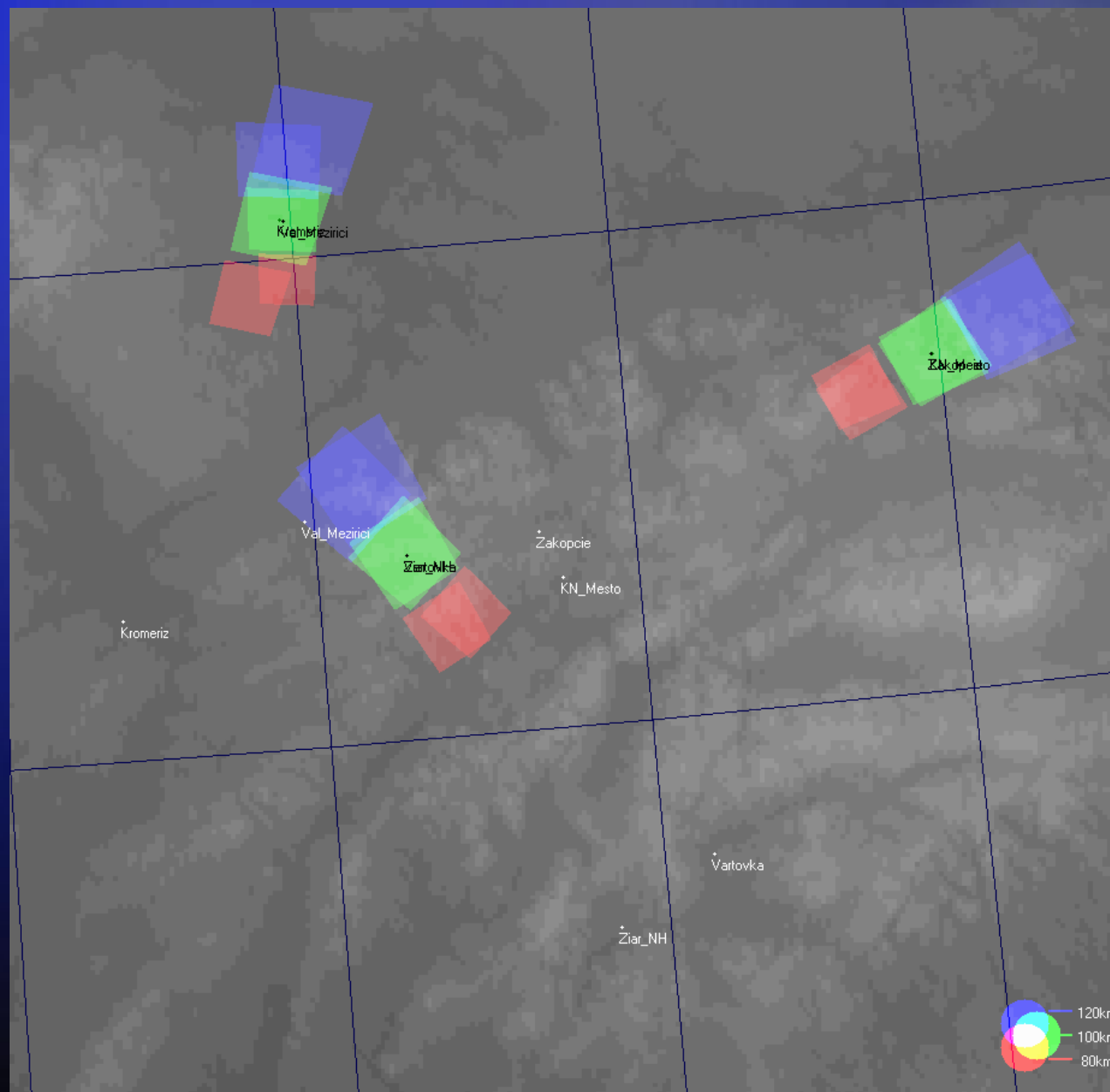
Výsledky, přehled (k 18.5.2015)

	CEMENT 2015	NFC	
Průměrná absolutní magnituda (<i>mag</i>)	-1,245	+3,307	-
Nejnižší absolutní magnituda (<i>mag</i>)	+1,694	+5,776	-
Průměrná v_g (km/s)	47,263	26,625	-
Průměrná odchylka v_g (km/s)	5,225	1,144	21,9 %
Průměrná odchylka v_g (%)	11,7	6,1	-
Nejnižší odchylka v_g (km/s)	0,028	0,008	28,6 %
Vícestanční dráhy s $\Delta v_g < 1$ km/s (%)	35,1	64,1	-
Vícestanční dráhy s $\Delta v_g < 0,5$ km/s (%)	7,5	39,1	-
Průměrná délka trvání meteoru (s)	0,403	0,312	-
Průměrný počet referenčních hvězd (-)	47	115	-
Maximální počet referenčních hvězd (-)	130	198	-
Přesnost fitu vůči reálné dráze meteoru v záznamu (<i>cdeg</i>)	0,01842	0,00172	9,3 %
Standardní odchylka <i>cdeg</i>	0,02820	0,00060	2,1 %
Přesnost astrometrie hvězdného pozadí (<i>ddeg</i>)	0,01911	0,00254	13,3 %
Standardní odchylka <i>ddeg</i>	0,01590	0,00089	5,6 %

TEORETICKÁ ÚČINNOST



NFC – CO DÁL ?



6 stanic s NFC

Kroměříž –
Valašské Meziříčí

Kysucké Nové Město –
Žákopčie

Žiar nad Hronom –
Vartovka

Celkem (1 rok) 7 500
meteorů

Celkem (1 rok) 1 900
drah

SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA METEORŮ



Vybavení spektrografu

Hvězdárna Valašské Meziříčí

CCD kamera VE6047EF (720x576 px)

Objektiv Tokina (f/0,98, F/3-8 mm)

FOV ~ 60° (horizontálně)

SW UFO Capture (záznam, astrometrie)

SW VSpec (analýza spekter)

Difrakční mřížky (holografická folie)

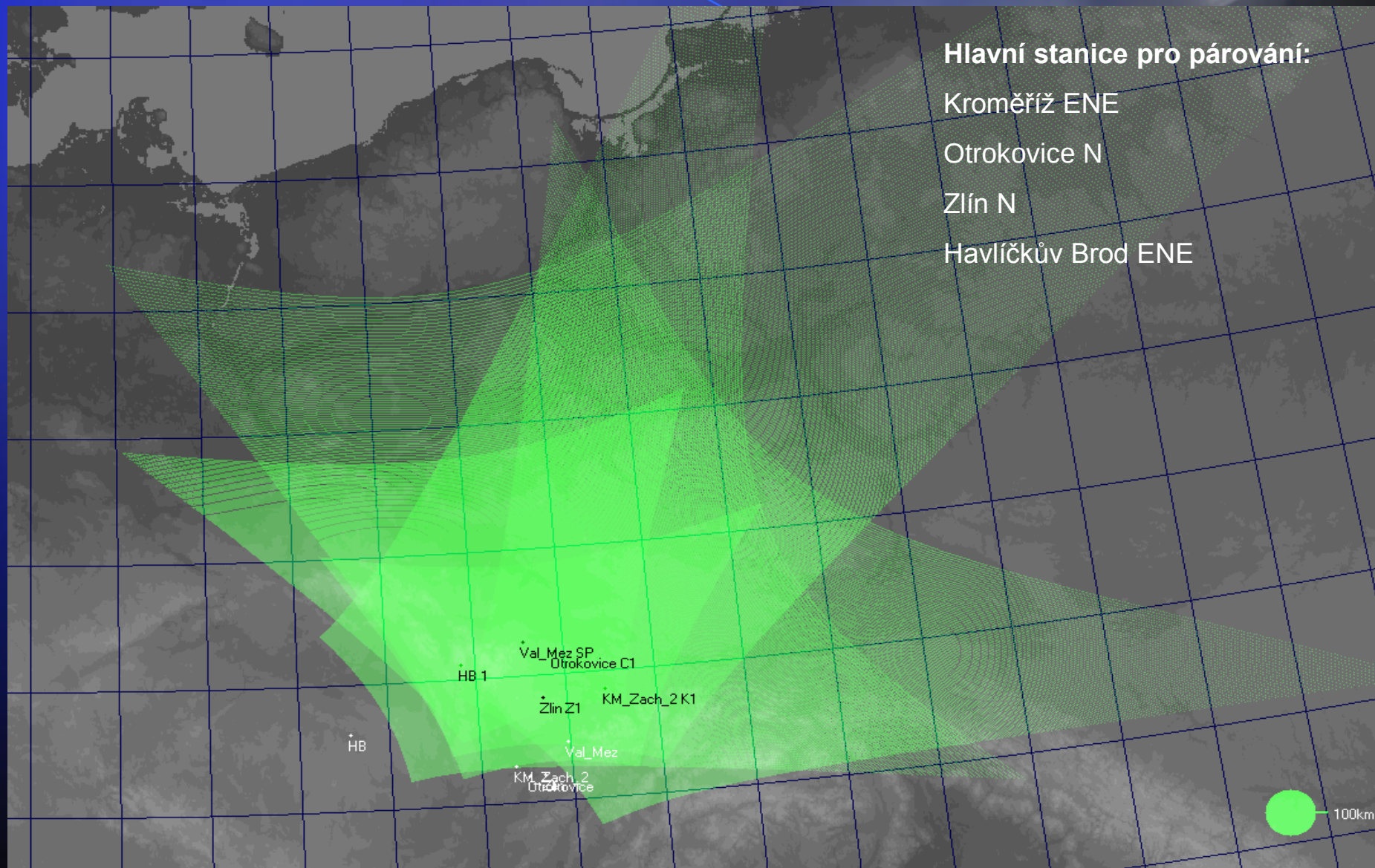
- 300 čar/mm

- **500 čar/mm** (rozlišení 30,4 Å/px)

- 1000 čar/mm

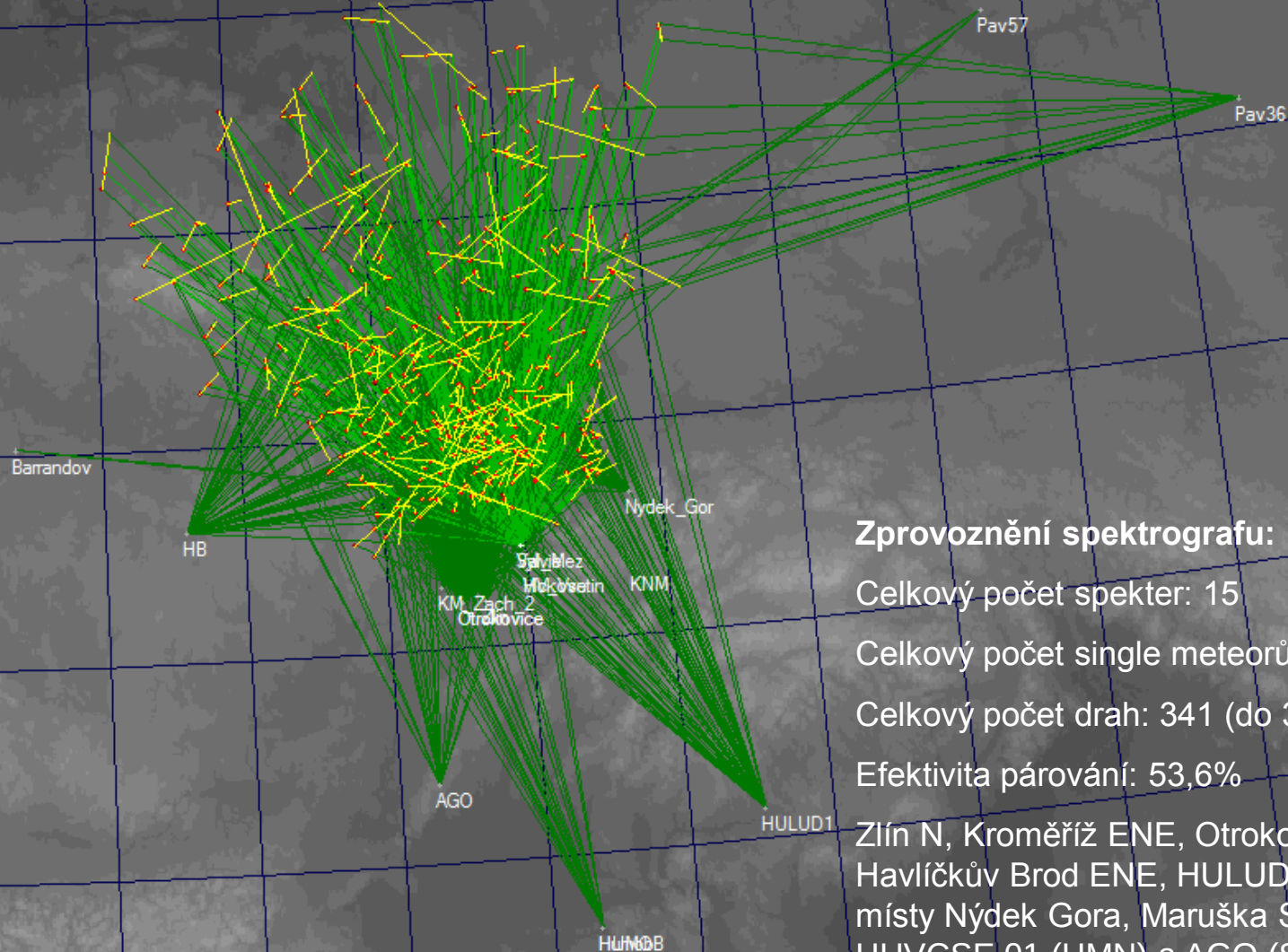
SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Projekce zorných polí



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Atmosférické dráhy meteorů 2014



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Atmosférické dráhy meteorů 2015

Zprovoznění spektrografu: 25.7.2014

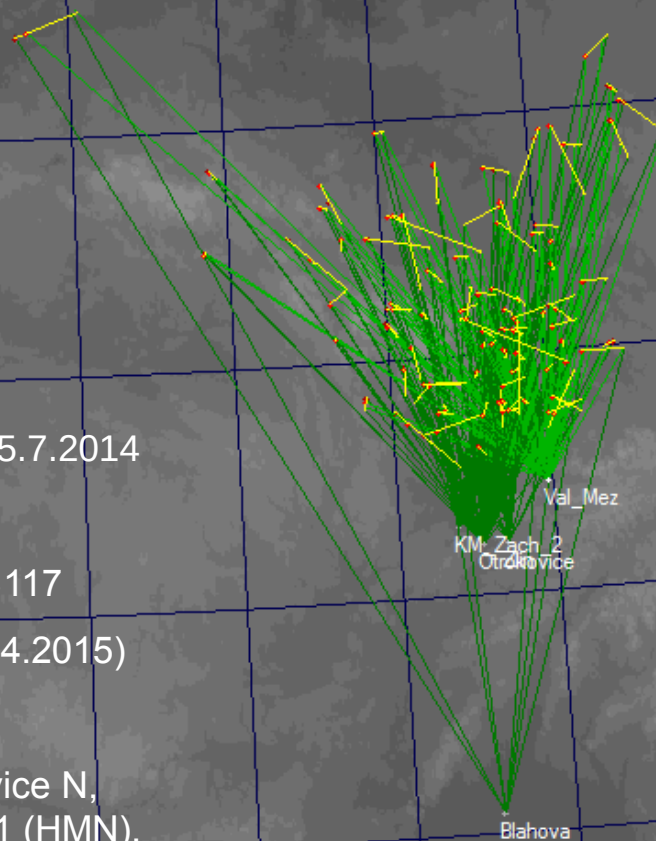
Celkový počet spekter: 3

Celkový počet single meteorů: 117

Celkový počet drah: 84 (do 23.4.2015)

Efektivita párování: 71,7%

Zlín N, Kroměříž ENE, Otrokovice N,
Havlíčkův Brod ENE, HULUD 1 (HMN),
místa Nýdek Gora, Maruška SW, HUVCS
01 (HMN) a AGO (SVMN), Blahová



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Bolid 20141209_161645 (EN091214)



Bolid 20141209_161645 (EN091214)

Spektrograf Valašské Meziříčí

Projekce atmosférické

20141209_141645: 31.ESA 94.9, 3043 vs 22.4 km 26.2 mag -4.3 (17.80), 49.953M 93.4-3 (17.29), 49.792M 71, 3.180

Projekce atmosférické dráhy



Kroměříž ENE

www.kromeriz-ene.cz

www.kromeriz-ene.cz

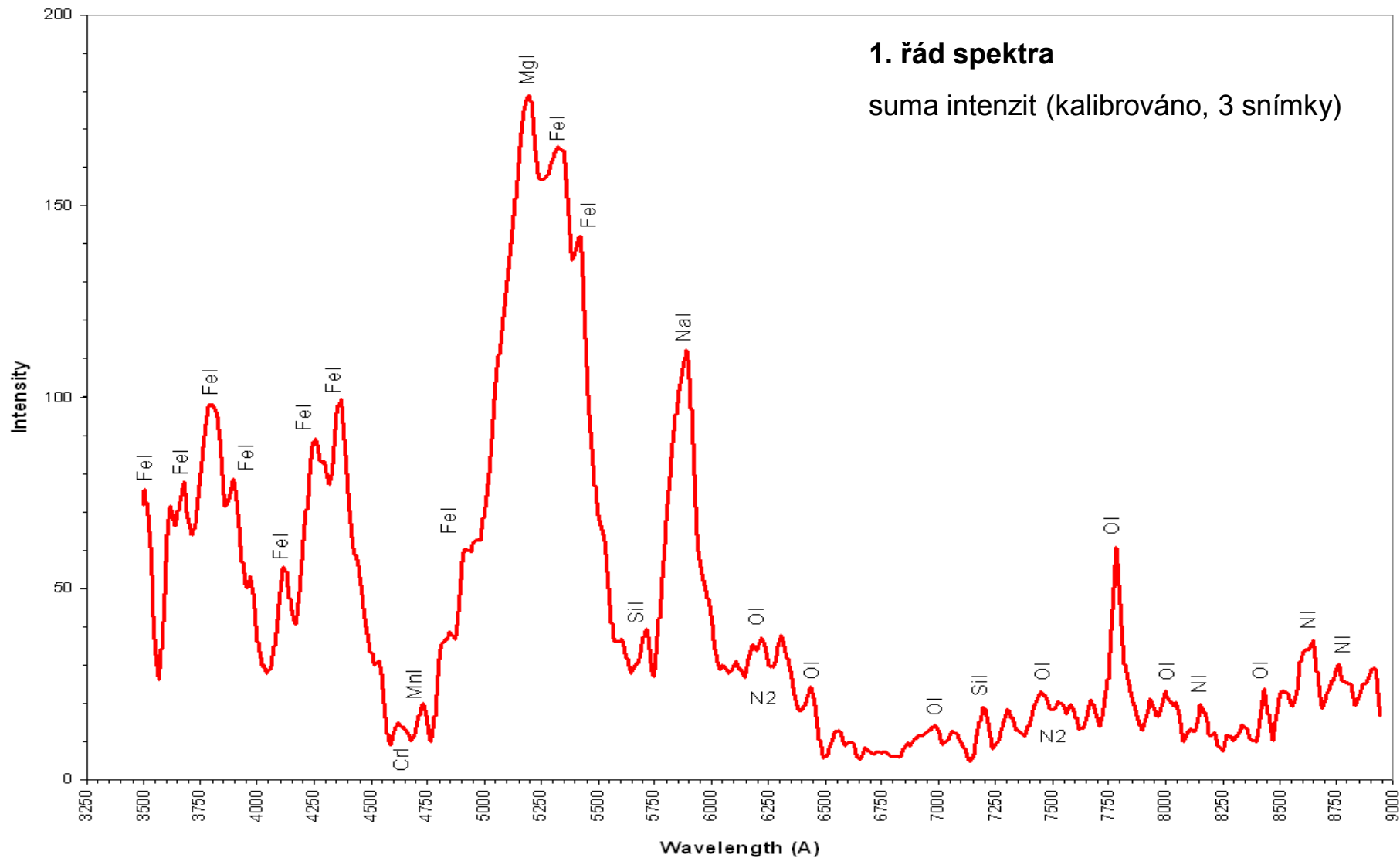
Dráha meteoroidu ve Sluneční soustavě

Y00009+151

Valasske Mezirici N (SP)

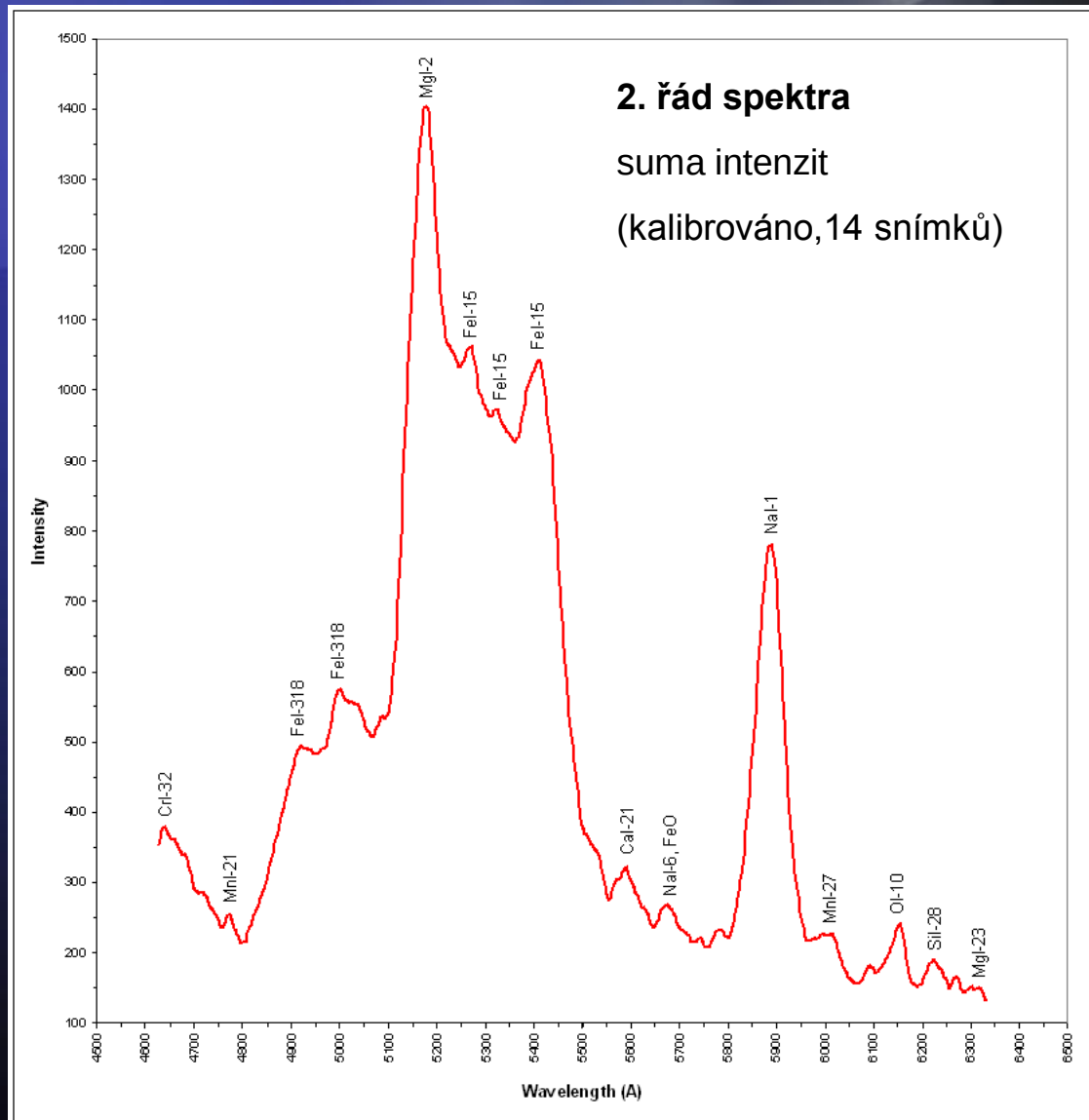
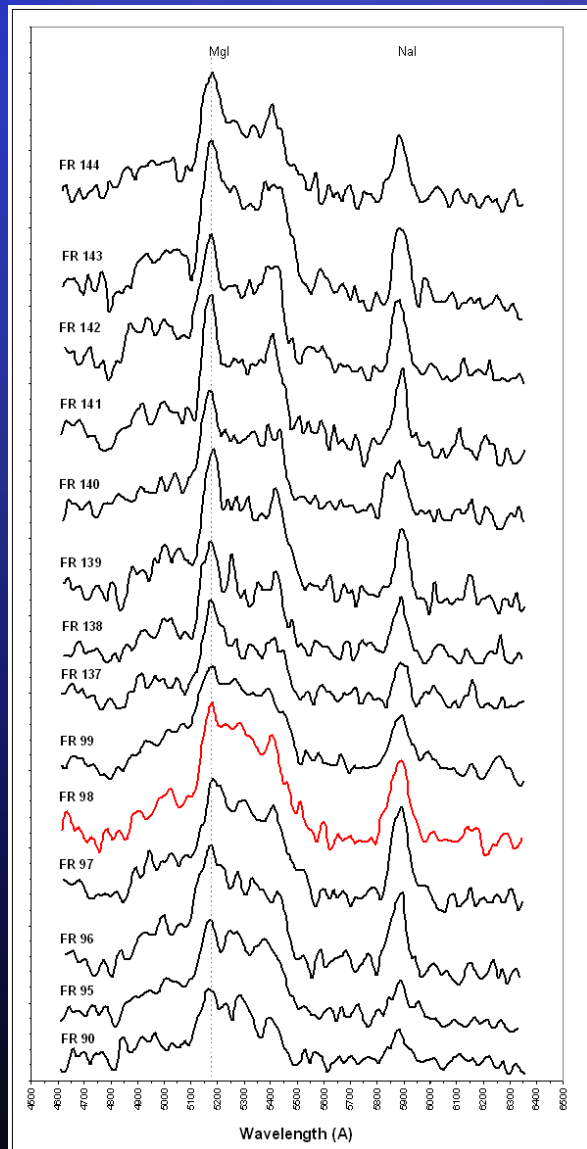
SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Bolid 20141209_161645 (EN091214)



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Bolid 20141209_161645 (EN091214)



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Bolid 20150324_001429 (BRAMON)

Stanice Goiania

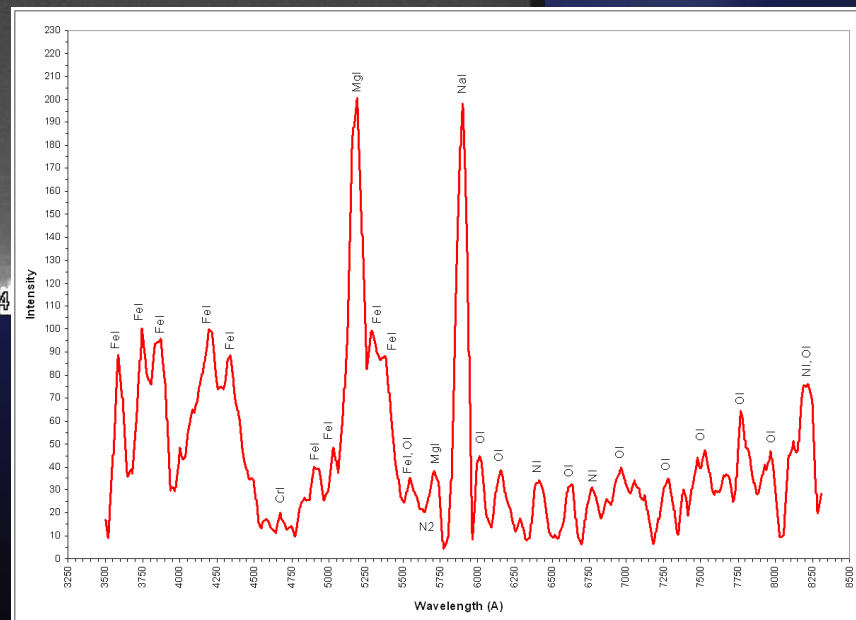
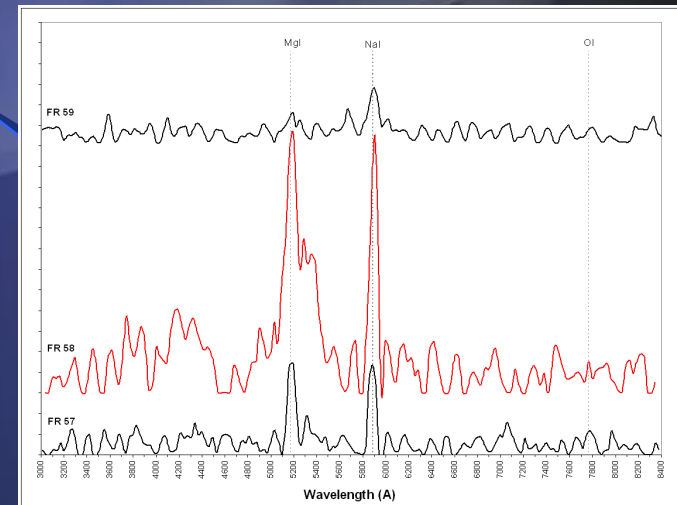
Waterc 902 H2

500 čar/mm

Carlos di Pietro

1. řád

24/Mar/2015 00:14:29.874 UTC 0061V000008+044



Vývoj emise hlavních
multipletů (NaI, MgI,
FeI) spektra meteoru
– výběr 3 snímků
(celkem 5 snímků)

Suma intenzit
(kalibrováno,
3 snímky)

SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Bolid 20150411_202511

Spektrograf Valašské Meziříčí

1. řád

Projekce atmosférické dráhy

[sol=21.4 04/11]

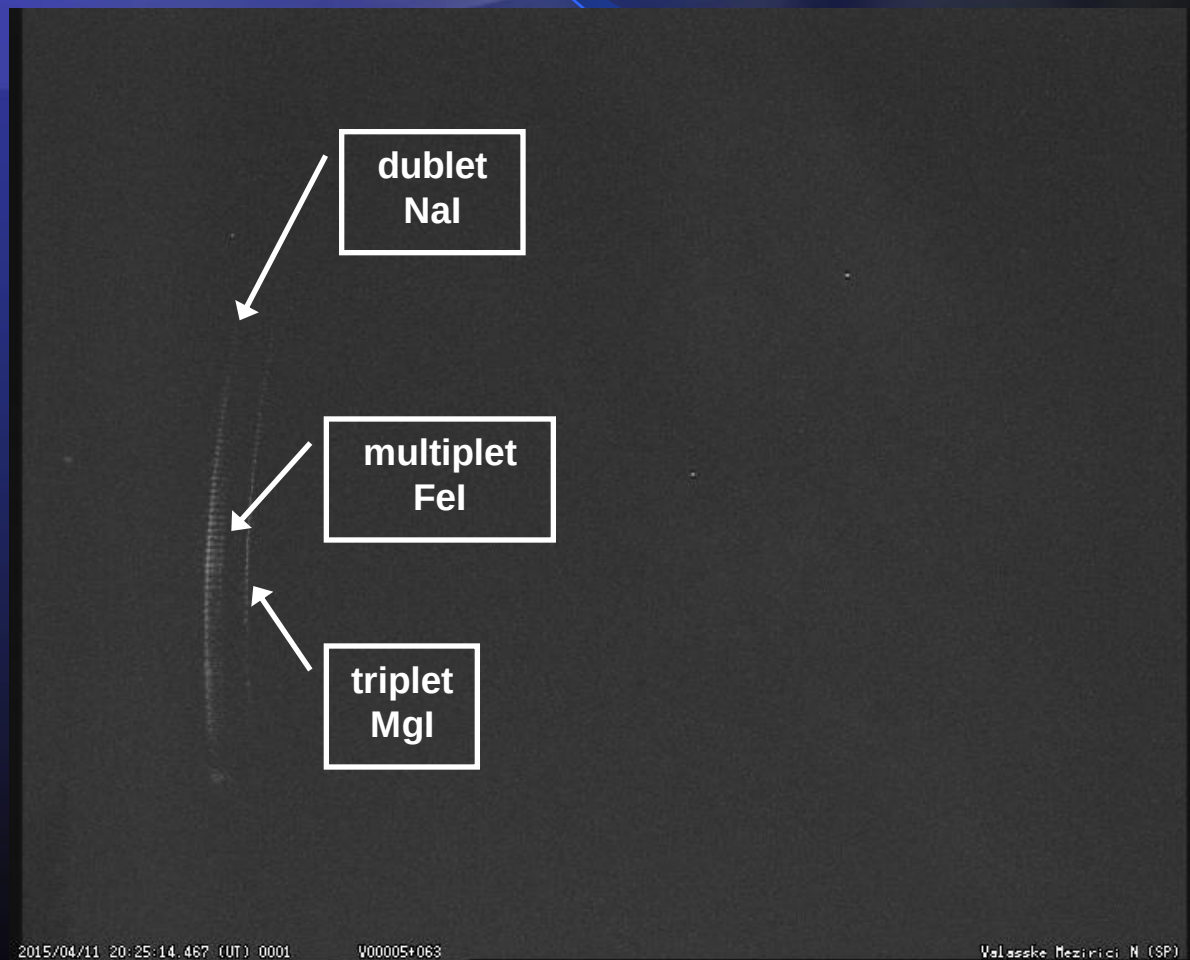
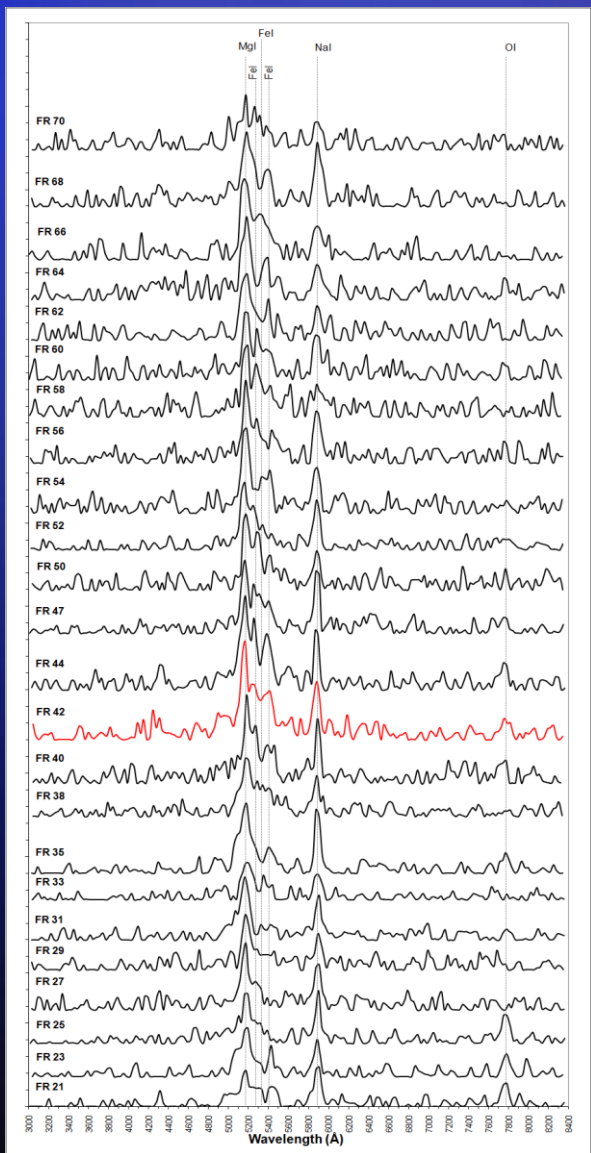
Dráha meteoroidu ve
Sluneční soustavě

20150409_202422 (UNIFIED_2) spo r(208.6, -18.8) vg 29.6 vs 37.1 a 2.2 q 0.348 e 0.645 peri 115.1 node 201.4 ind 8.2

SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

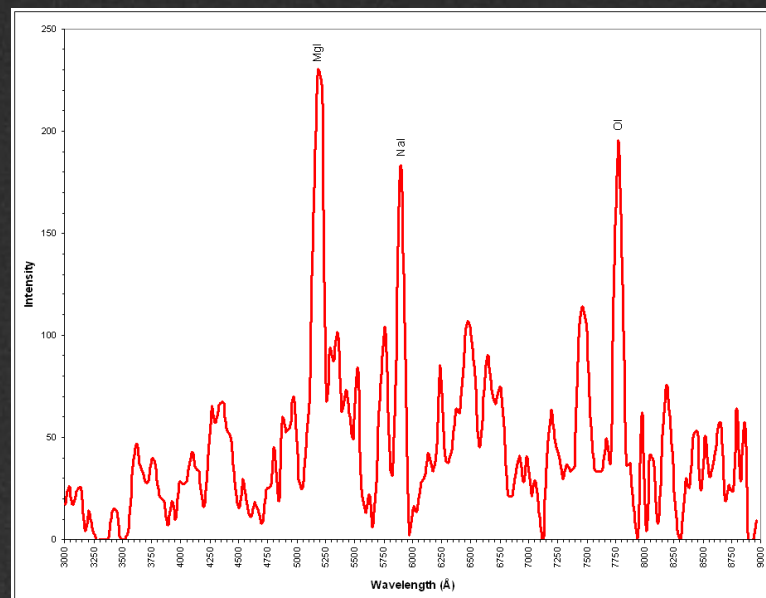
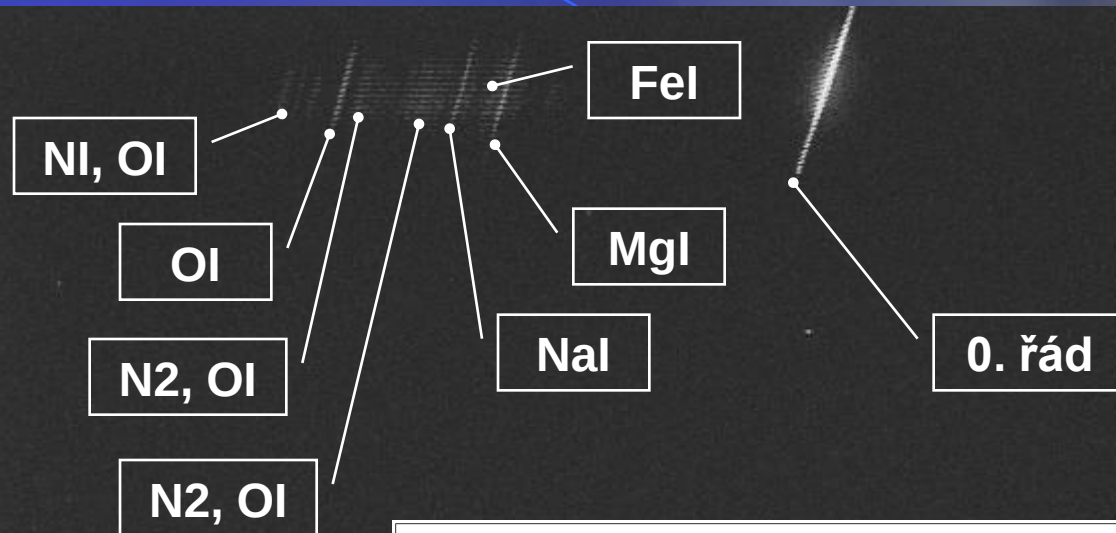
Bolid 20150411_202511

Vývoj emise hlavních multipletů (NaI, MgI, FeI) spektra meteoru – výběr 24 snímků (celkem 54 snímků)



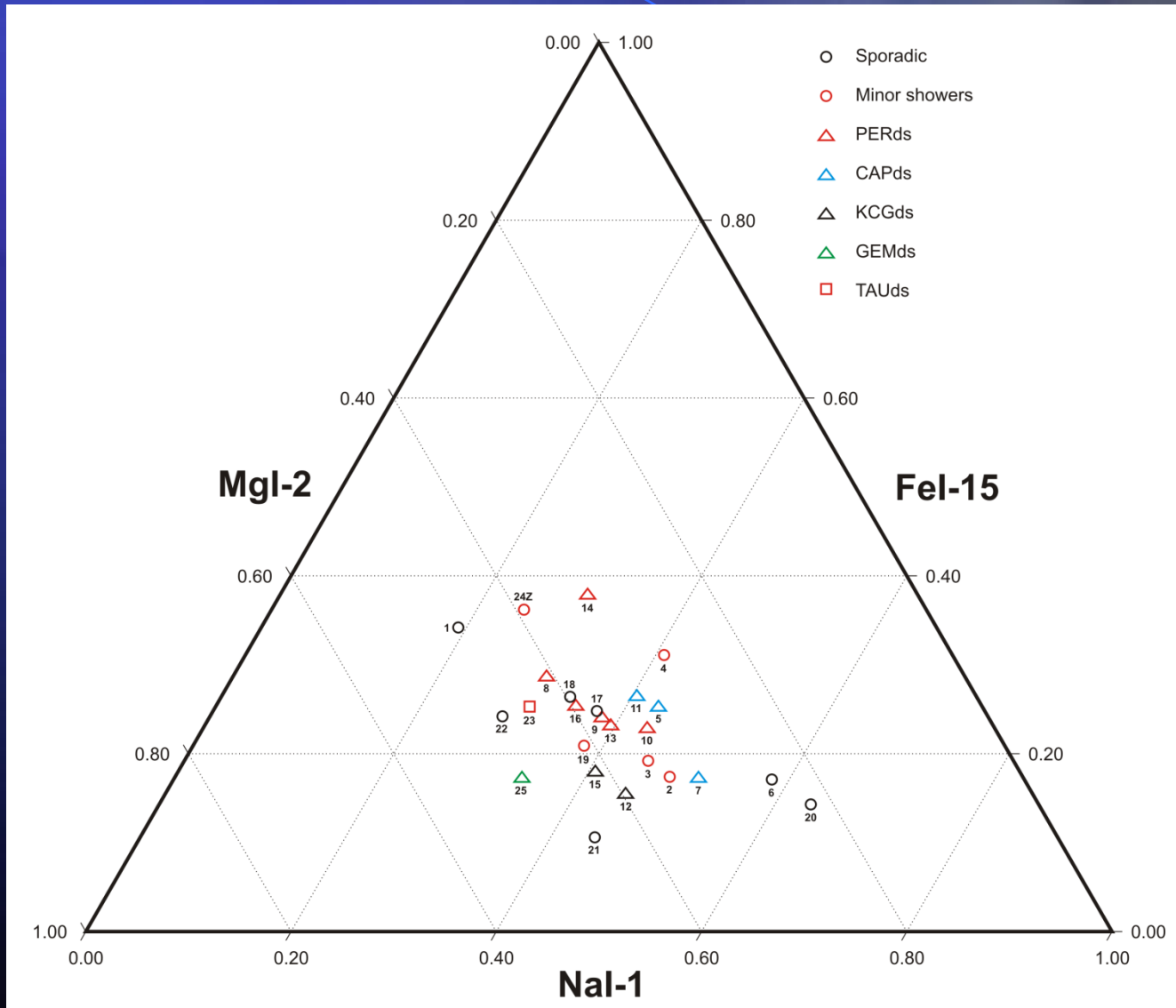
SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Lyrida 20150422_011758



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Trojstranný diagram poměru MgI-Fel-NaI



SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA METEORŮ – CO DÁL ?



Kamera QHY 5L-II M

Rozlišení: 1280x960 px

Difrakční mřížka

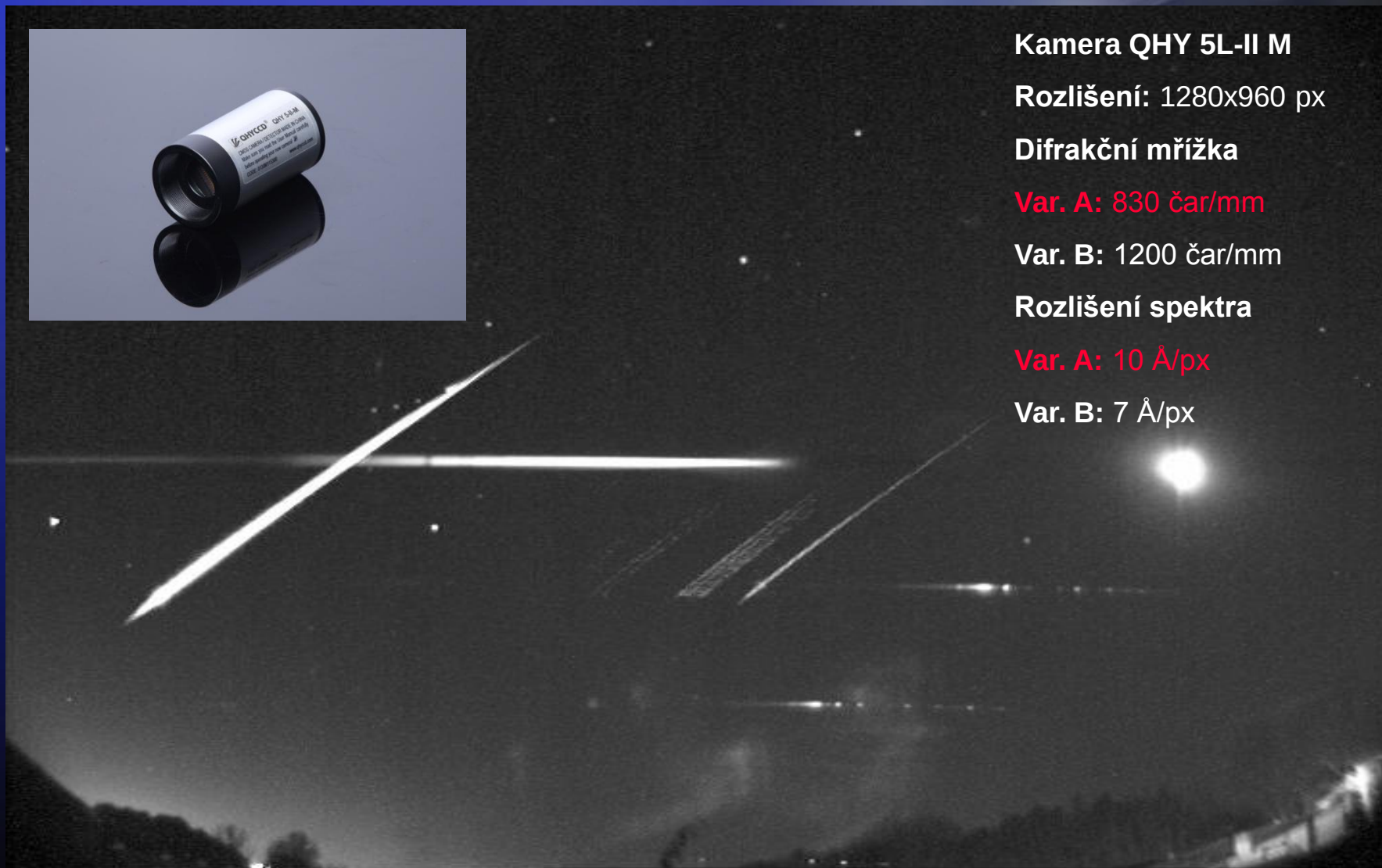
Var. A: 830 čar/mm

Var. B: 1200 čar/mm

Rozlišení spektra

Var. A: 10 Å/px

Var. B: 7 Å/px



DĚKUJI ZA VAŠI POZORNOST !

DOTAZY ?

