



# Astrofotografie

Pixel peeping – de zoektocht naar quasars

Stijn Hertelé, Alexander Reinartz

17/8/2023



# Hoe het allemaal begon

Stijn: Slechte vrienden met M13

Eerdere pogingen waren niet zeer succesvol  
(te kleine telescoop, gesatureerde sterren, mindere postprocessing)



Mijn allereerste deep-sky astrofoto (°2019)



2021



# Hoe het allemaal begon



Skywatcher MN 190/1000 a.k.a. **“het beest van Wouter”**

Zo groot dat 'ie niet op een foto past



# Die avond...

Oorspronkelijk plan: Dumbbell nebula

Maar...

geen zin in meridian flip

zeer goede seeing

M13 start bij het zenit → handig voor lange sessie zonder flip  
net voor de eerste keer het gevoel van goede collimatie

Dus: change of plan



# Resultaat

## M13 en omgeving

Stijn Hertelé  
24/6/2023, De Pinte (bortle 6)

Skywatcher MN 190/1000  
ZWO ASI294 MC Pro @ -10°C  
Skywatcher EQ6-R Pro  
Optolong L-Pro

Lights: 3h18 (132x90")  
Darks: 45  
Flats: 14

Avg. Moon phase: 32.81%

Postprocessing: DSS, Photoshop



# En dan begin je verder te kijken



IC 4617 (500 Mly)

However the most remote object I found in the picture is quasar marked in another picture. This remote world is over 11 billion light years away!



Redshift = 2.645 → 11.2 miljard lichtjaar  
Zou het kunnen dat...?



# Quasars waarnemen is niet onmogelijk



<http://www.astrofoto.be/artikels/quasar.pdf>

(Hugo Van Eeckhaut, Chris De Pauw, Hugo Van den Broeck)

San Pedro Observatory in Benson Arizona

Maar... kan dit ook vanuit de achtertuin??!



# Er is daar precies wel een blauw vlekje...



Stijn:

“Blauw?! Moet dat niet rood zien?”

Alexander:

“Veel quasars hebben sterke uv emissie op 121.6 nanometer, de Lyman-alpha emissie van waterstof. Dus kan goed zijn dat hij blauw ziet ☺. En als we dan 121.6 nanometer licht een redshift geven van 2.645381, dan komen we uit op 443.3nm licht, wat dus tussen blauw en violet ligt.”

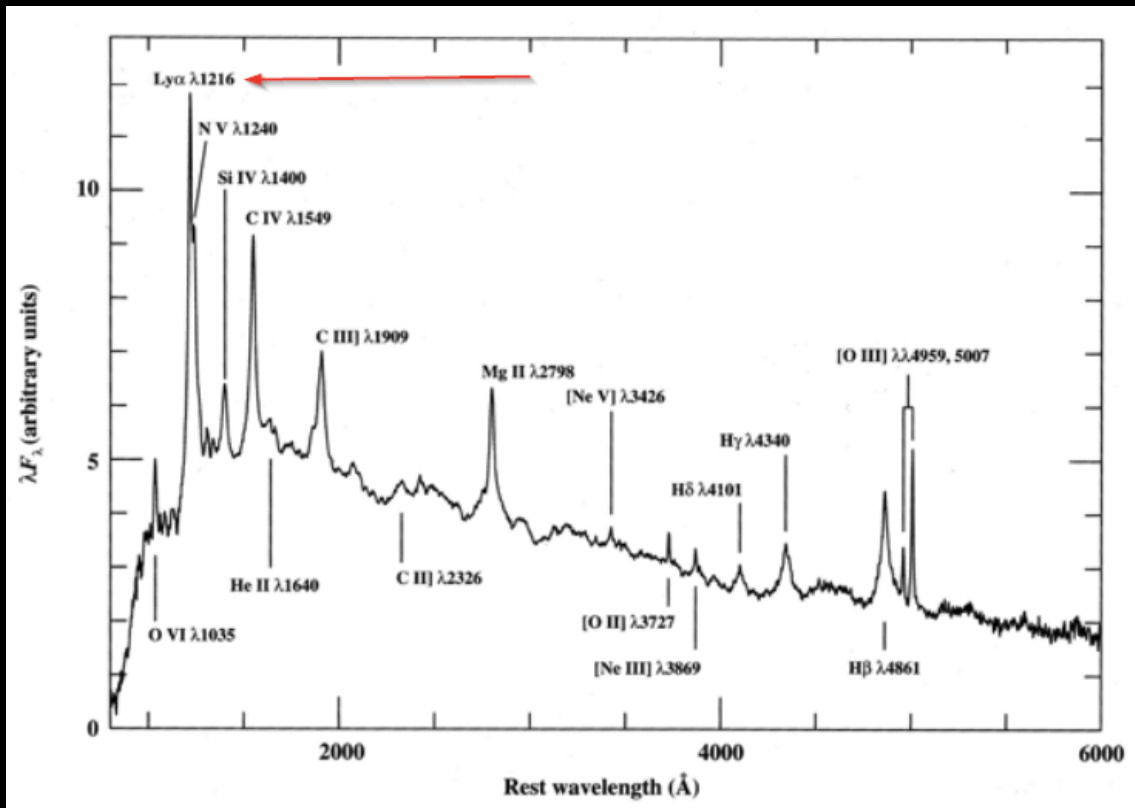
Koen:

“Quasars emit most of their radiation in the optical/ultraviolet (UV) band, through their accretion disk, and a small fraction in the X-rays, produced by a cloud of hot electrons called a “corona”.”



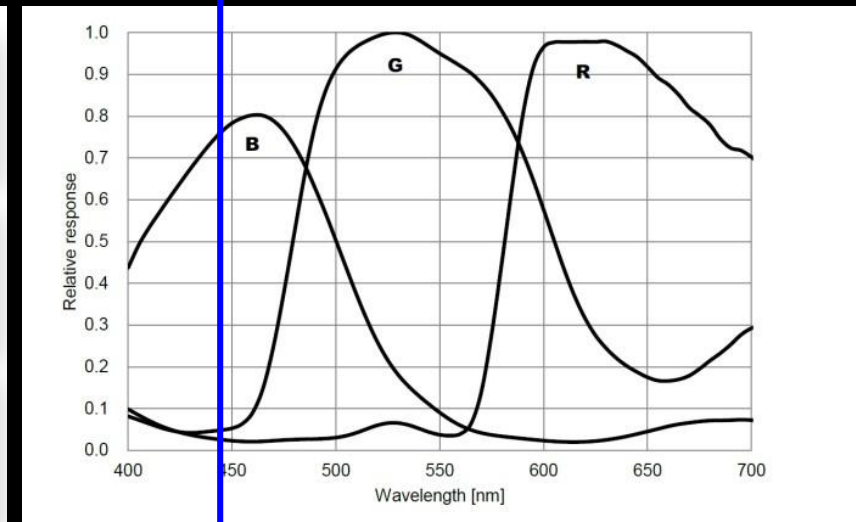


# Er is daar precies wel een blauw vlekje...



Emitted light	
Wavelength	121.6 nm
Frequency	2,465.4 THz
Observed light	
Wavelength	443.3 nm
Frequency	676.3 THz
Redshift	
z	2.645381
You will observe a redshift.	

redshift the Ly-alpha

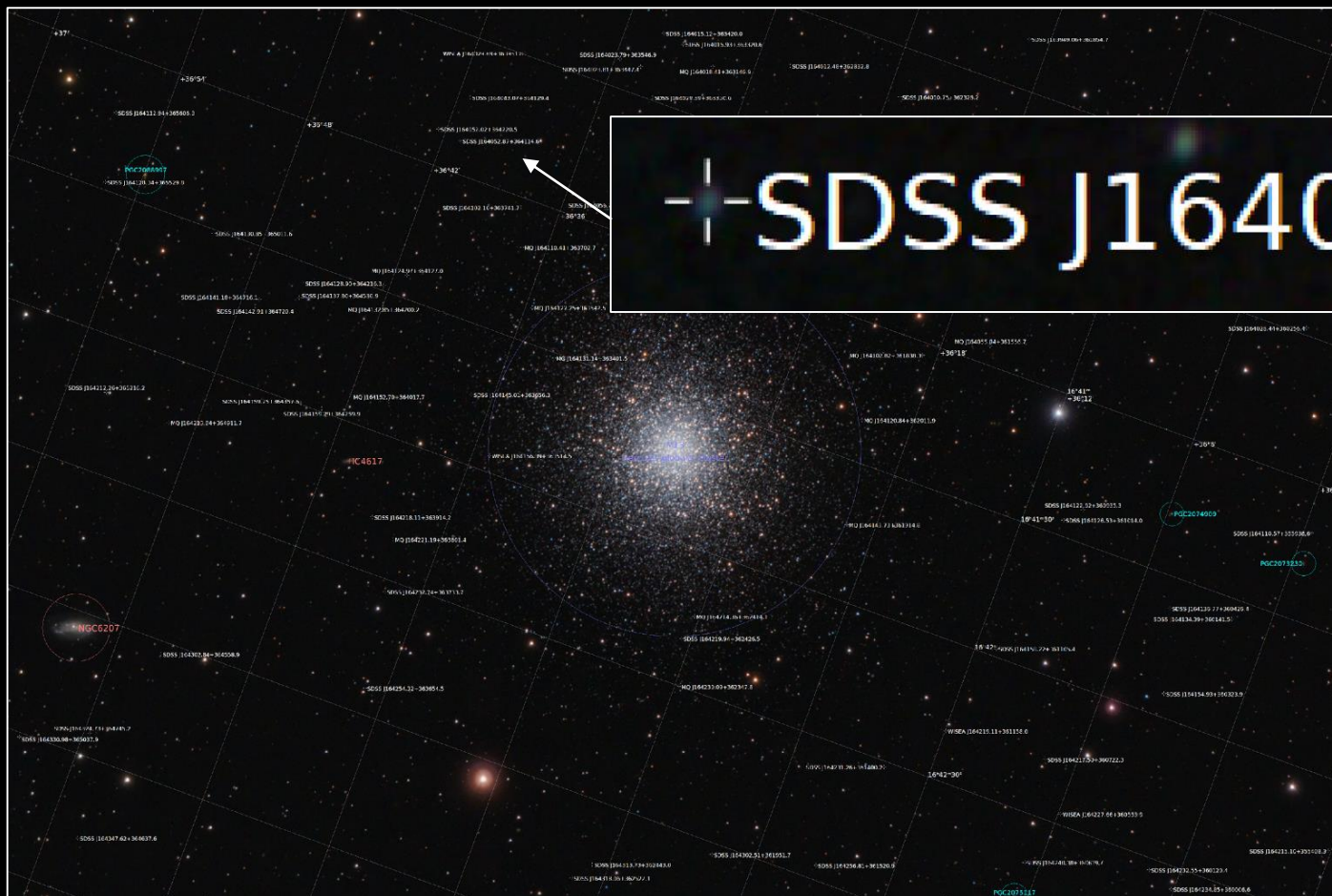


asi294mc QE curve

A mean QSO spectrum formed by averaging spectra of over 700 QSOs from the Large Bright Quasar Survey (Francis et al. 1991). Prominent emission lines are indicated. Data courtesy of P. J. Francis and C. B. Foltz.



# Alexander: Plate solving in PI (Million Quasar Catalog)



+SDSS J164052.87+364114.6

Spot on  
→ sterk vermoeden dat dit  
wel degelijk de quasar is

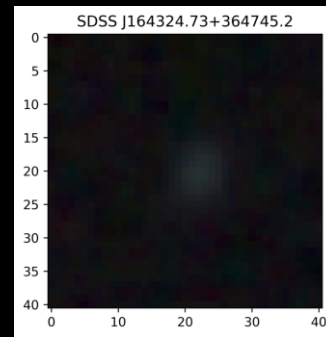
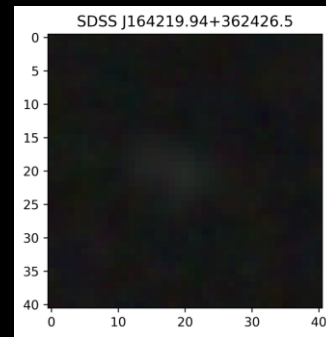
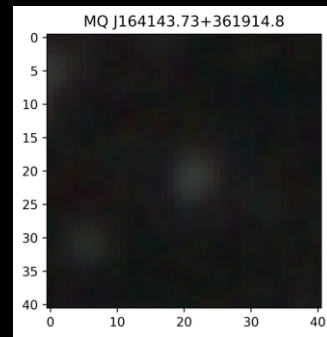
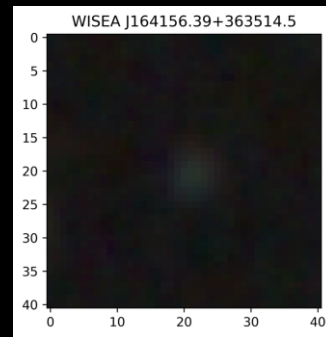
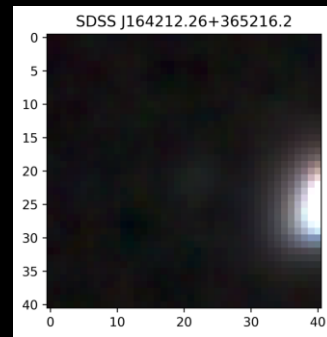
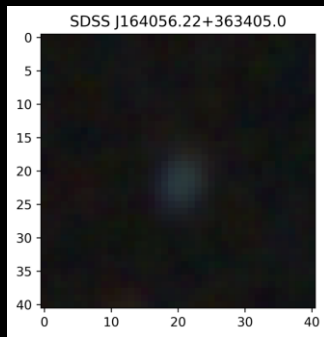
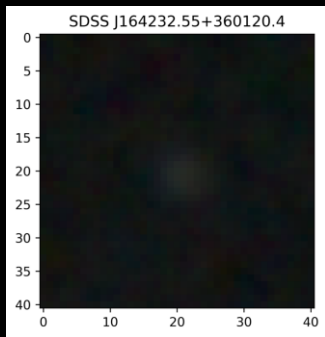
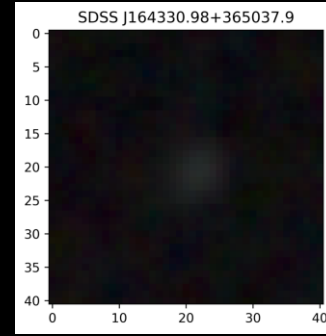
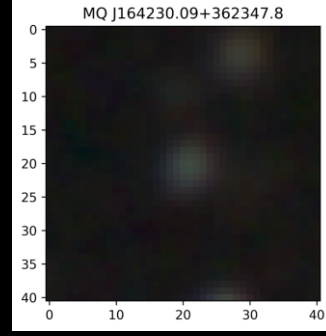
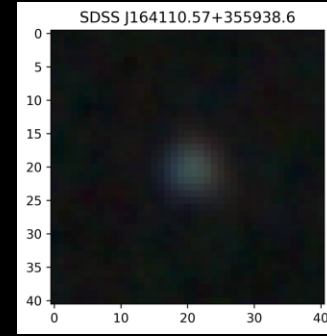
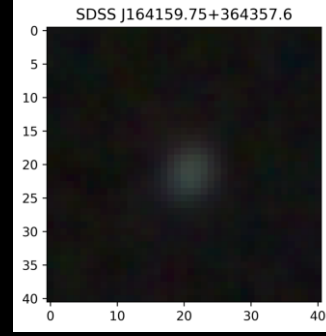
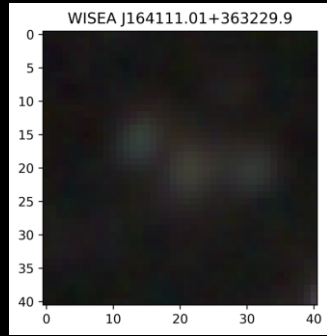
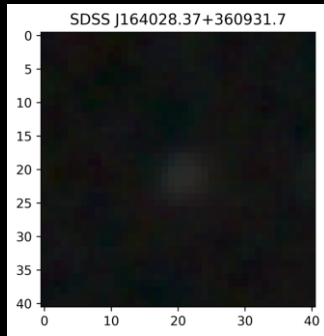
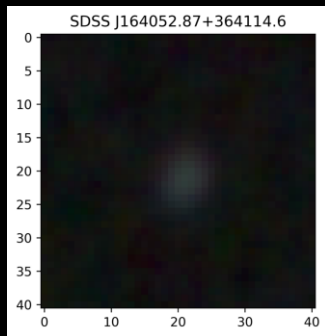
Hier begon de fun pas echt...

Hoe zit dat eigenlijk met die  
andere indicaties?



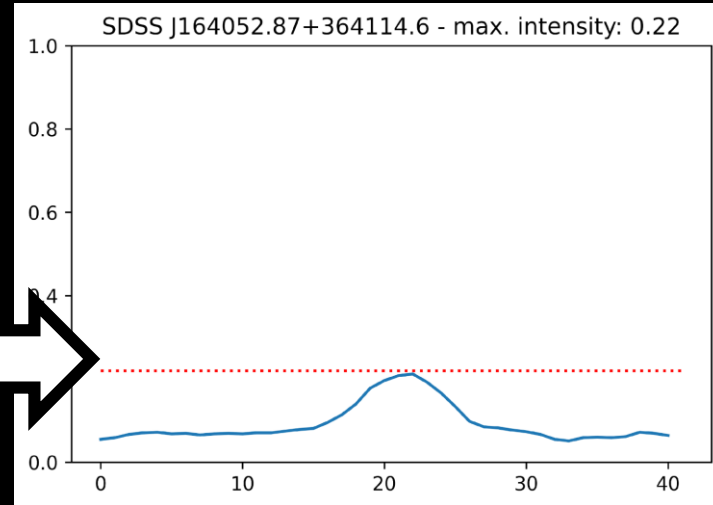
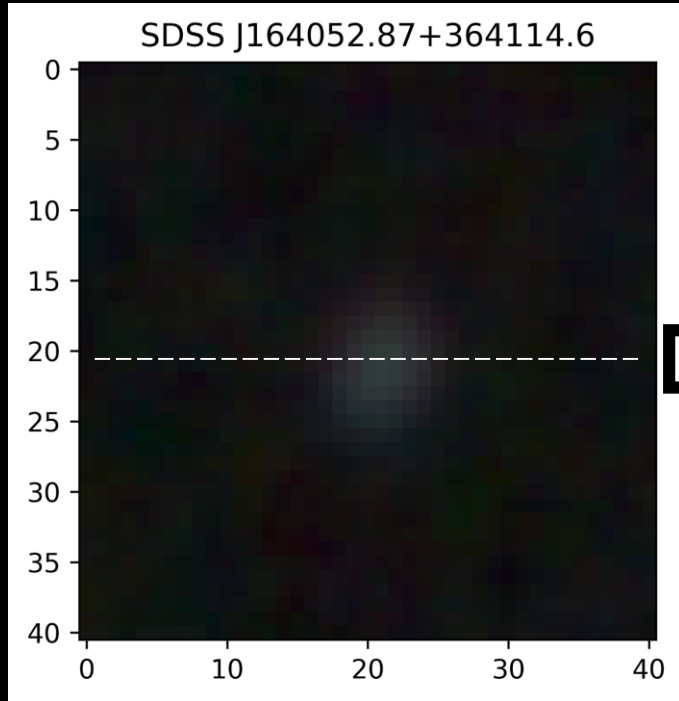
# Stijn: visuele check 14 zichtbare quasars

Handmatige extractie met Python-script op basis van pixel-coördinaten

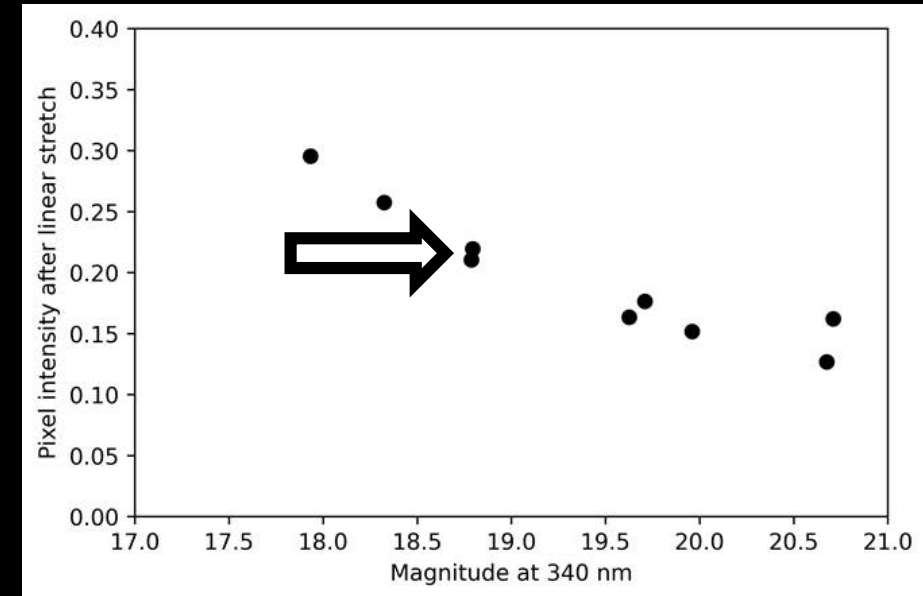




# Helderheid linkt met hun gerapporteerde magnitude



Zeer mooie trend  
→ Sterkt het vermoeden dat dit allen wel degelijk de welbewuste quasars zijn



Maar het kan nog veel verder...

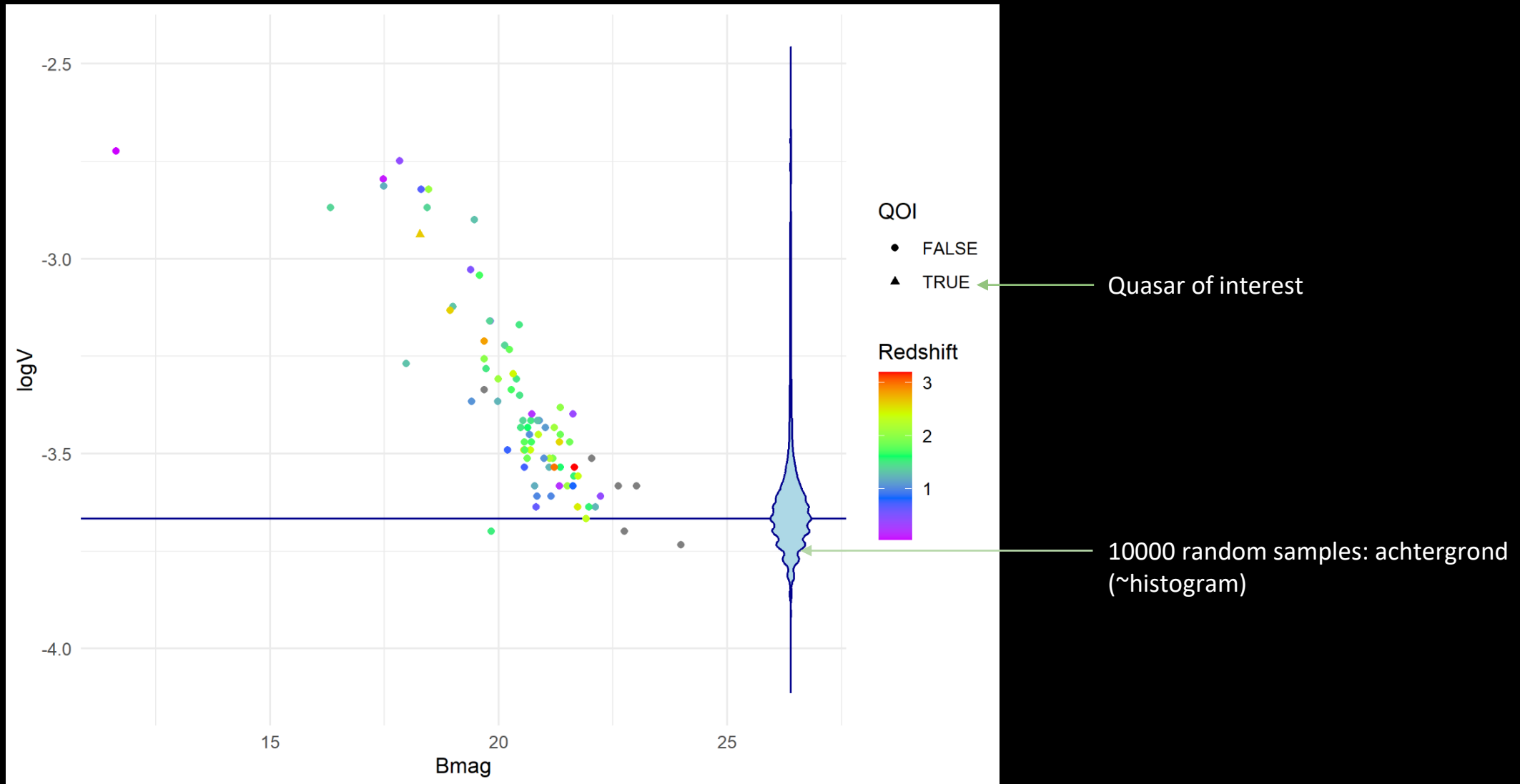


# Alexander haalt de data uit PI (82 indicaties)...

```
M13 v02.objects.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Milliquas;;;;;;
The Million Quasars (Milliquas) catalogue, version 7.2 (Flesch, 2021) (1,573,824 objects);;;;;;
Name;RA(deg);Dec(deg);PixelX;PixelY;Type;Rmag;Bmag;Redshift
SDSS J163949.06+361854.7;249.954408;36.315198;5717.553459;170.757508;Q;20.67;20.70;2.388
SDSS J164010.75+362328.2;250.044782;36.391187;4993.568153;494.448101;Q;20.13;20.20;0.760
SDSS J164012.48+362832.8;250.052018;36.475785;4378.600387;320.908219;Q;20.77;20.48;1.505
SDSS J164015.12+363420.0;250.062990;36.572246;3671.810897;138.183947;Q;20.70;20.56;0.738
SDSS J164015.93+363320.6;250.066377;36.555746;3781.973225;199.478625;Q;19.52;19.68;2.819
MQ J164018.41+363146.9;250.076722;36.529694;3945.669445;324.752576;X;22.28;22.75;
SDSS J164021.91+361926.2;250.091316;36.323950;5375.359604;931.348091;QX;20.99;21.15;0.994
SDSS J164022.57+361616.0;250.094083;36.271130;5744.506342;1081.519838;Q;21.37;21.33;2.584
SDSS J164023.79+363546.9;250.099136;36.596399;3426.617548;282.675769;Q;19.90;20.72;1.692
SDSS J164023.81+363447.4;250.099217;36.579862;3543.782018;325.266822;Q;20.65;20.71;1.510
SDSS J164027.99+361630.9;250.116642;36.275269;5668.826580;1200.022588;AX;19.92;21.63;0.362
SDSS J164028.37+360931.7;250.118208;36.158823;6491.739831;1505.391437;Q;18.87;19.00;1.323
SDSS J164028.44+360256.4;250.118501;36.048998;7270.301668;1786.799253;Q;20.34;20.55;2.519
SDSS J164029.39+363350.6;250.122484;36.564077;3608.179067;498.085821;Q;20.04;19.41;1.061
WISEA J164029.69+363951.8;250.123739;36.664389;2893.924080;249.518563;q;19.32;20.79;1.200
SDSS J164031.58+362322.4;250.131616;36.389559;4827.465540;994.490320;QX;19.44;20.84;0.996
SDSS J164031.96+361031.8;250.133183;36.175516;6342.555613;1548.627003;Q;20.99;21.19;1.901
SDSS J164039.06+363454.3;250.162781;36.581749;3400.377913;682.605563;QX;21.26;21.22;2.100
SDSS J164043.07+364129.4;250.179467;36.691503;2587.721538;497.529590;Q;21.70;22.12;1.233
SDSS J164044.20+363109.6;250.184199;36.519326;3799.221384;963.808520;QX;20.69;20.68;1.048
SDSS J164048.53+365606.4;250.202212;36.935118;813.500215;5.177830;Q;21.27;21.65;1.558
MQ J164048.75+362211.1;250.203138;36.369760;4821.173246;1453.391705;X;20.38;21.12;2.200
SDSS J164052.02+364220.5;250.216769;36.705723;2410.594190;673.427790;Q;19.70;19.98;1.233
SDSS J164052.87+364114.6;250.220301;36.687403;2533.304388;740.290476;OX;18.18;18.28;2.642
```

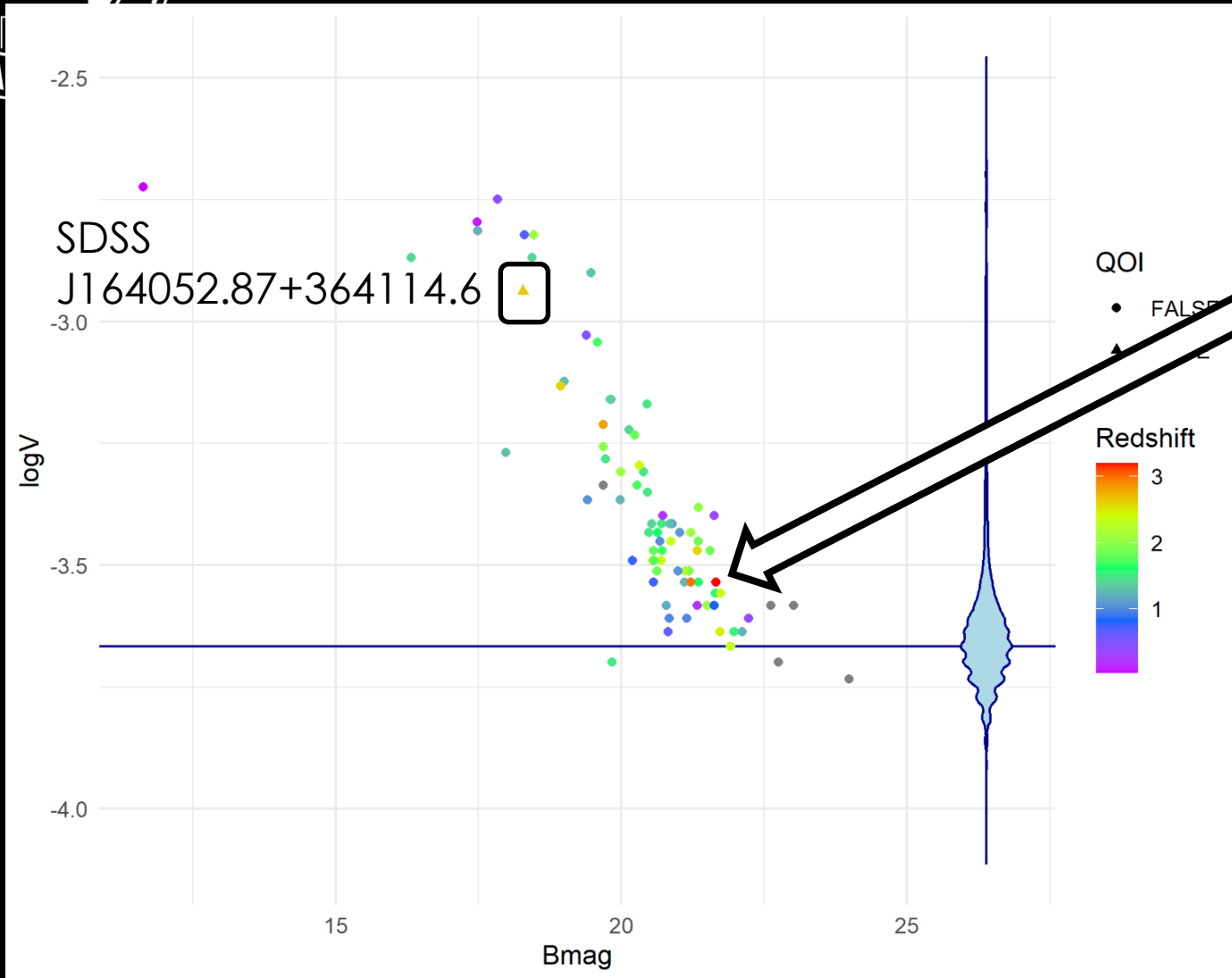


# ... en analyseert ze allemaal





# Zou het kunnen dat...? (v2.0)

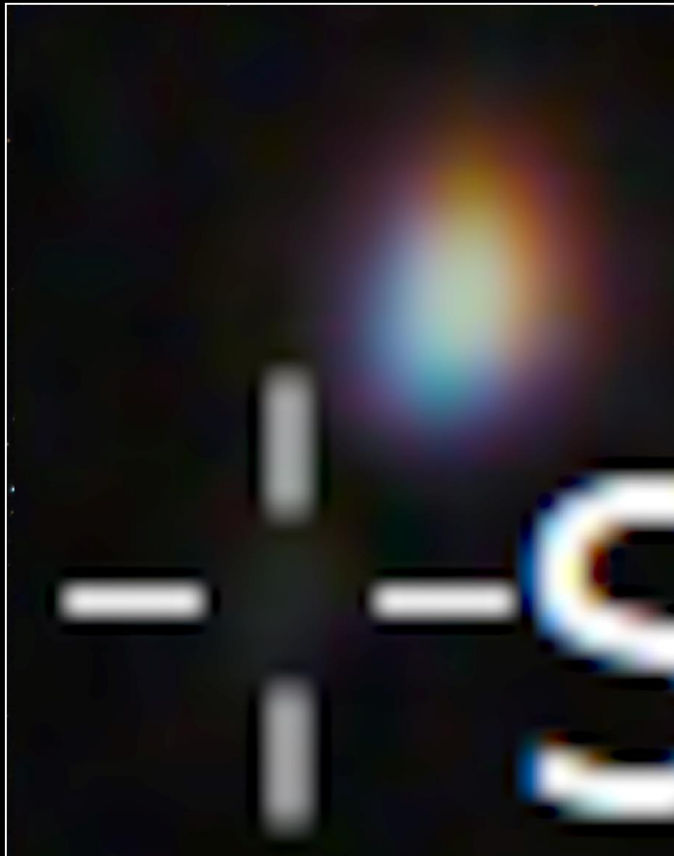


Nóg hogere redshift



# Aanschouw

## SDSS J164128.90+364216.3

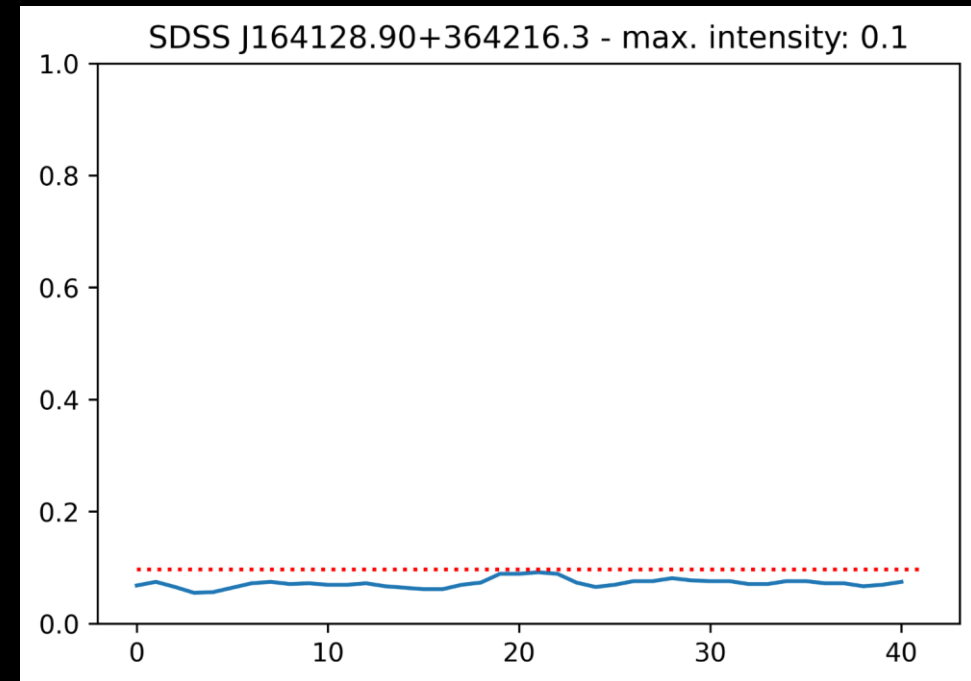


$z = 3.195$

11.8 miljard jaren  
look-back tijd

Huidige afstand: 21.8 Mly

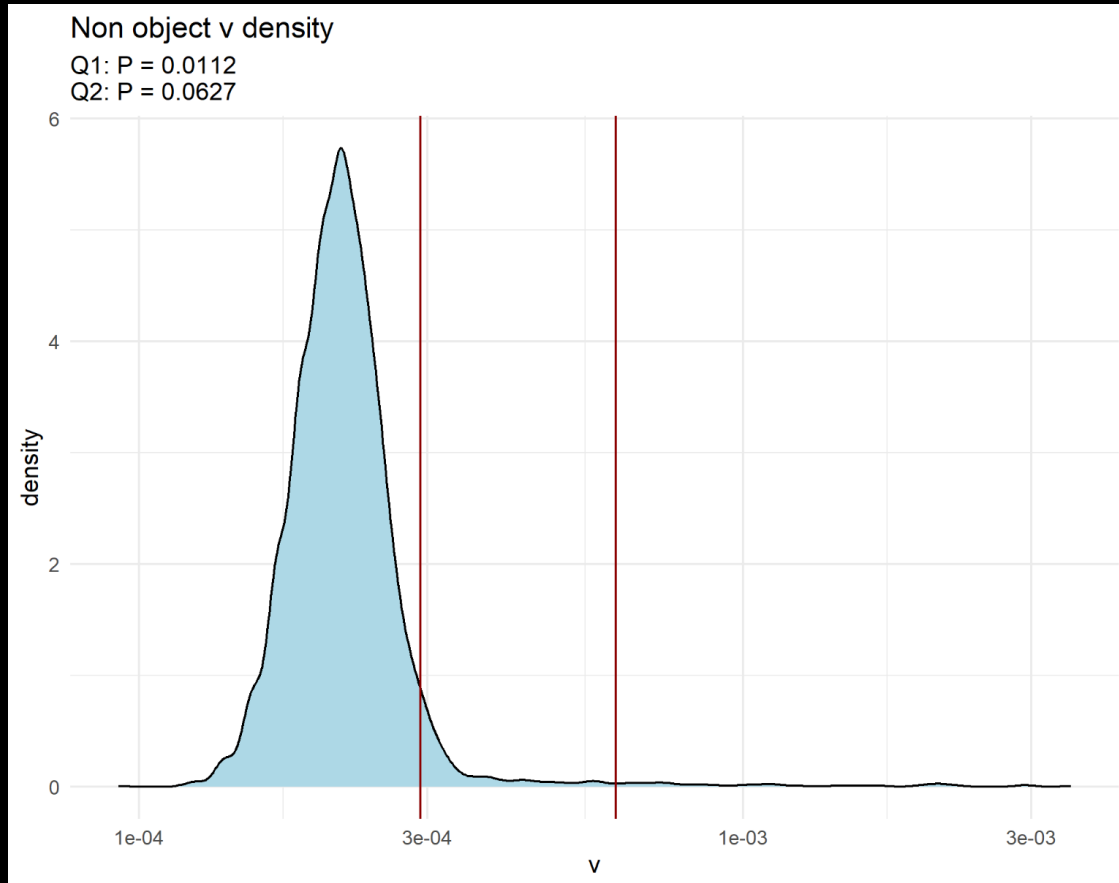
Bijna niet zichtbaar, maar toch  
merkbare piek







# Betrouwbaarheid van de resultaten?

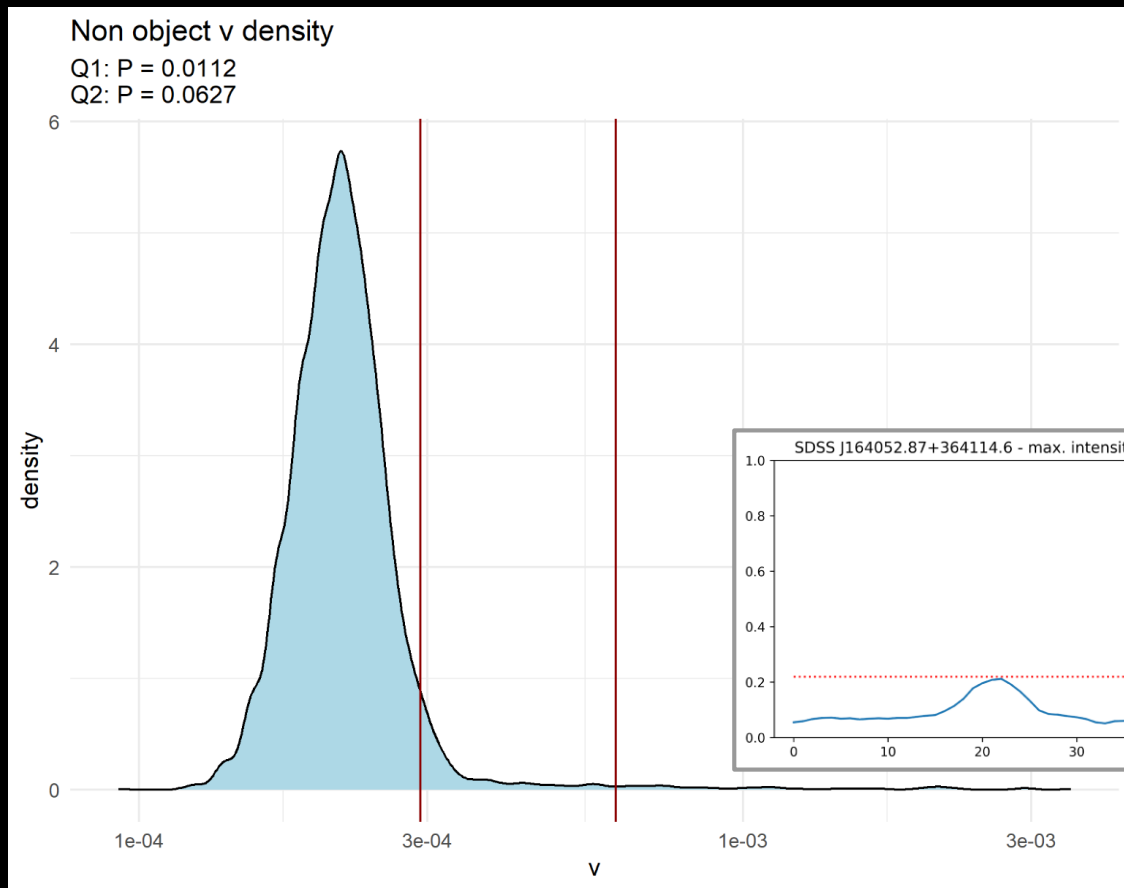


Positie pixel-intensiteit t.o.v. intensiteits-distributie van achtergrond (incl. sterren)

SDSS J164052.87+364114.6 ( $z = 2,642$ ): >98.8%  
SDSS J164128.90+364216.3 ( $z = 3,195$ ): >93.7%



# Betrouwbaarheid van de resultaten?



Positie pixel-intensiteit t.o.v. intensiteits-distributie van achtergrond (incl. sterren)

CONSERVATIEF!

pixel intensiteit als vals positieve “hit”  
geen rekening met ster vorm en positie

Verbeteren:

- Fit van Gauss of Moffat curve als detectie criterion
- “p” waarde: kans dat random sample op piek van een curve valt
- Multiple testing correctie  
 $n = \text{totaal aantal quasar annotaties}$



# Verbeteringen

Ideale pre-processing niveau van de image

- Stacking
- Background subtraction
- (S)PCC: kleuren quasars calibreren op ster spectra
- Deconvolutie: strakkere pieken, te evalueren
- Niet stretchen



# Hoe het nu (letterlijk) verder kan

Automatisch script voor quasar-detectie op basis van  
plate solving in PI met MQ Catalog → **demo**

[https://github.com/areinartz/astro/blob/main/parse\\_quasar\\_annot.R](https://github.com/areinartz/astro/blob/main/parse_quasar_annot.R)

Consolideren van Stijn's code (Python) en Alexander's code (R)  
in een makkelijk te gebruiken tool?

“Om ter verst?” (live rankings? :-))

