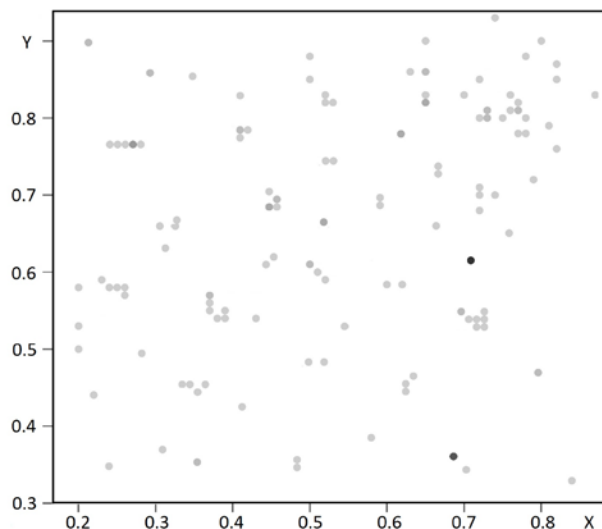


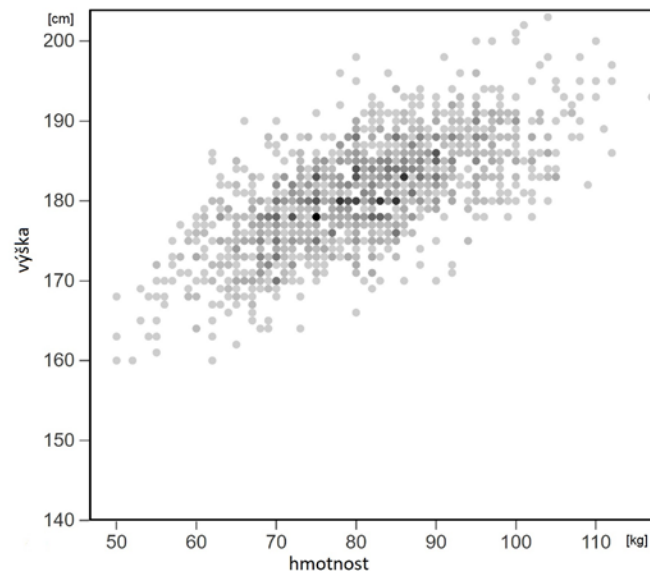
# Hvězdný diagram

statistika nuda je, má však cenné údaje ...

náhodný vzorek – skupina osob



sportovci na ZOH 2018



obdobně i ve světě hvězd !

# Trocha historie



1889 – **Carl Vilhelm Ludvig Charlier** – 1. tabulka

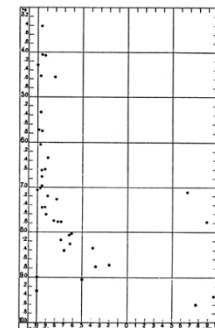
1905 – **Ejnar Hertzsprung** – studium hvězd známých absolutních hv. velikostí a sp. tříd – pro červené hvězdy konstatoval rozdíly ve hv. vel. (sp. třída byla stejná) – jasnější hvězdy označil za „velryby mezi rybami“  
výstup jen tabulka! - graf pro Plejády z roku 1906 nepublikoval



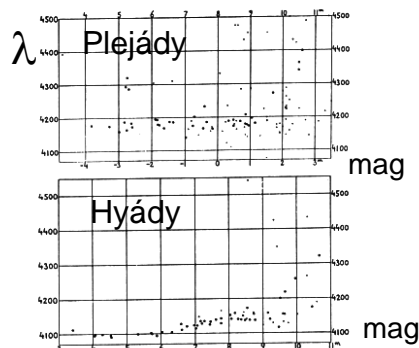
1909 – **Karl Schwarzschild** – pozval EH do Göttingenu, kde toho roku pobýval i Rosenberg



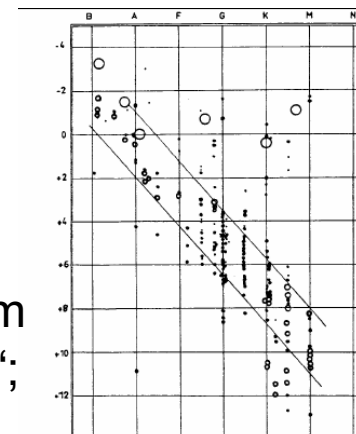
1910 – **Hans Oswald Rosenberg** – 1. graf. podoba HRD, pro Plejády (na doporučení K. Schwarzschilda)



1911 – Hertzsprung – grafický výstup pro Hyády a Plejády



1913 - **Henry Norris Russell** - vztah mezi zářivým výkonem a teplotou hvězdy; stejný výsledek – termíny „obří“ a „trpaslíci“; výstupem diagram – závislost mezi absolutní hvězdnou velikostí a spektrální třídou hvězd

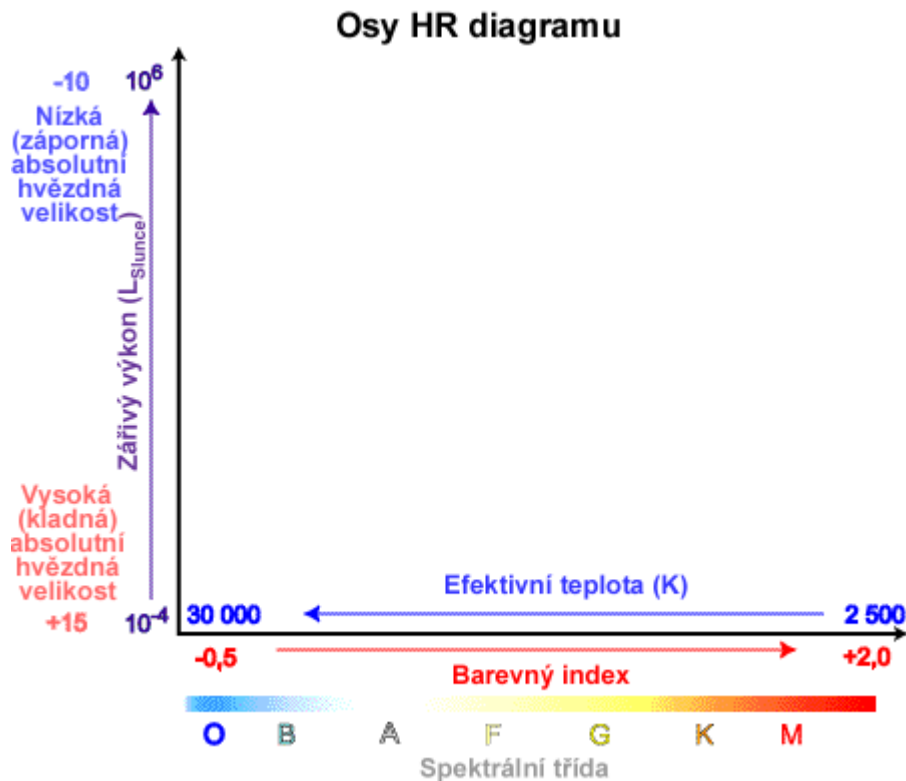


RUSSELL'S ERSTES DIAGRAM (veröffentlicht in Popular Astronomy, 1914)  
Abzisse: Spektraltyp. System MITT CANNON.  
Ordinate: Absolute Helligkeit.  
○ • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe < 42%  
○ • Sterne mit einem Fehler der Parallaxe > 42%

# Hertzsprungův-Russellův diagram

Absolutní hvězdná velikost - mírou zářivého výkonu hvězd,  
spektrální třída souvisí s povrchovou teplotou hvězd => z fyzikálního hlediska

**HR diagram = závislost zářivého výkonu na povrchové teplotě hvězd**



## Na scéně jsou obři a trpaslíci

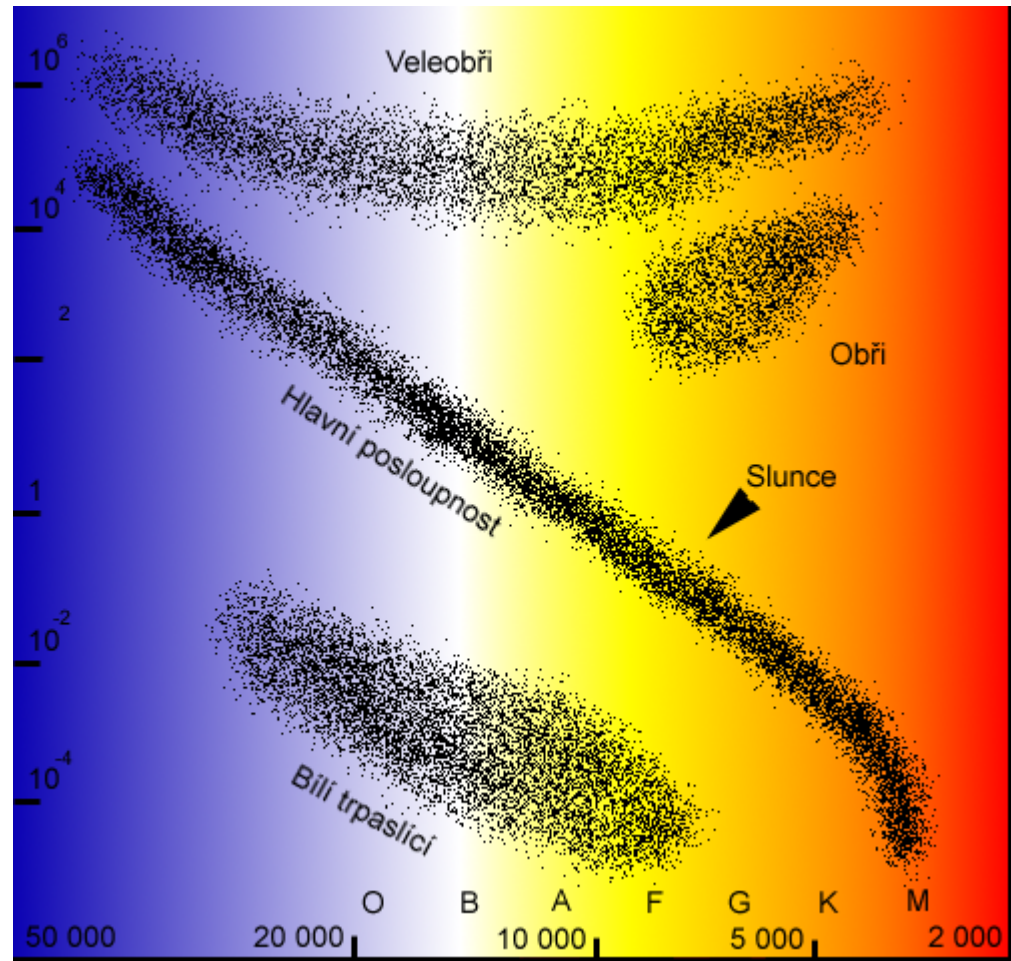
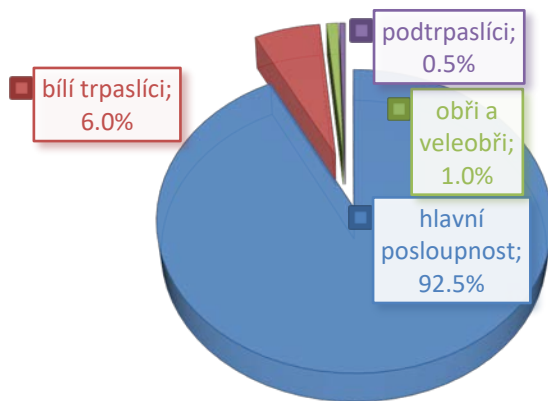
významná místa v HRD:

**hlavní posloupnost** - nejvíce hvězd (přes 90 %) - pás, který probíhá od horkých a zářivých hvězd k chladným hvězdám s malým výkonem

**obři (červení obři) a veleobři** - relativně nízké povrchové teploty, vysoké výkony

**bílí trpaslíci** - malé zářivé výkony, vysoké povrchové teploty

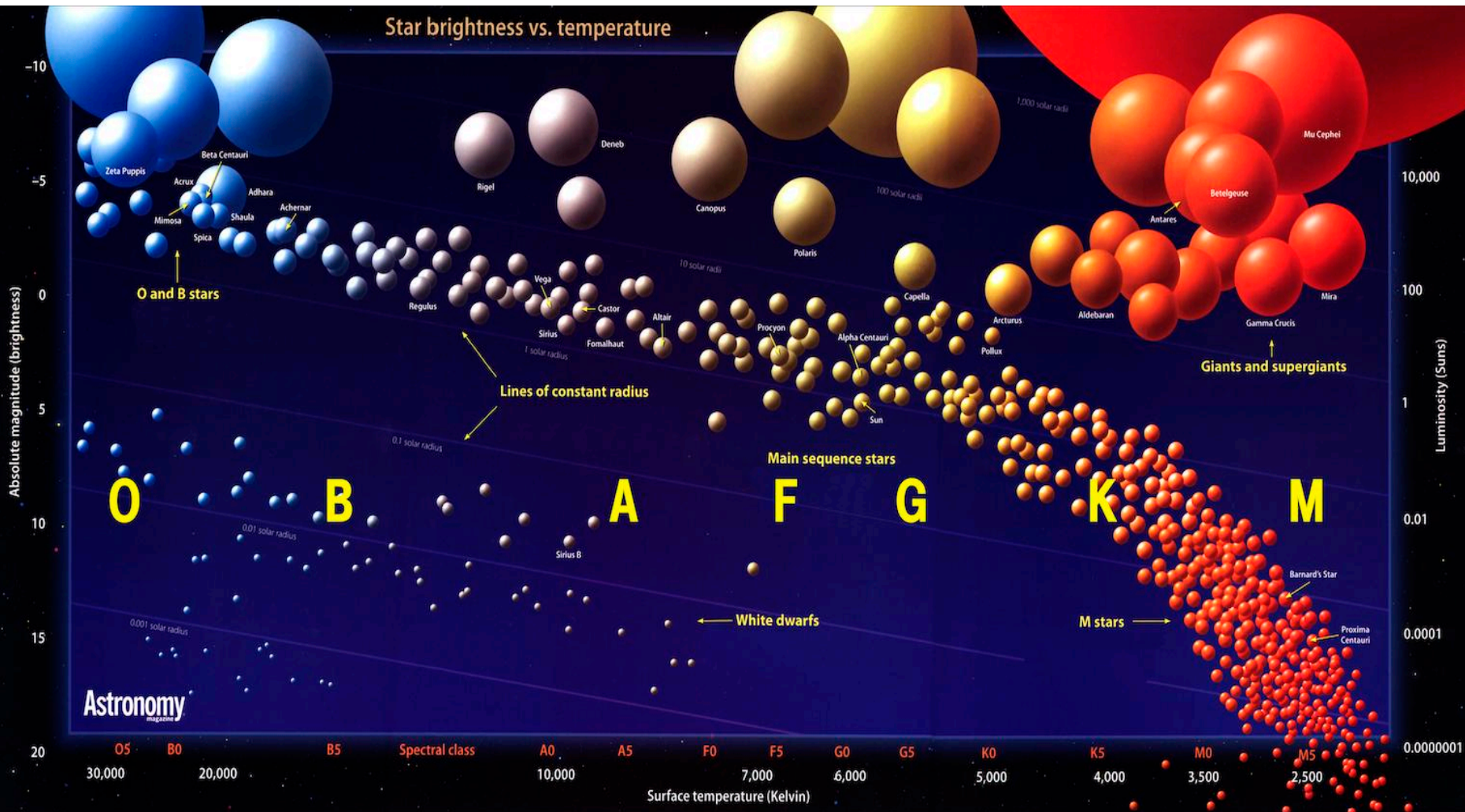
**červení trpaslíci** - hvězdy spektr. tříd K a M s malým zářivým výkonem



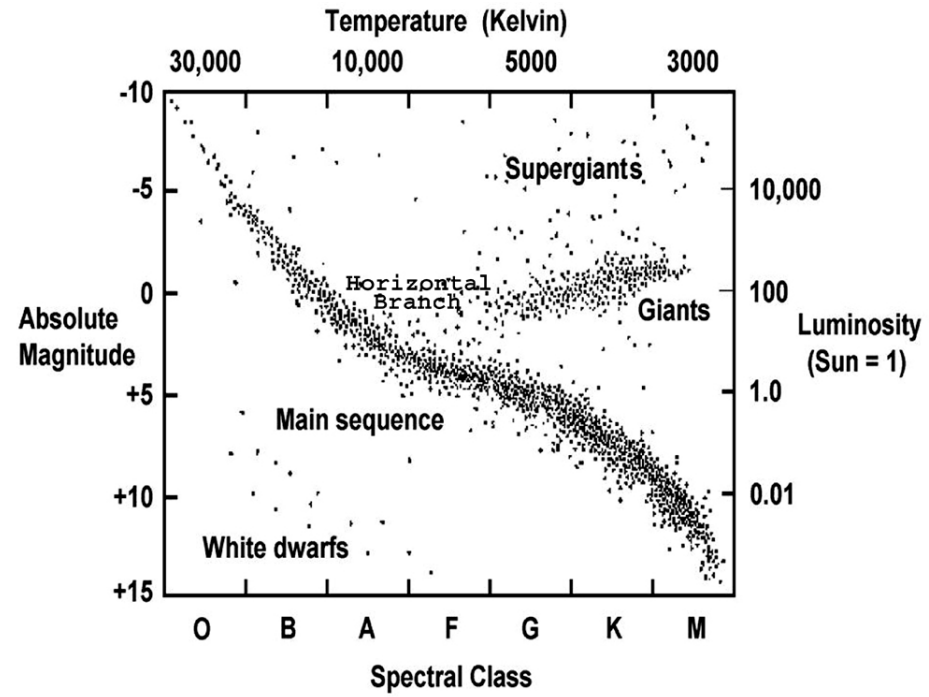
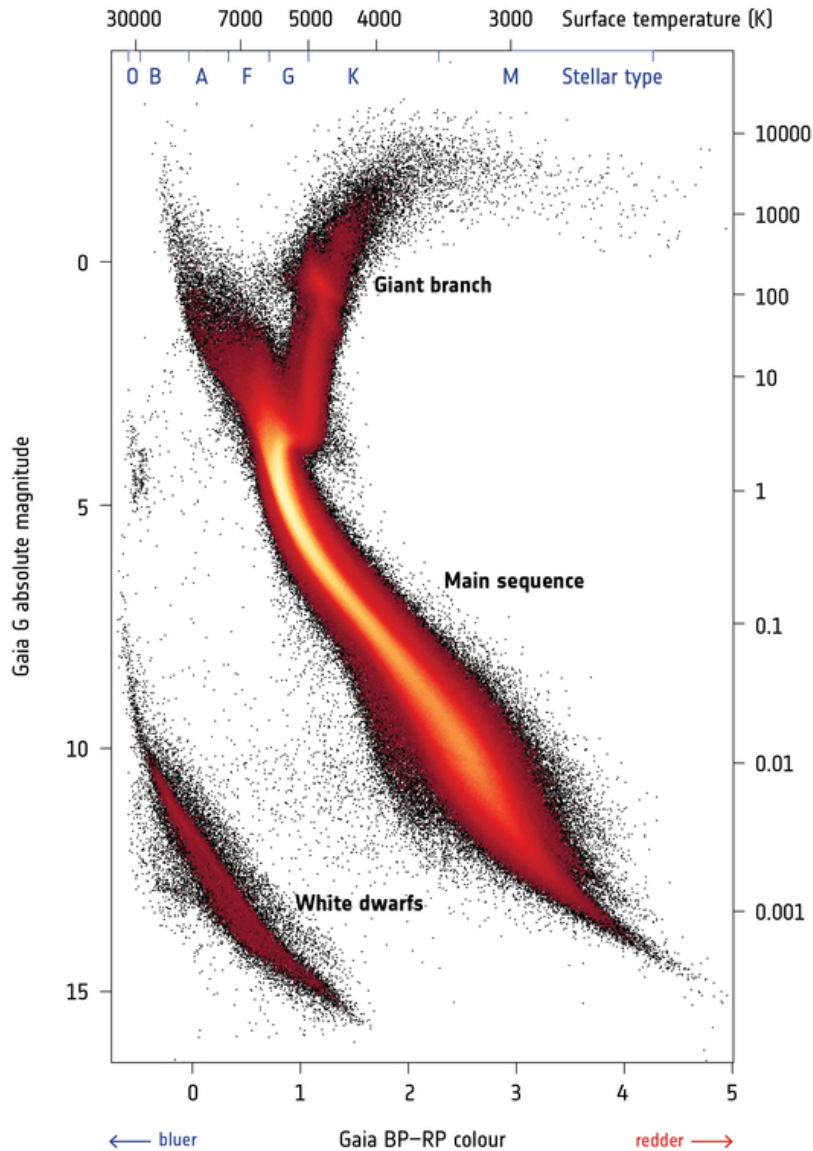
Četnosti hvězd v okolí Slunce (1000 nejblížeších hvězd)



# Star brightness vs. temperature



# → GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM



<https://youtu.be/vTKYZIgvH3c>

<https://youtu.be/eJOCOb0X430>

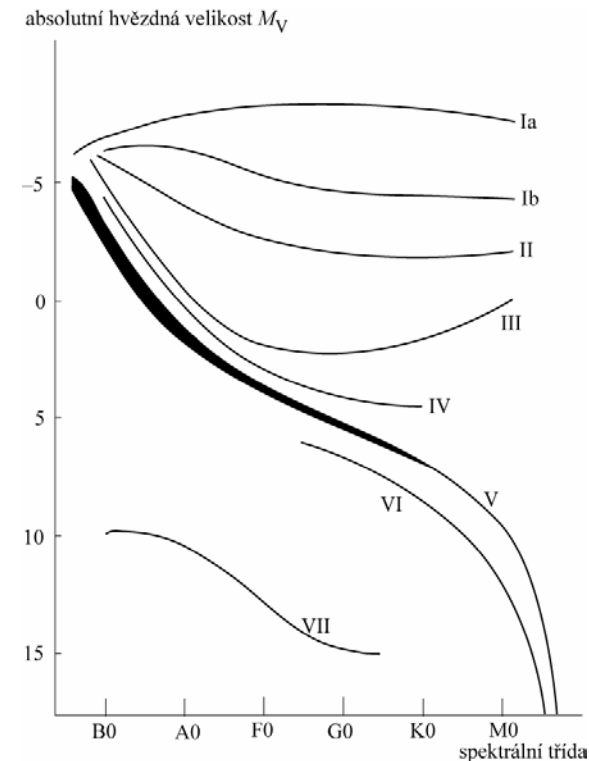
# Luminozitní třídy - Morganova-Keenanova (MK) klasifikace

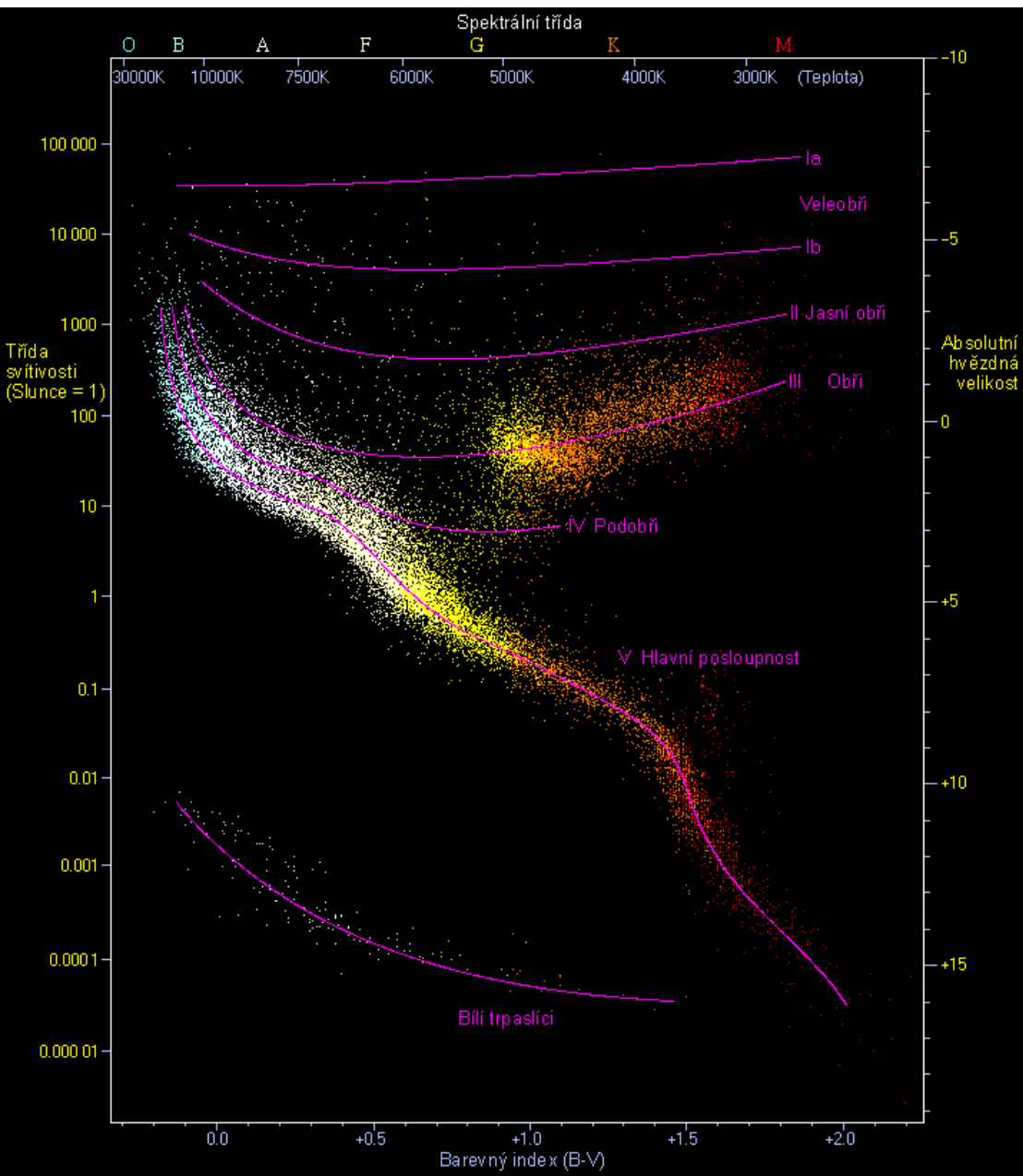
- nejprve 1943 Morgan, Keenan, Kellman(ová) (MKK)
- 1953 revize – Morgan, Keenan (MK)
- zjemnění spektrální klasifikace hvězd
- určují se podle profilu spektrální čar ionizovaných prvků, citlivých na tlak v atmosféře



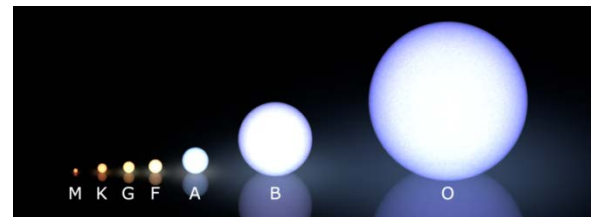
=> *spektrální typ* - informace o povrchové teplotě hvězdy  
*luminozitní třída* – informace o tlaku v atmosféře hvězdy

Značení: přidává se ke spektr. typu (a podtypu) - římské číslice a příp. písmena - např. K2 III





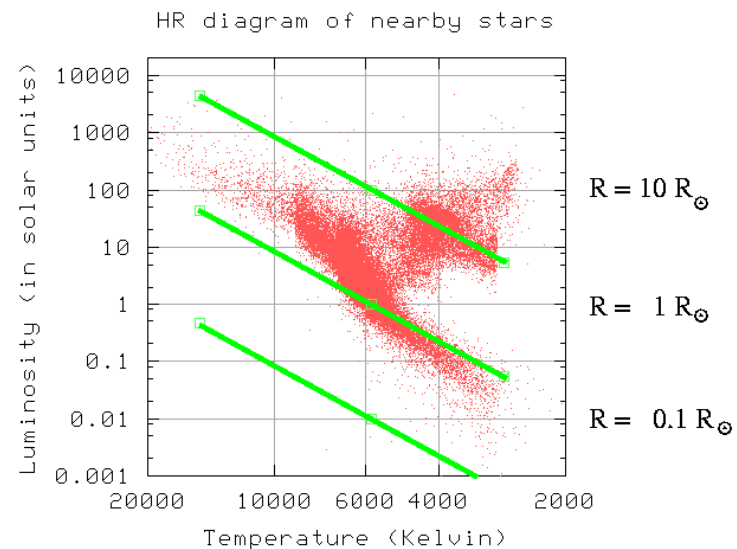
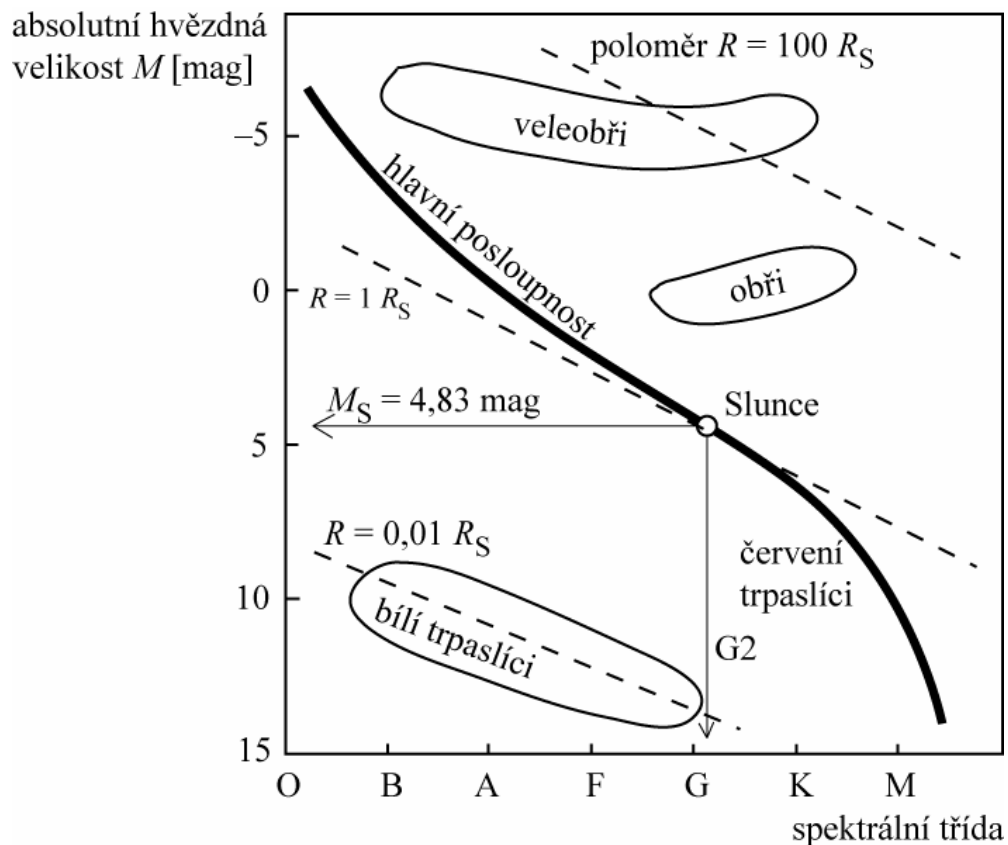
- 0 – extrémně zářiví veleobří
- Ia – jasní veleobří - Beteleuse
- Ib – (normální) veleobří - Antares
- II – jasní obří (nadobří) - Canopus
- III – (normální) obří - Aldebaran
- IV – podobří - Procyon
- V – hvězdy hlavní posloupnosti - Slunce
- VI (sd) – podtrpaslíci – Kapteynova hvězda  
(např. sdB5 nebo B5VI)
- VII (D) – bílí trpaslíci – Sírius B (např.  
červení, hnědí trpaslíci)



=> *spektrální typ* - informace o *povrchové teplotě* hvězdy  
*luminozitní třída* – informace o *tlaku* v atmosféře hvězdy

=> spolu spektr. typ + lum. třída

=> rámcová informace o *velikosti* hvězdy





# HRD = nejdůležitější astrofyzikální diagram

- odhad *vzdálenosti* hvězdy – z pozorované hvězdné velikosti a spektra (spektr. třídy a typu (umístění v HRD – hlavní posloupnost, obři, trpaslíci...)); z HRD odečtená absolutní hvězdná velikost a pozorovaná hvězdná velikost => vzdálenost
- výzkum hvězdokup – např. stáří hvězdokup nebo určení vzdálenosti hvězdokupy od Země
- test platnosti teorií stavby a vývoje hvězd

## Otázky k diskusi:

*Má hvězda stabilní místo v HRD nebo se mění?*

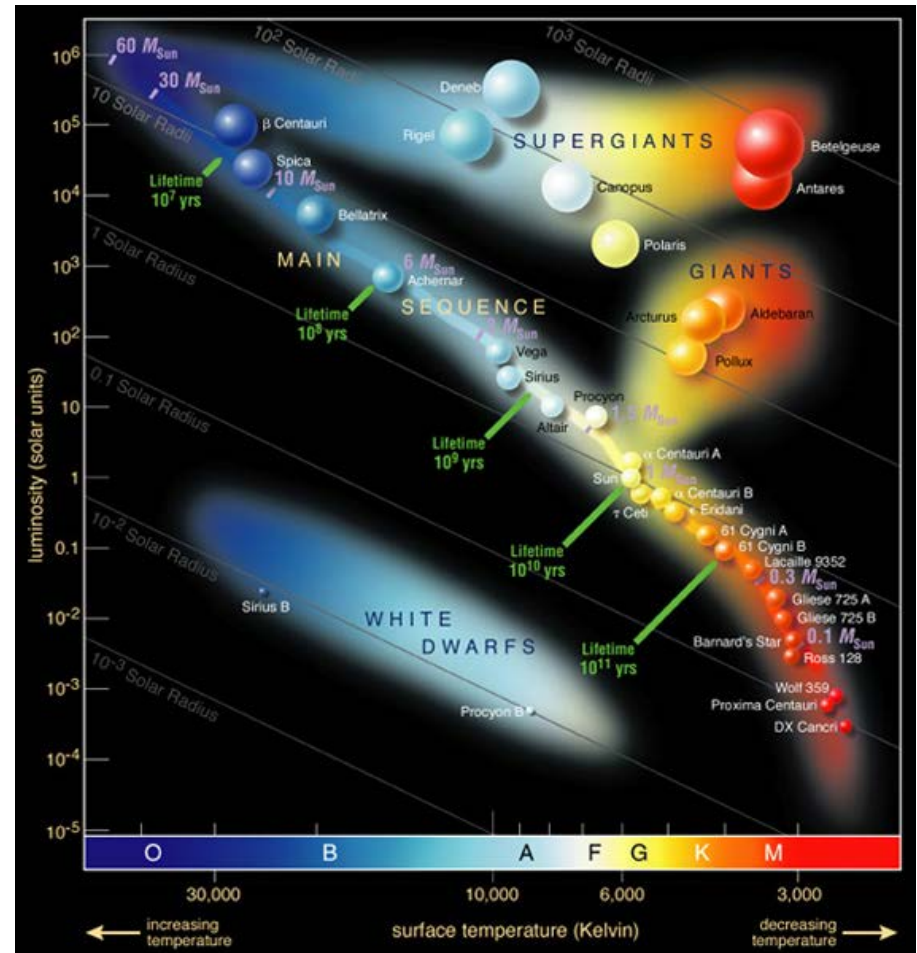
*Proč?*

*Krátkodobé změny?*

proměnné hvězdy

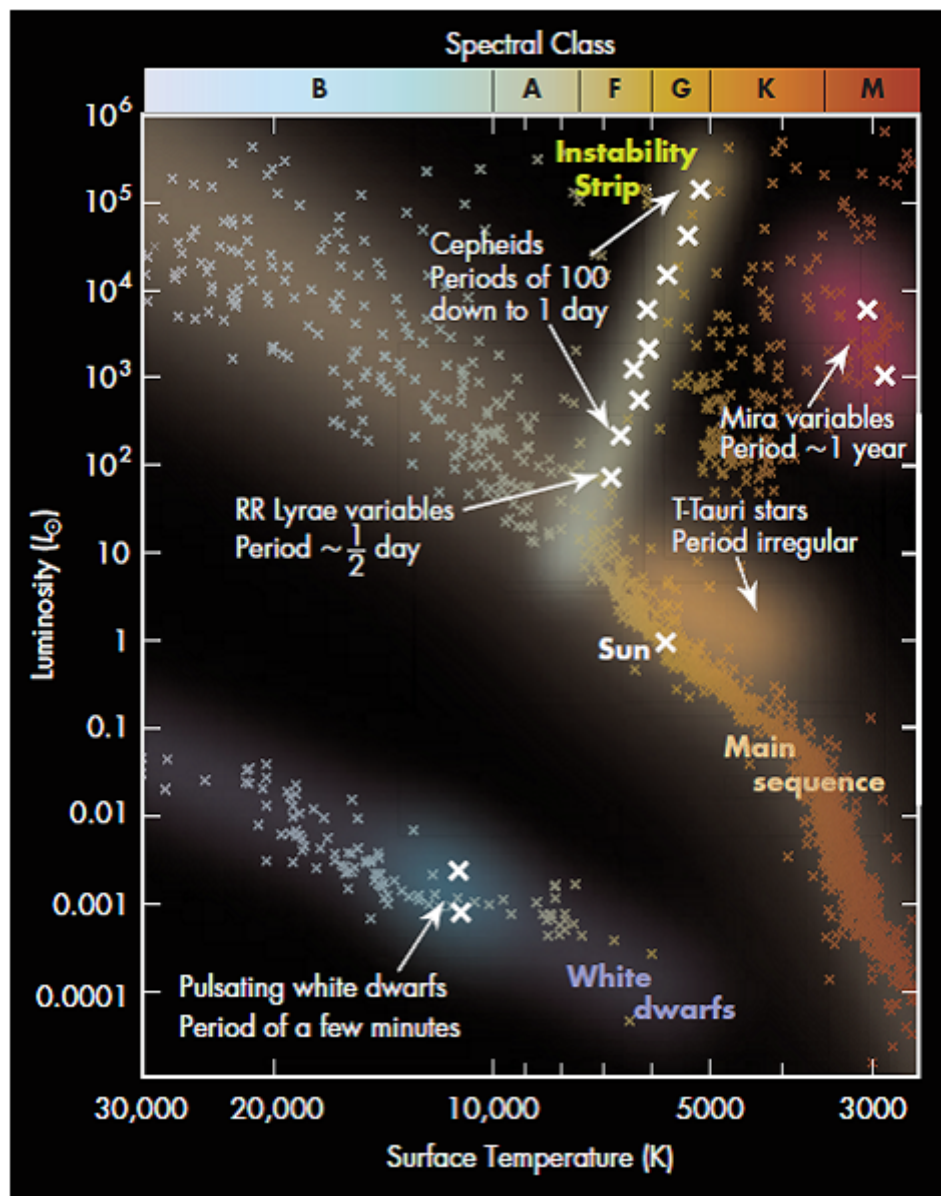
*Dlouhodobé změny?*

vývoj hvězd









# Stopy hvězdného vývoje v HRD

po dobu života hvězdy se mění její místo v HR diagramu

proč?

změna parametrů hvězdy (poloměr, zářivý výkon, teplota)

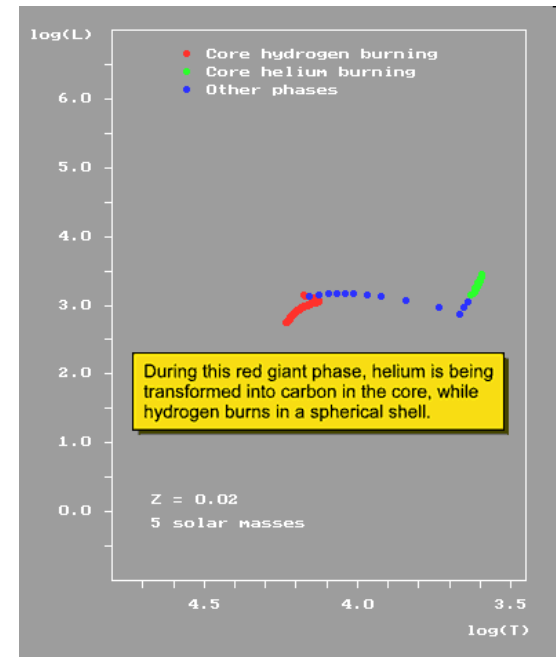
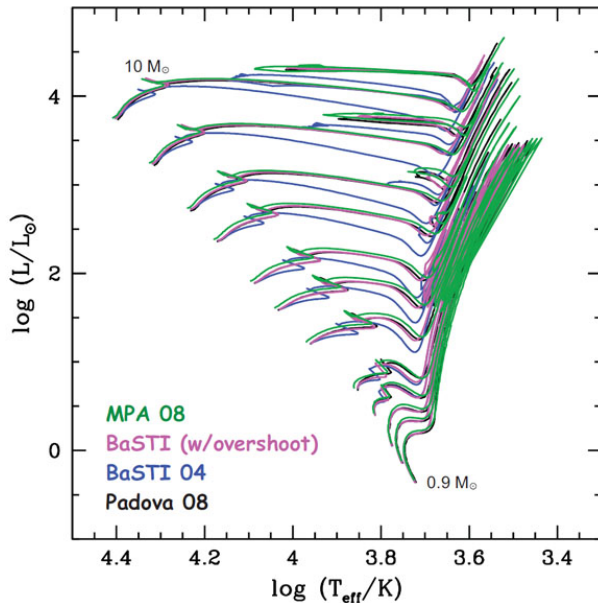
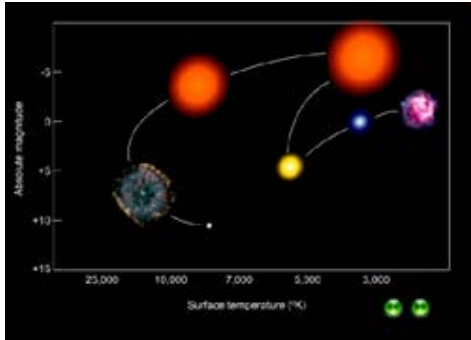
<https://astro.unl.edu/nativeapps/>

[NAAP Labs - v1.1.msi](https://astro.unl.edu/mobile/HRdiagram/HRdiagramStable.html)

<https://astro.unl.edu/mobile/HRdiagram/HRdiagramStable.html>

<https://starinabox.lco.global/>

<https://www.edumedia-sciences.com/en/media/920-hr-diagram>



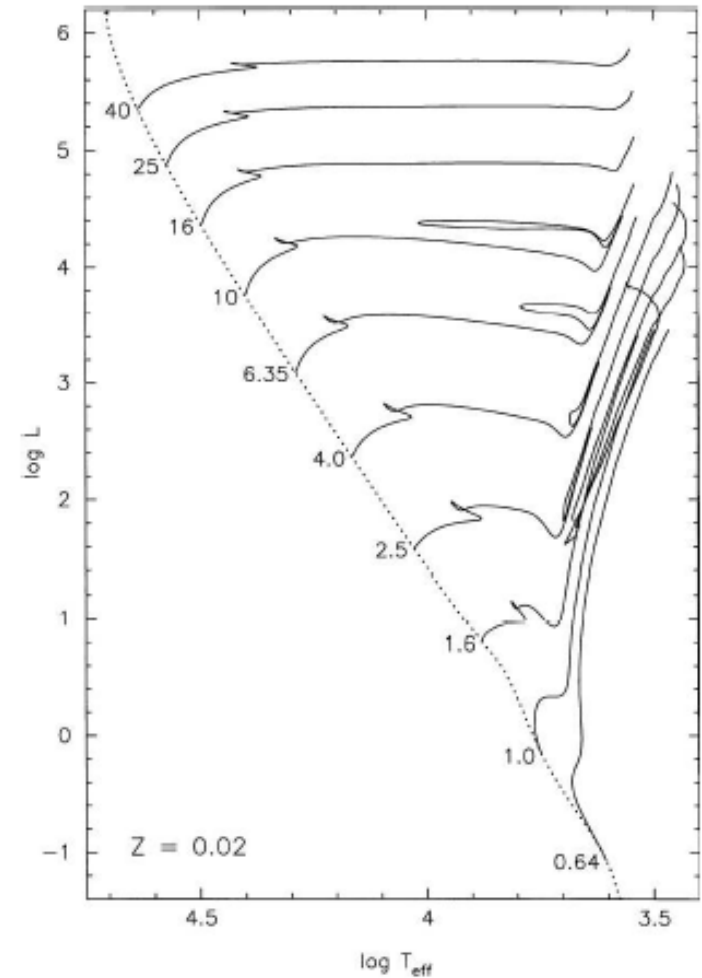
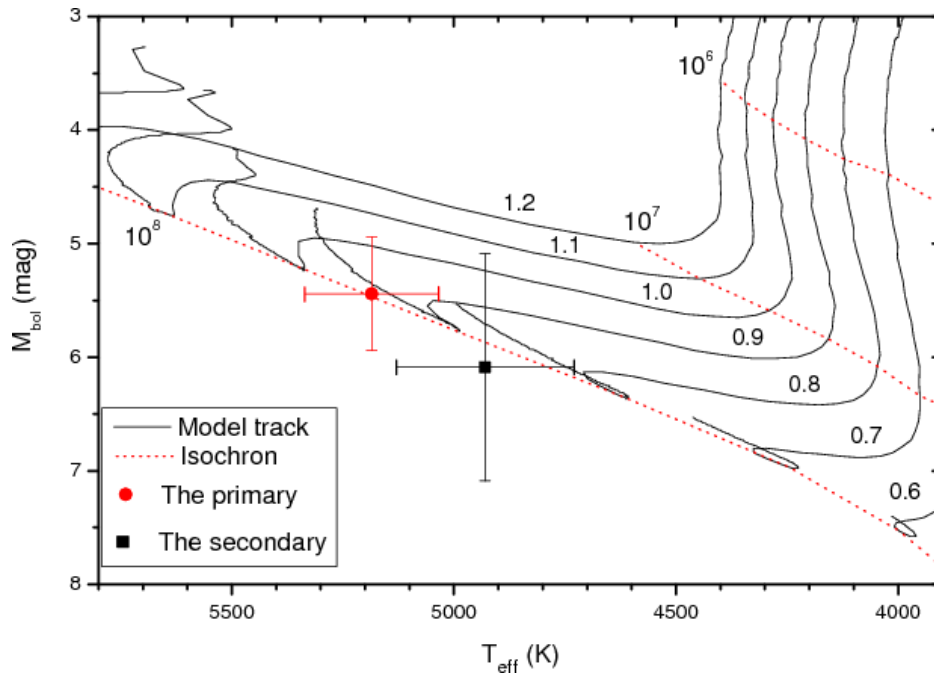
# Testy hvězdné struktury a vývoje



Osamocené hvězdy => oddělené dvojhvězdy:

- velmi hmotné hvězdy
- hvězdy s nízkou hmotností
- planetární systémy, exoplanety

Dvojhvězdy a vícenásobné hvězdné soustavy

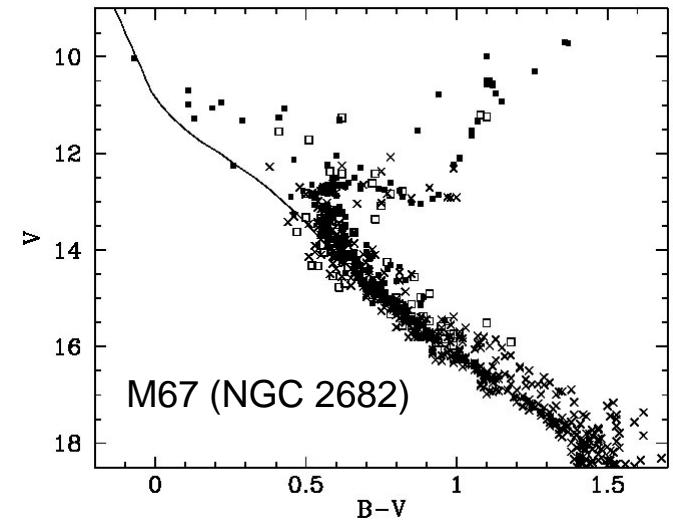


# Barevný diagram

= obdoba (náhražka HRD)

- místo spektrální třídy barevný index,
- místo absolutní hvězdné velikosti pozorovaná hvězdná velikost,

Jen pro hvězdy v cca stejné vzdálenosti od nás!



Důvod – nelze pořídít spektra hvězd s rozlišením pro spektrální klasifikaci  
- měření *barevného indexu* (míry povrchové teploty hvězd) z fotometrie

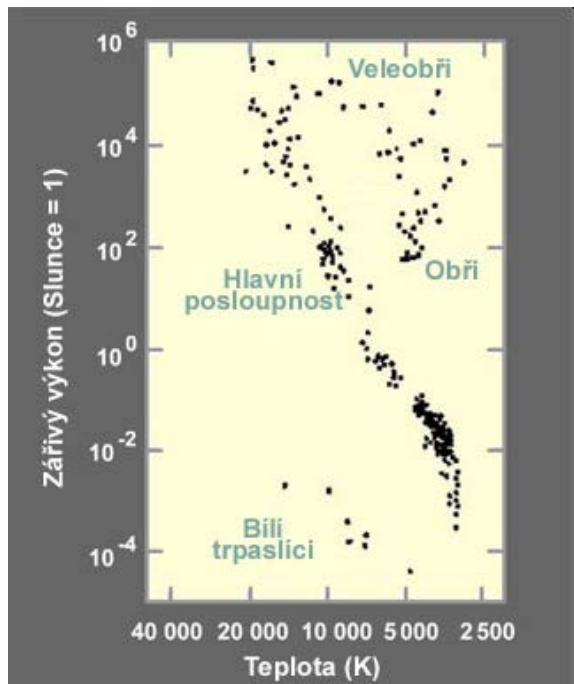
využití – určení vzdálenosti hvězdokup, stáří hvězdokup

postup – sestojíme barevný diagram pro hvězdokupy se známou vzdáleností

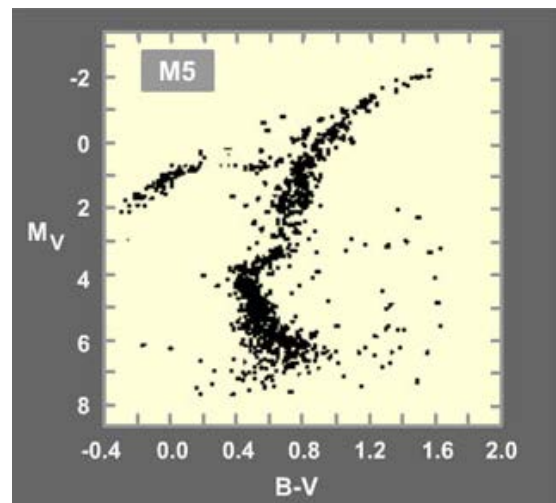
=> na svislé ose přímo absolutní hvězdné velikosti

- sestojíme ve stejném měřítku „normální“ barevný diagram s pozorovanými hvězdnými velikostmi na svislé ose pro jinou hvězdokupu

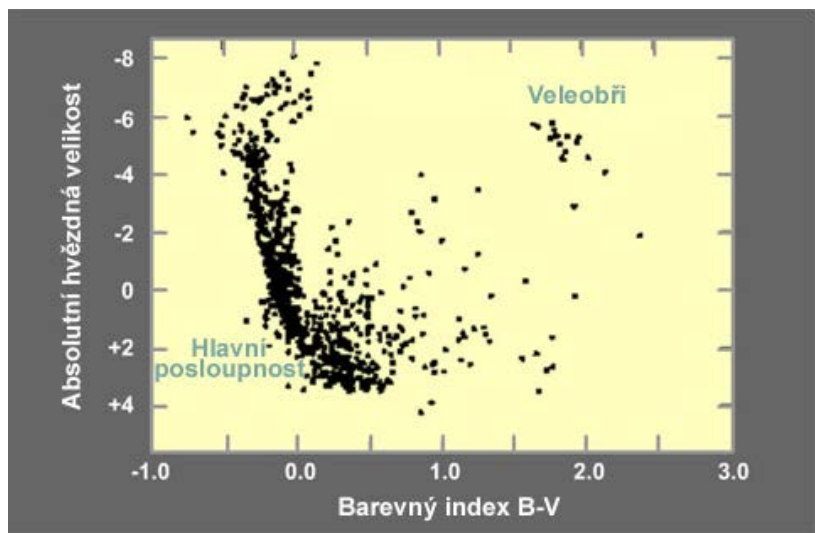
- ztotožníme-li hlavní posloupnosti hvězdokup => rozdíl stupnic pozorovaných a absolutních hvězdných velikostí hvězdokup (posun ve svislém směru) = modul vzdálenosti druhé hvězdokupy => její vzdálenost



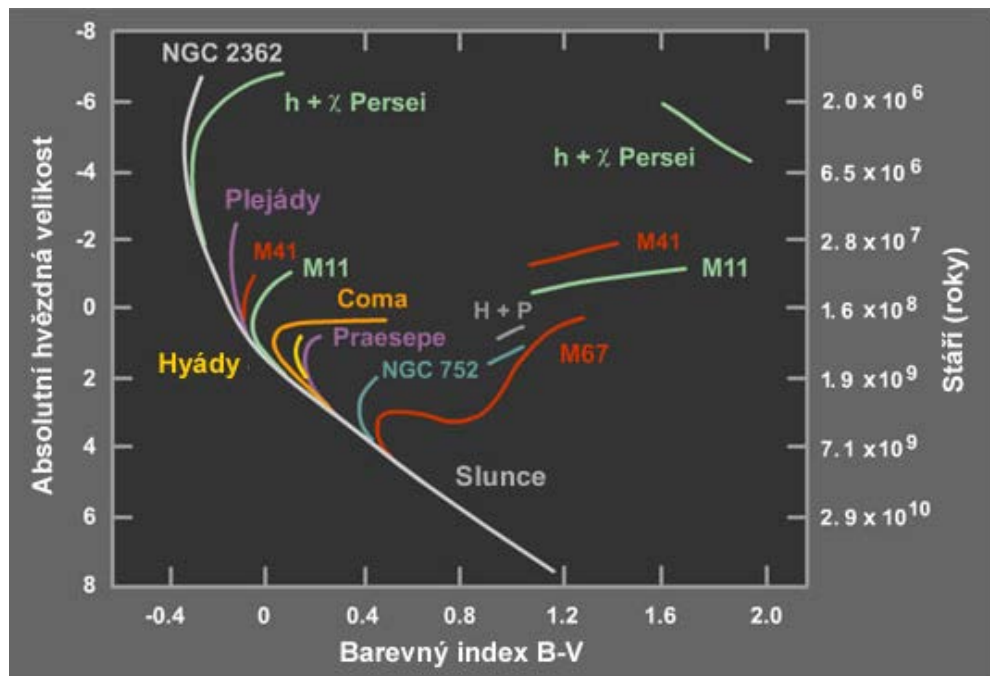
HRD pro hvězdy v blízkosti Slunce



HRD pro kulovou hvězdokupu M5

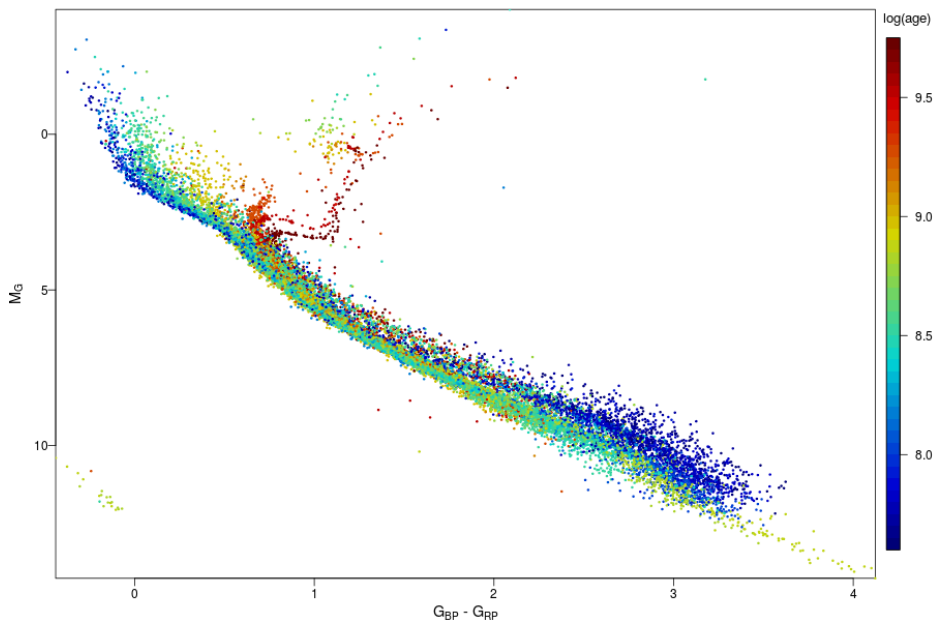


HRD pro otevřenou hvězdokupu  $\chi$  a h Persei

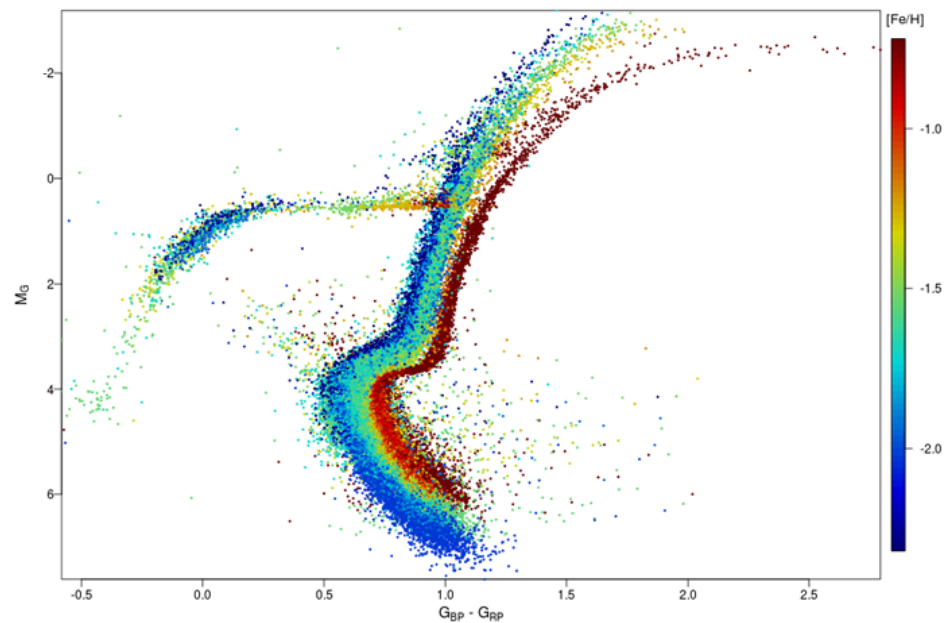


HRD pro různé otevřené hvězdokupy

# HR diagramy pro hvězdokupy s daty GAIA DR2



Otevřené hvězdokupy  
Kulové hvězdokupy ?



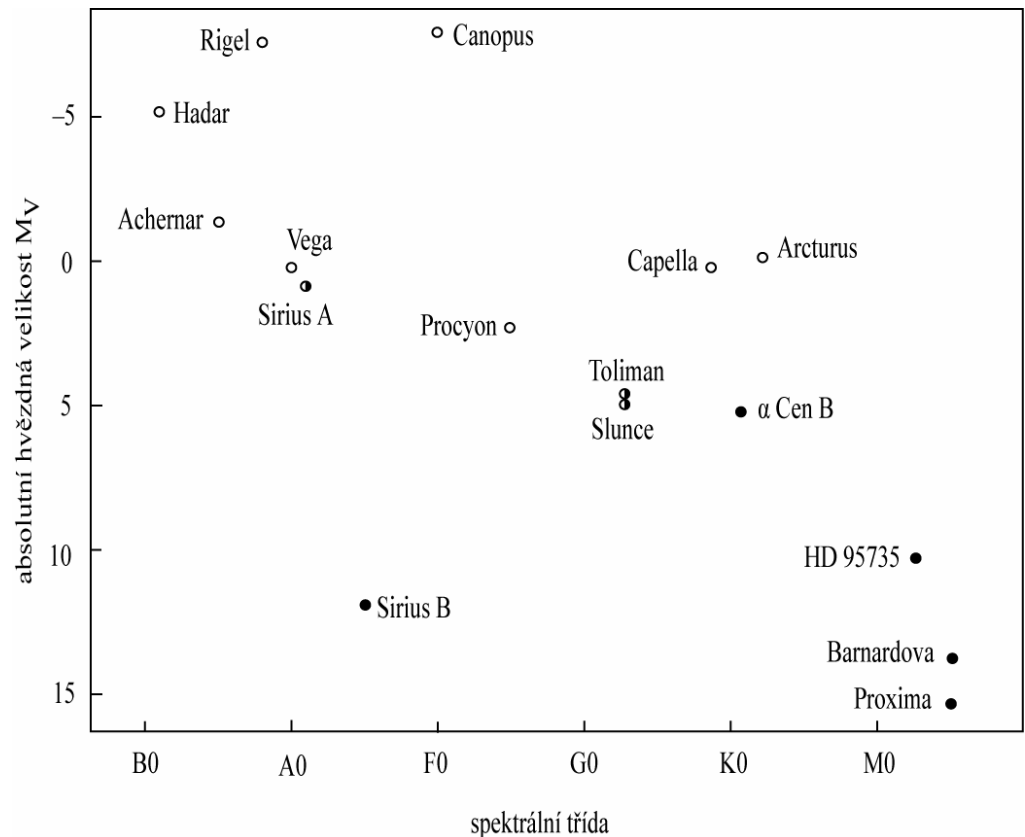


# HR diagram = klamný obraz světa hvězd

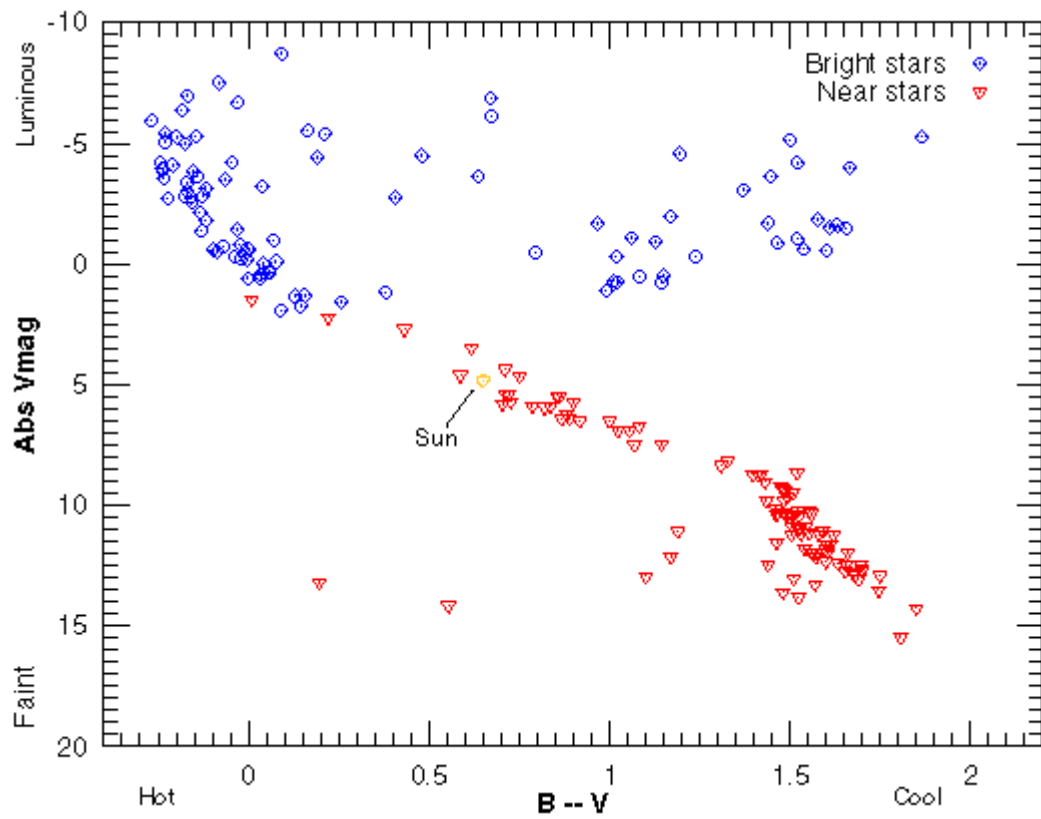
silně se uplatňuje *výběrový efekt!*

velmi zářivé hvězdy - pozorovatelné zdaleka x slabé jen v bezprostředním okolí  
Slunce

=> velké zastoupení obrů, veleobrů a hvězd z horního konce hlavní posloupnosti  
x  
červených a bílých trpaslíků relativně málo



Hertzsprungův-Russellův diagram pro nejjasnější hvězdy (prázdné kotoučky) a nejbližší hvězdy (plné kotoučky).



# The H-R diagram of Astronomers\*

