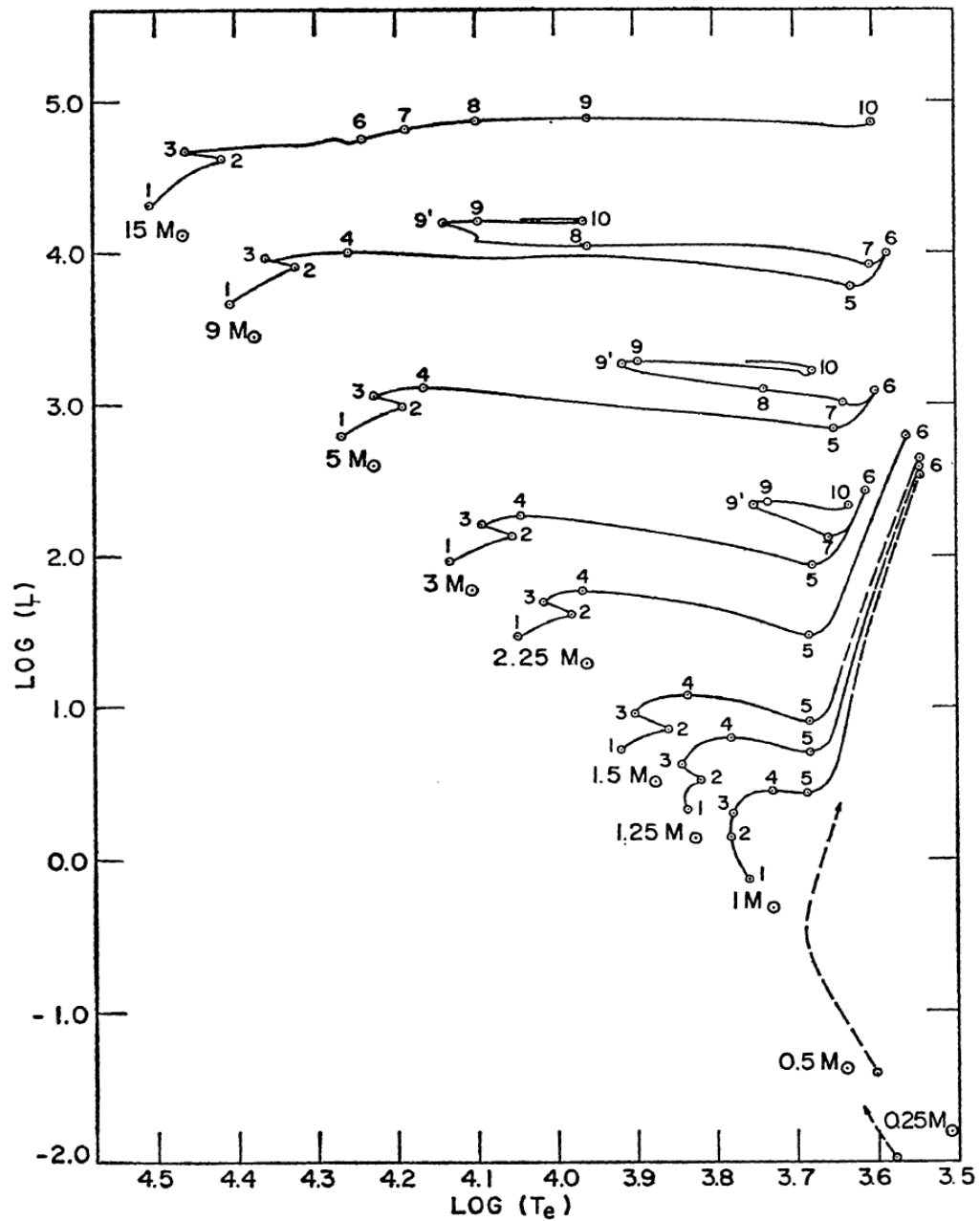


BUDOWA I EWOLUCJA GWIAZD

Jadwiga Daszyńska-Daszkiewicz

Semestr letni, 2018/2019

Ewolucja na MS i po MS



Interval ($i-j$)	Interval ($i-j$)				
	(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-5)	(5-6)
Mass (M_{\odot})					
15	1.010 (7)	2.270 (5)		7.55 (4)	
9	2.144 (7)	6.053 (5)	9.113 (4)	1.477 (5)	6.552 (4)
5	6.547 (7)	2.173 (6)	1.372 (6)	7.532 (5)	4.857 (5)
3	2.212 (8)	1.042 (7)	1.033 (7)	4.505 (6)	4.238 (6)
2.25	4.802 (8)	1.647 (7)	3.696 (7)	1.310 (7)	3.829 (7)
1.5	1.553 (9)	8.10 (7)	3.490 (8)	1.049 (8)	≥ 2 (8)
1.25	2.803 (9)	1.824 (8)	1.045 (9)	1.463 (8)	≥ 4 (8)
1.0	7 (9)	2 (9)	1.20 (9)	1.57 (8)	≥ 1 (9)

Interval ($i-j$)	Interval ($i-j$)			
	(6-7)	(7-8)	(8-9)	(9-10)
Mass (M_{\odot})				
15	7.17 (5)	6.20 (5)	1.9 (5)	3.5 (4)
9	4.90 (5)	9.50 (4)	3.28 (6)	1.55 (5)
5	6.05 (6)	1.02 (6)	9.00 (6)	9.30 (5)
3	2.51 (7)		4.08 (7)	6.00 (6)

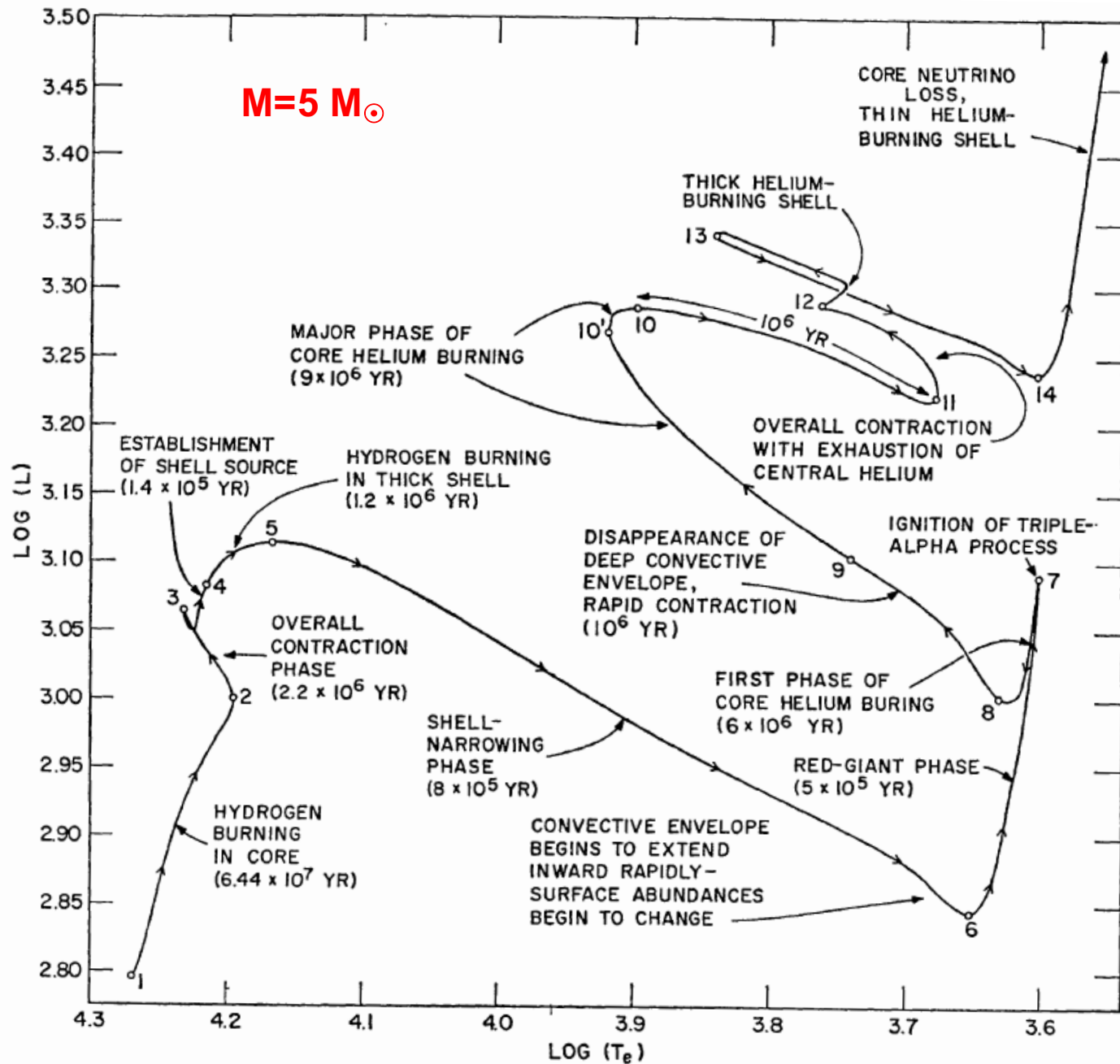
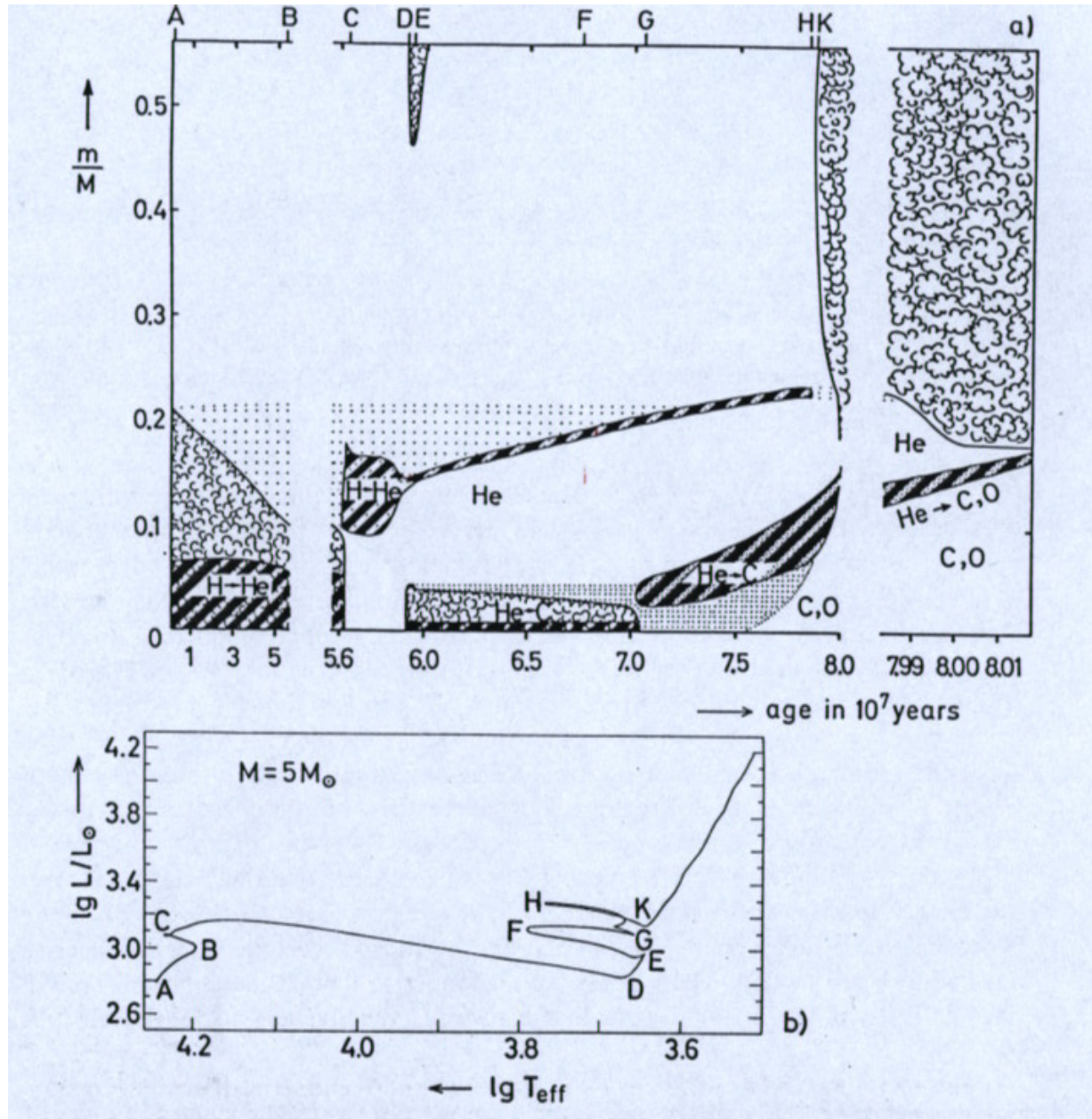
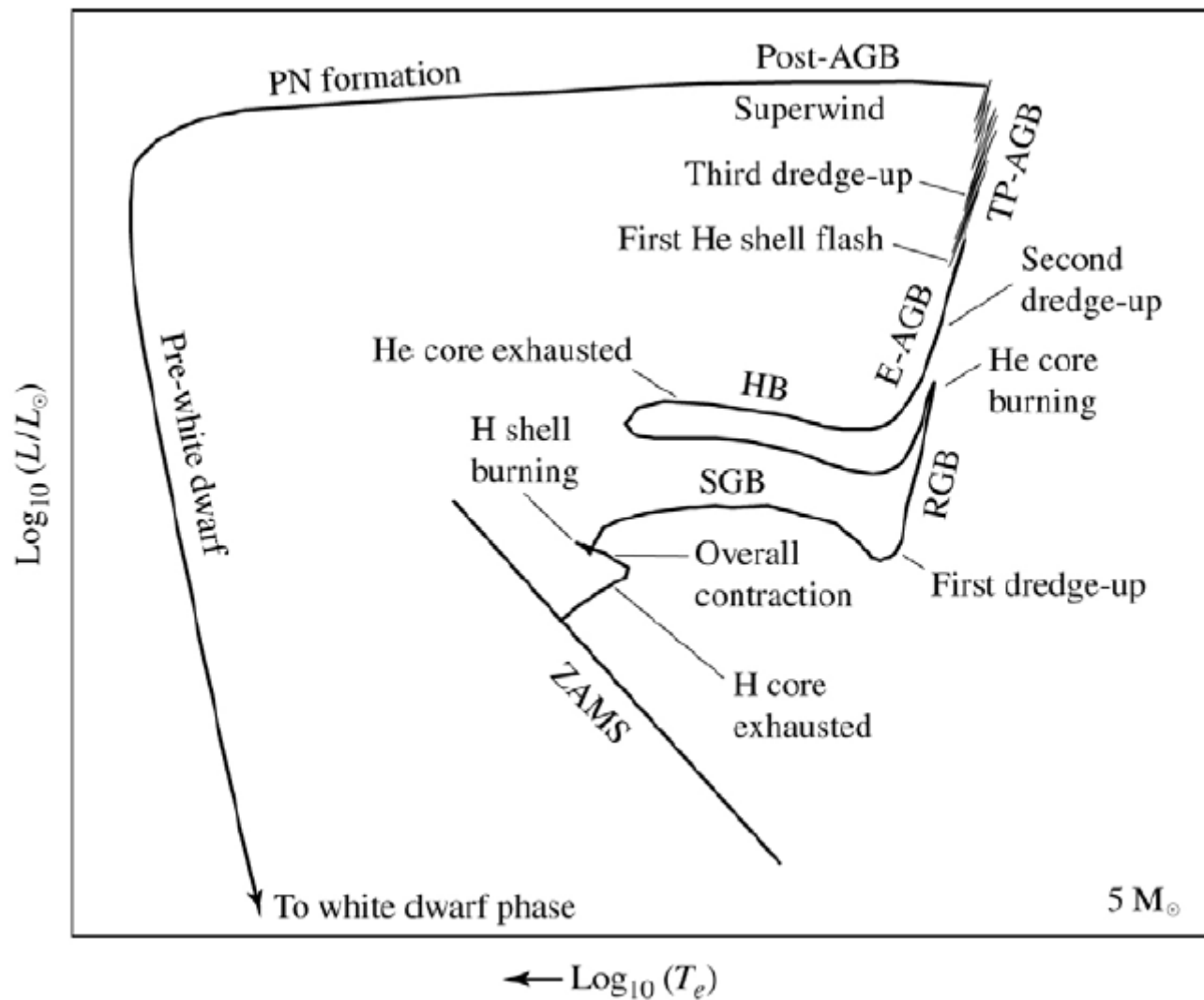


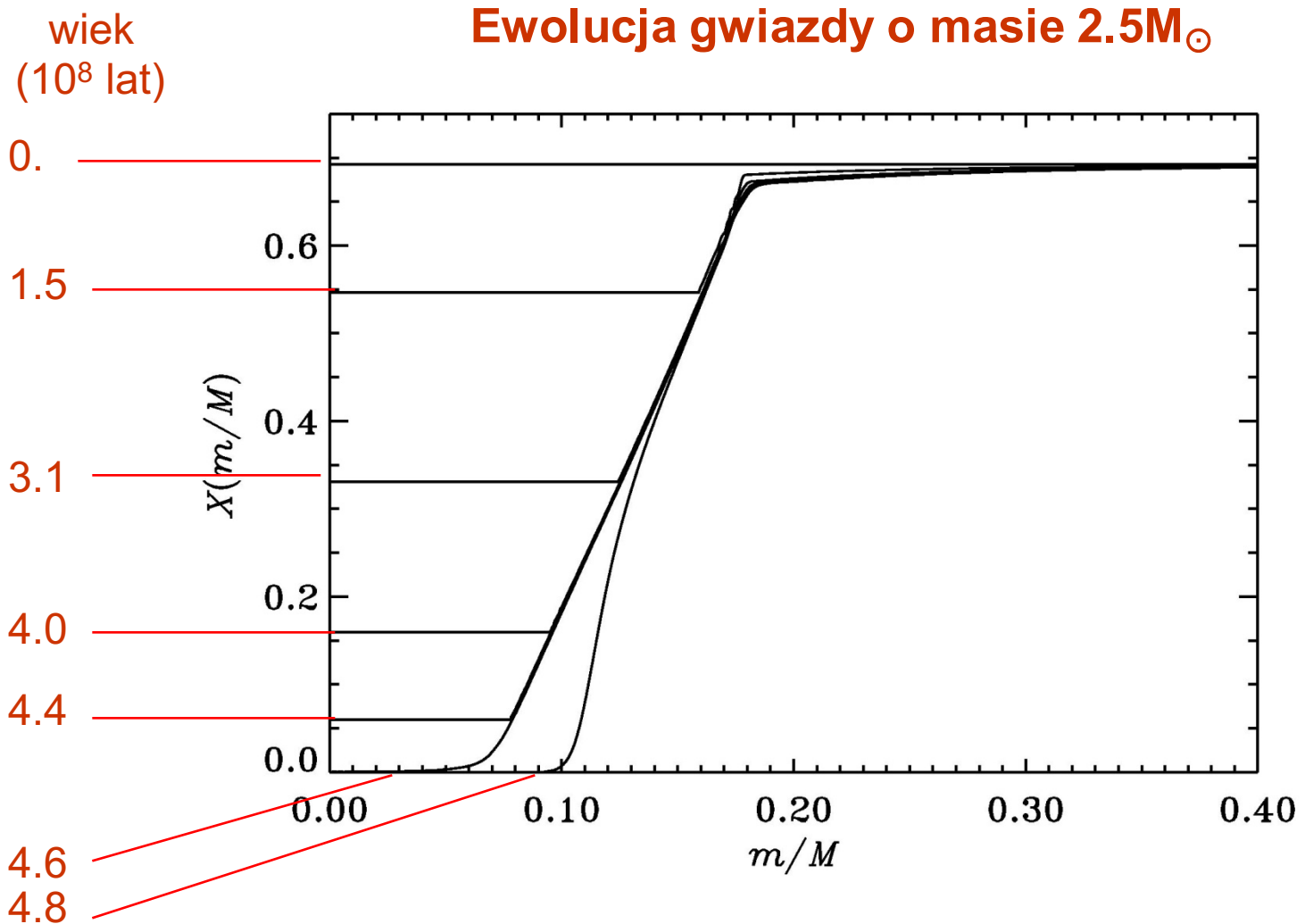
Diagram Kippenhahn dla $M=5M_{\odot}$

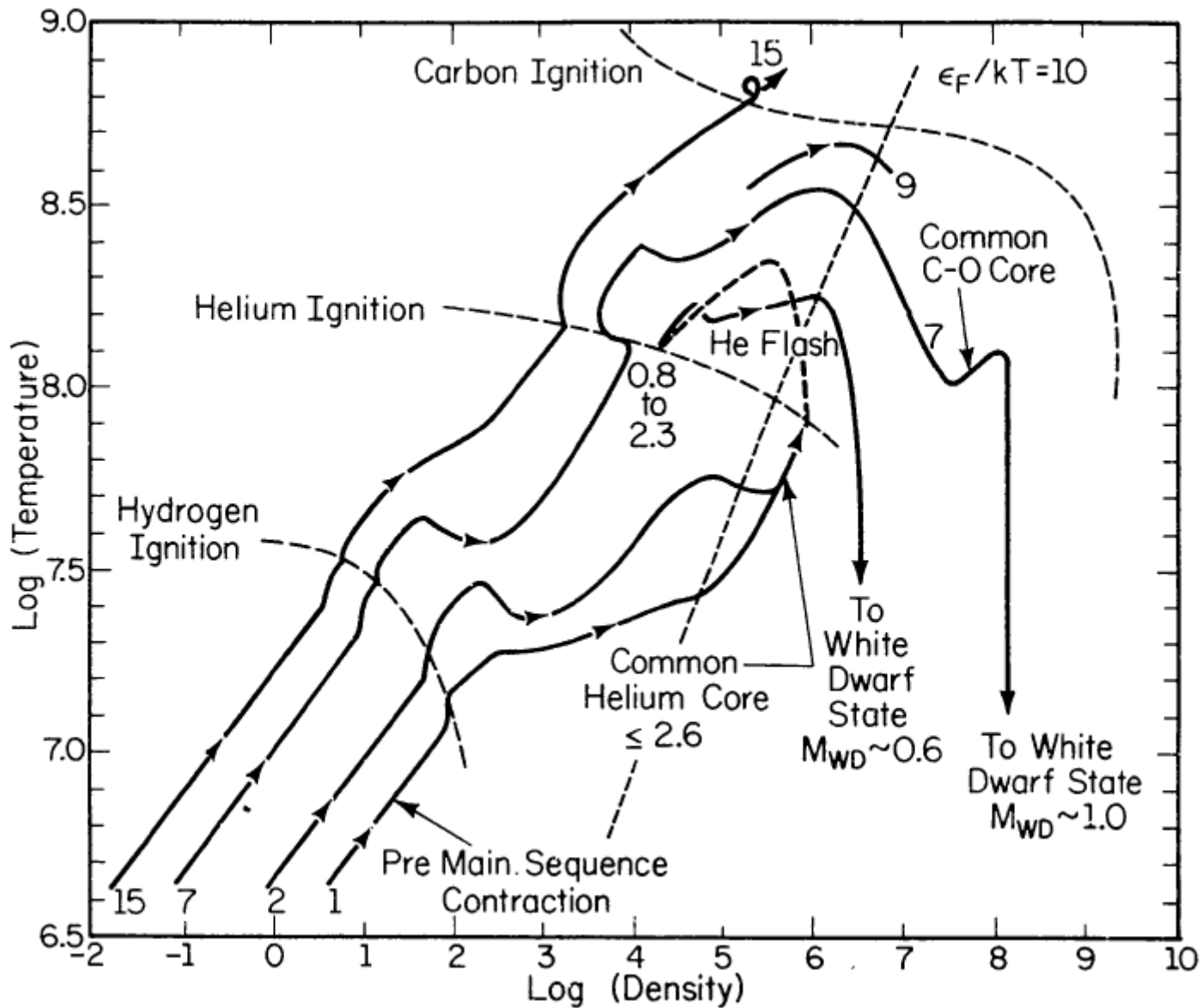


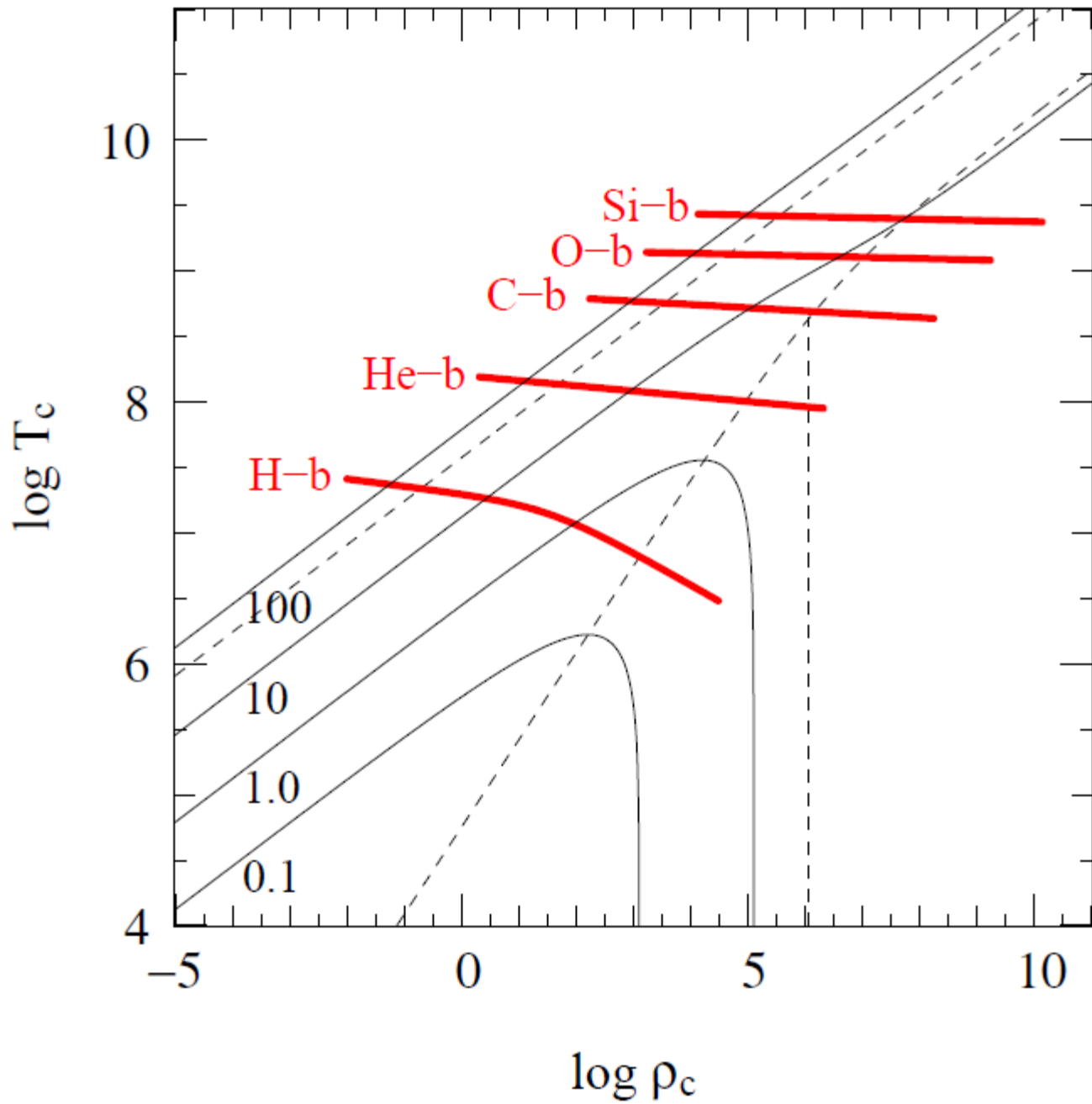
Schemat ewolucji gwiazdy o masie $5M_{\odot}$



Zmiana profilu obfitości wodoru



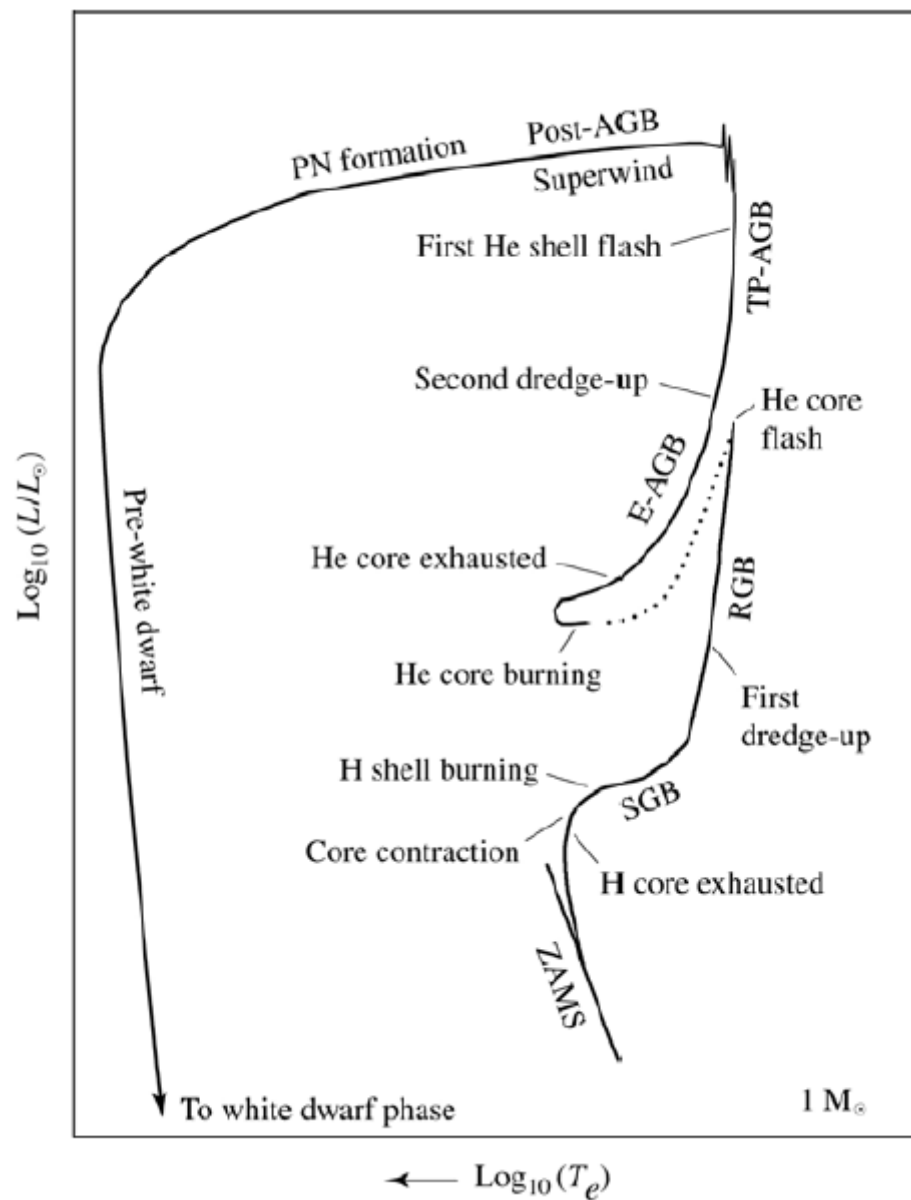




Kolejne fazy kontrakcji i przemian jądrowych

phase	T (10^6 K)	total E_{gr}/n	main reactions	total E_{nuc}/n	M_{min}	γ (%)	ν (%)
grav.	0 \rightarrow 10	~ 1 keV/n				100	
nucl.	10 \rightarrow 30		${}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He}$	6.7 MeV/n	$0.08 M_{\odot}$	~ 95	~ 5
grav.	30 \rightarrow 100	~ 10 keV/n				100	
nucl.	100 \rightarrow 300		${}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O}$	≈ 7.4 MeV/n	$0.3 M_{\odot}$	~ 100	~ 0
grav.	300 \rightarrow 700	~ 100 keV/n				~ 50	~ 50
nucl.	700 \rightarrow 1000		${}^{12}\text{C} \rightarrow \text{Mg}, \text{Ne}$	≈ 7.7 MeV/n	$1.1 M_{\odot}$	~ 0	~ 100
grav.	1000 \rightarrow 1500	~ 150 keV/n					~ 100
nucl.	1500 \rightarrow 2000		${}^{16}\text{O} \rightarrow \text{S}, \text{Si}$	≈ 8.0 MeV/n	$1.4 M_{\odot}$		~ 100
grav.	2000 \rightarrow 5000	~ 400 keV/n	$\text{Si} \rightarrow \dots \rightarrow \text{Fe}$	≈ 8.4 MeV/n			~ 100

Schemat ewolucji gwiazdy o masie $1M_{\odot}$

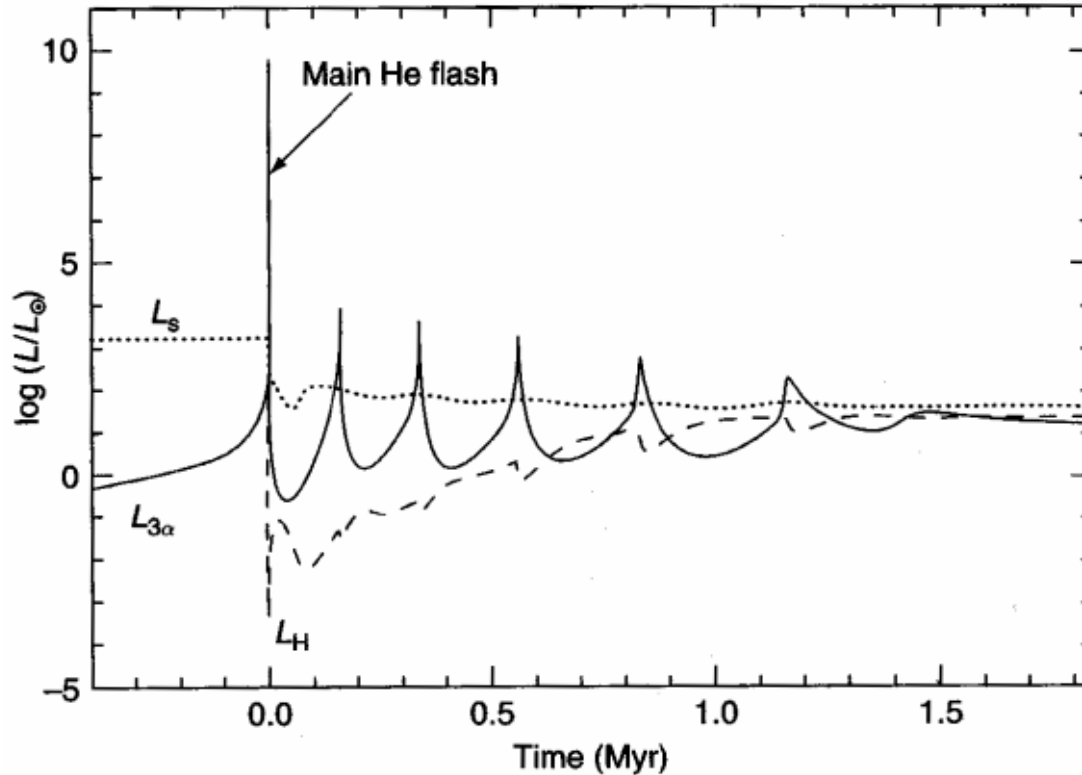


Błysk helowy $M=1M_{\odot}$

Dla gwiazd o masach $M < 2.3 M_{\odot}$:

- 1) Zapalenie helu odbywa się w warunkach degeneracji (błysk helowy)
- 2) W momencie zapalenia He wszystkie gwiazdy o $M < 2.3 M_{\odot}$ mają w przybliżeniu masę jądra $M_c = 0.45 M_{\odot}$
Dlatego jasność mało masywnych gwiazd palących He jest prawie niezależna od ich masy i układają się na diagramie HR na gałęzi horyzontalnej

Błysk helowy $M=1M_{\odot}$



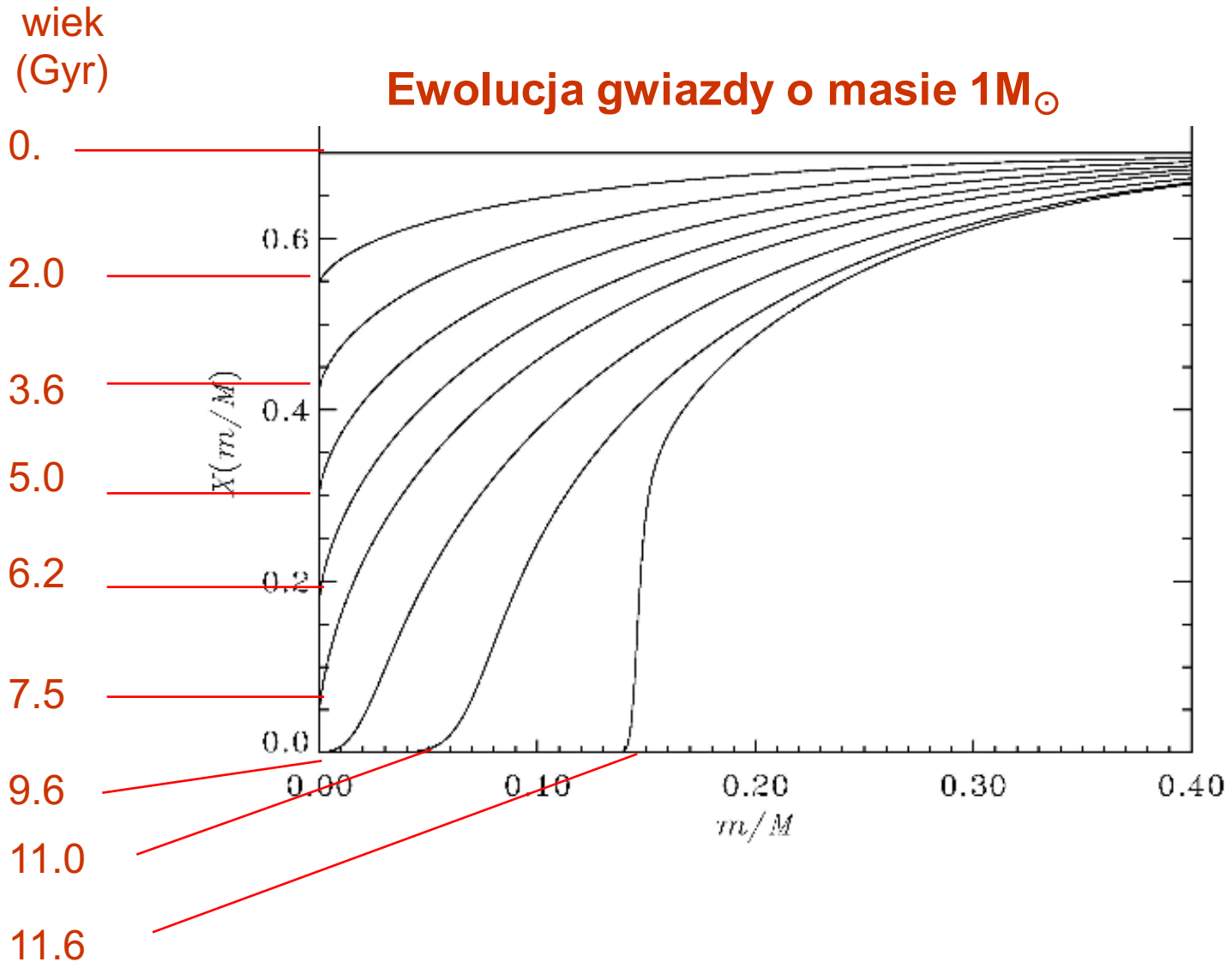
$t = 0$ – główny błysk helowy

L_s – jasność powierzchniowa

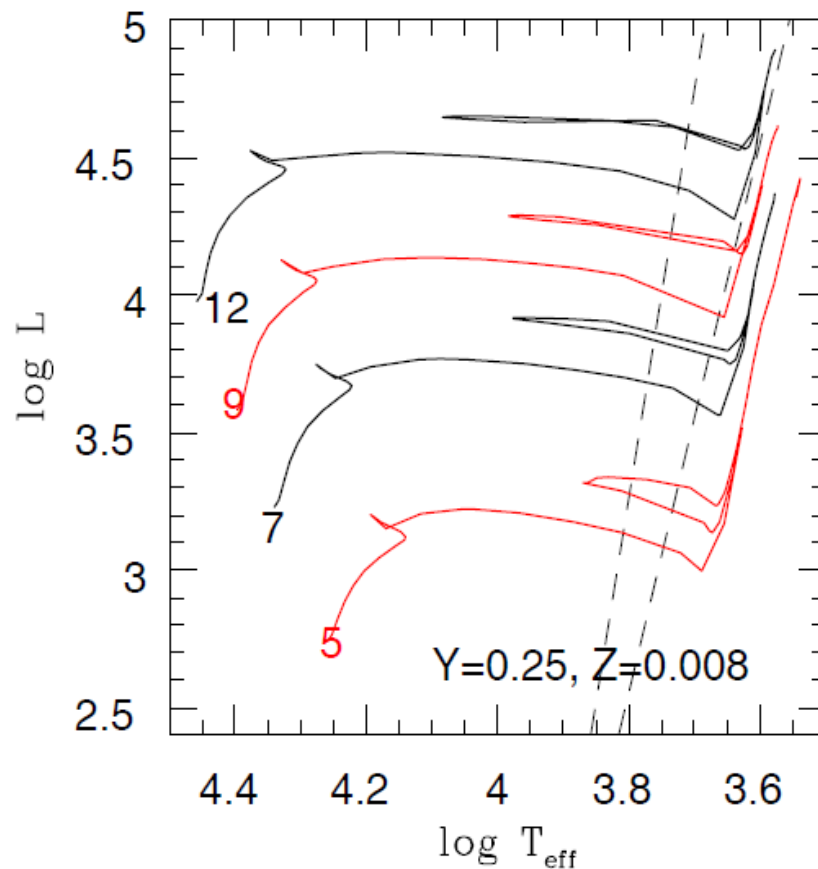
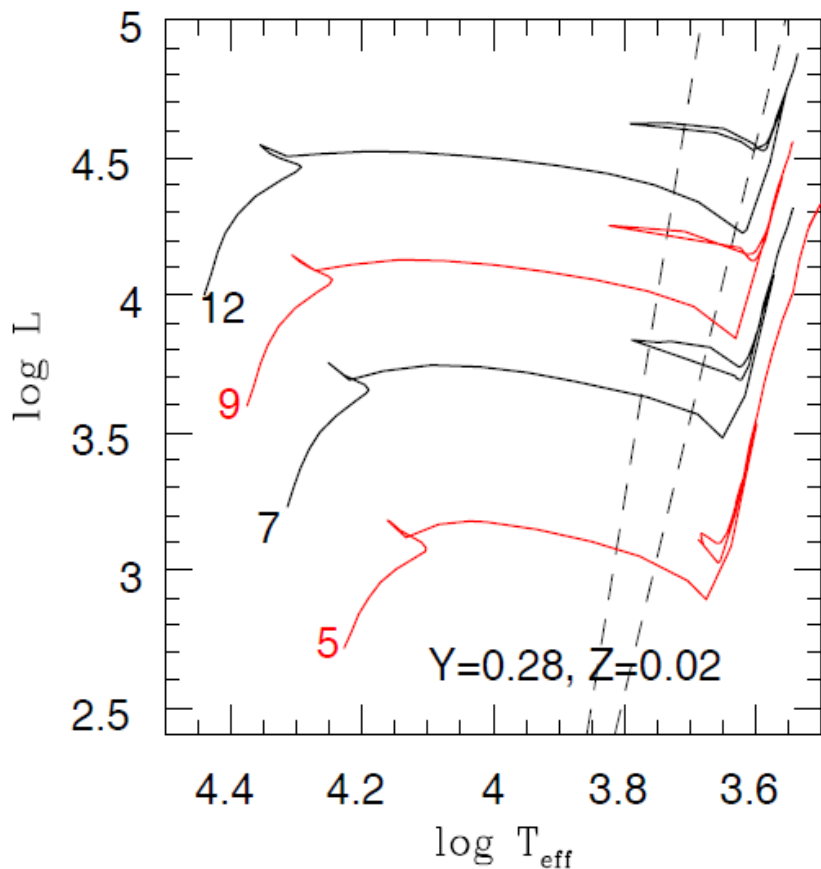
L_H - jasność pochodząca z palenia H w otoczce

$L_{3\alpha}$ - jasność pochodząca z palenia He

Zmiana profilu obfitości wodoru z czasem



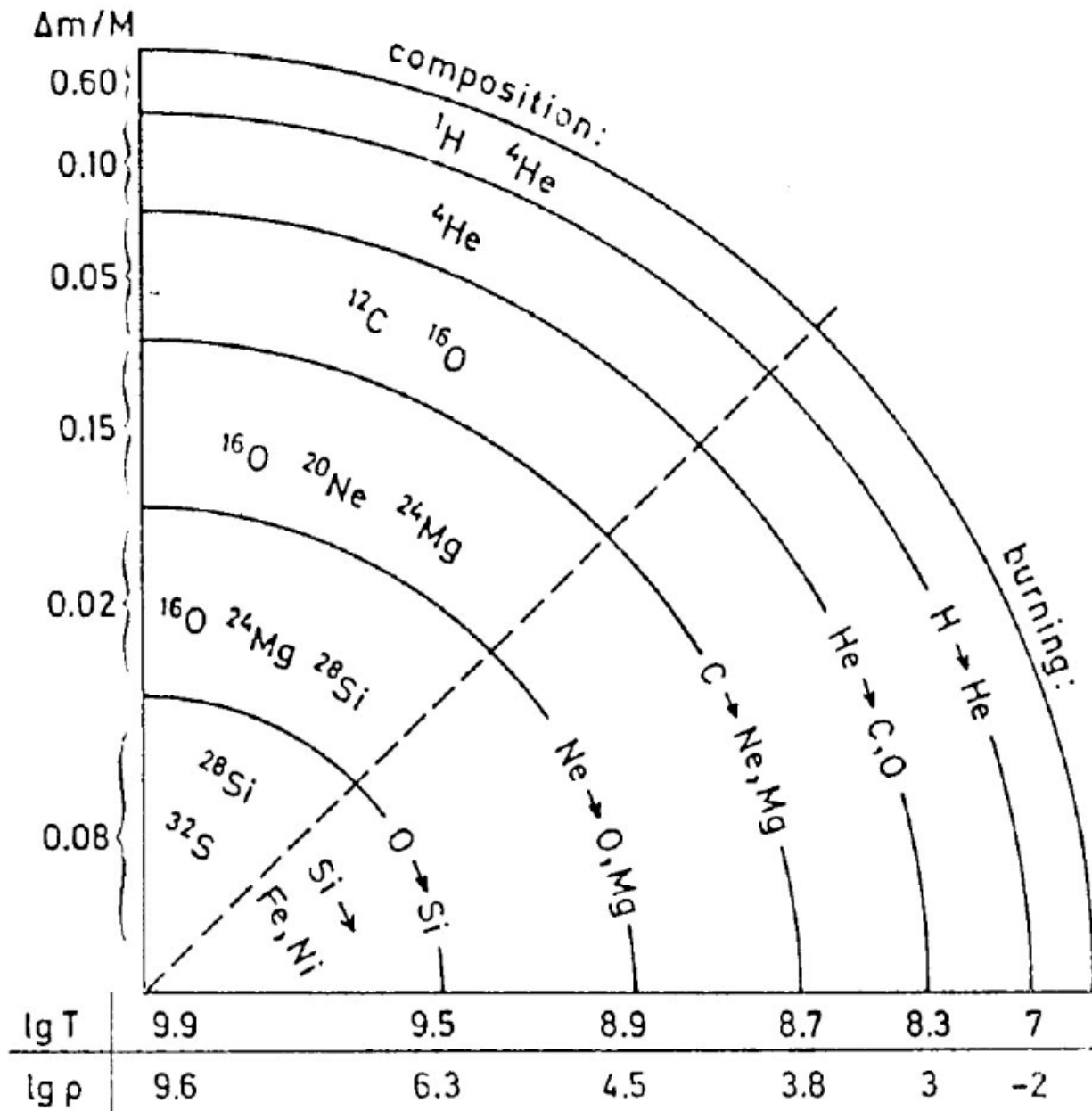
Ścieżki ewolucyjne na diagramie HR dla gwiazd o masach $>4 M_{\odot}$ od ZAMSu do końca syntezy węgla w jądrze. Na lewym rysunku parametry X i Z odpowiadają populacji I w Galaktyce. Na prawym - młodej populacji gwiazd w LMC. Należy zwrócić uwagę na różnice w długości pętli. Przerywane linie oznaczają położenie pasa Cefeid.

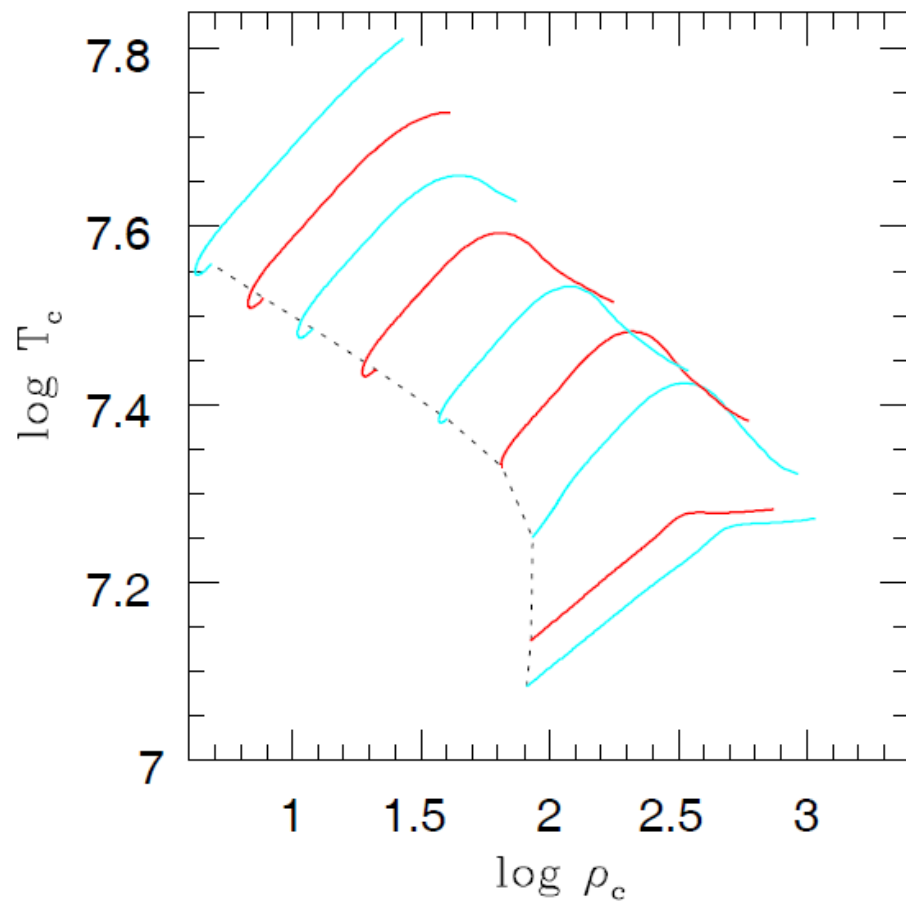
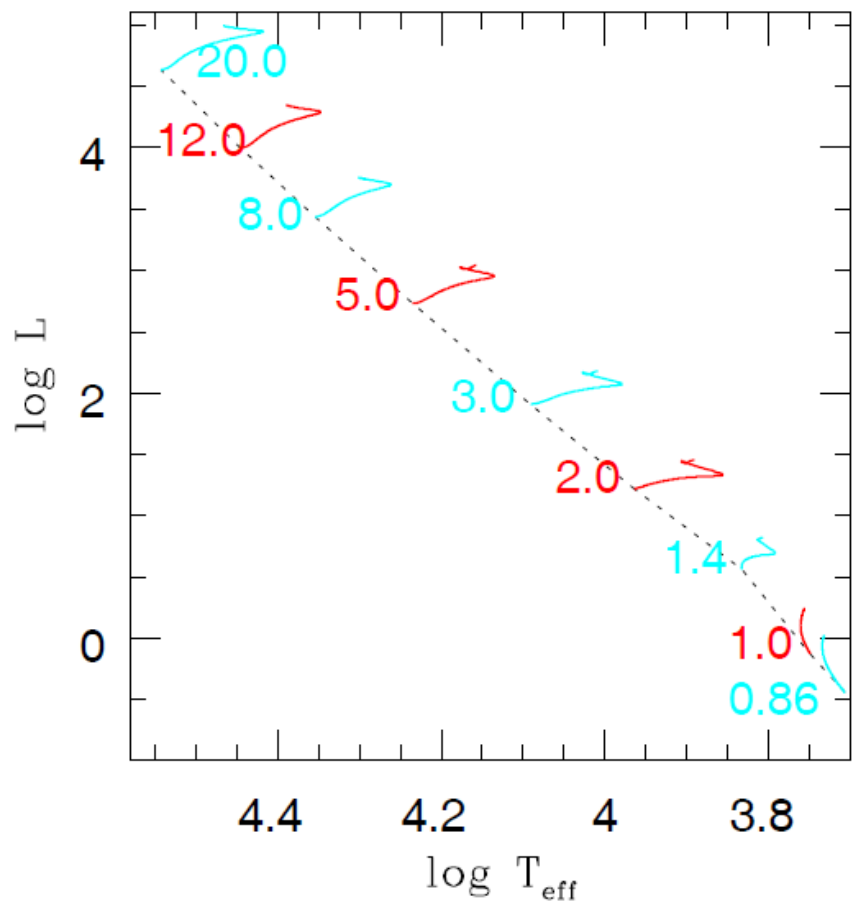


Czas życia (w milionach lat) na ciągu głównym (MS), w przerwie Hertzsprunga (HG) i w fazie palenia He w jadrze (HeB) oraz względny czas w fazie HeB spędzony na lewo (blue) i prawo (red) od pasa niestabilności Cefeid.

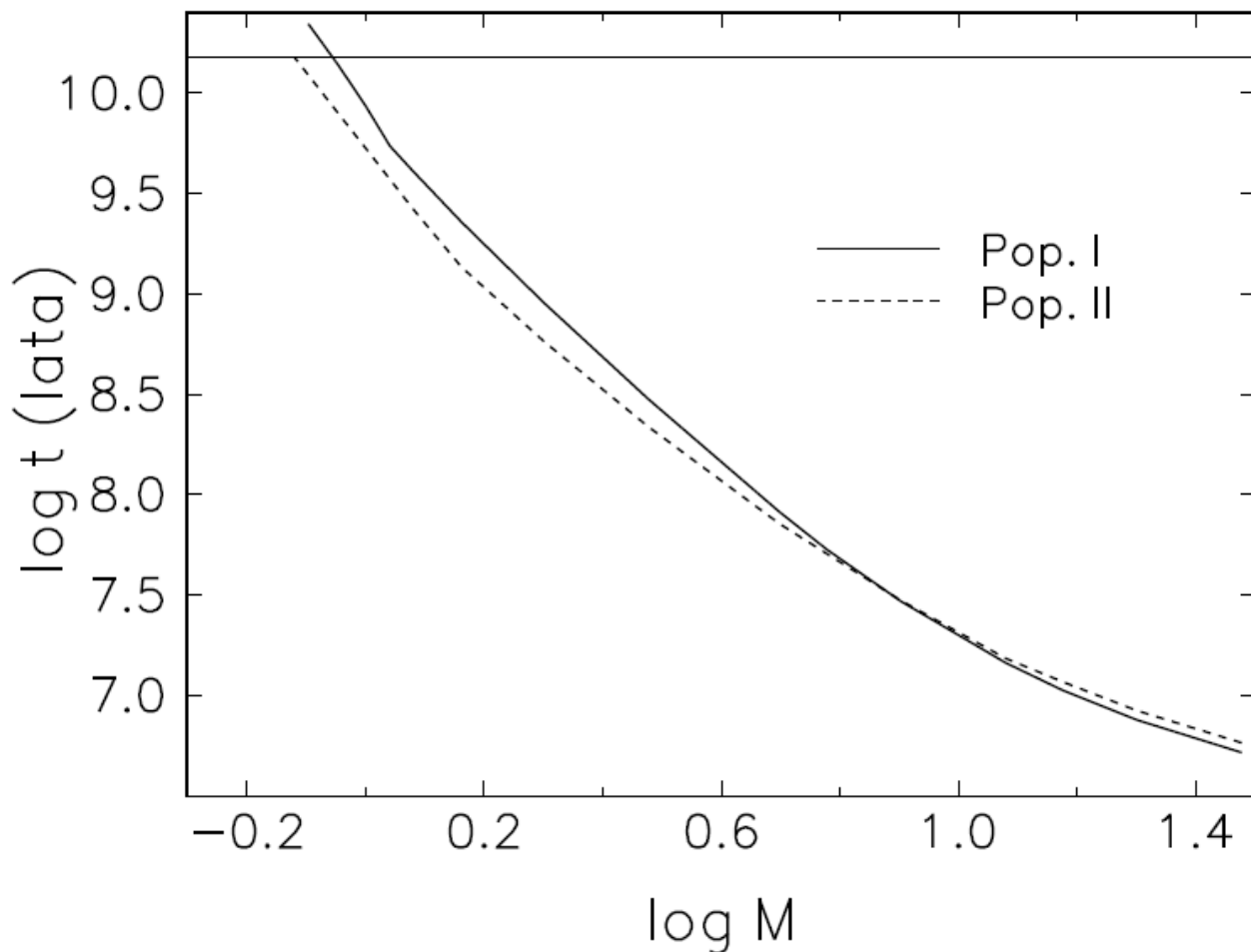
$$X_0 = 0.742, Z = 0.008$$

M/M_{\odot}	τ_{MS}	τ_{HG}	τ_{HeB}	red	blue
5	105.0	0.140	9.38	0.44	0.43
7	52.3	0.060	3.76	0.53	0.41
9	32.4	0.046	1.98	0.54	0.40
12	19.8	0.018	1.19	0.41	0.48

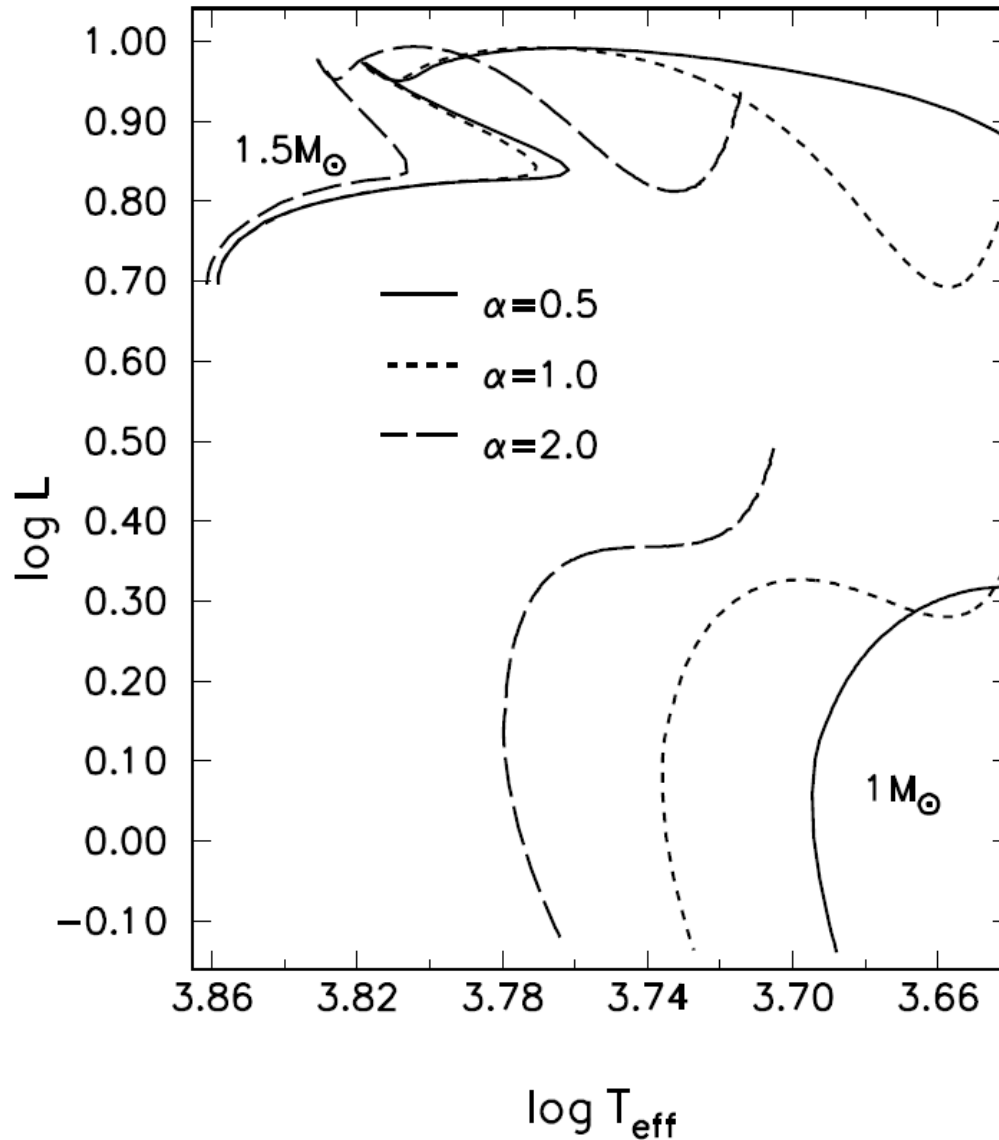




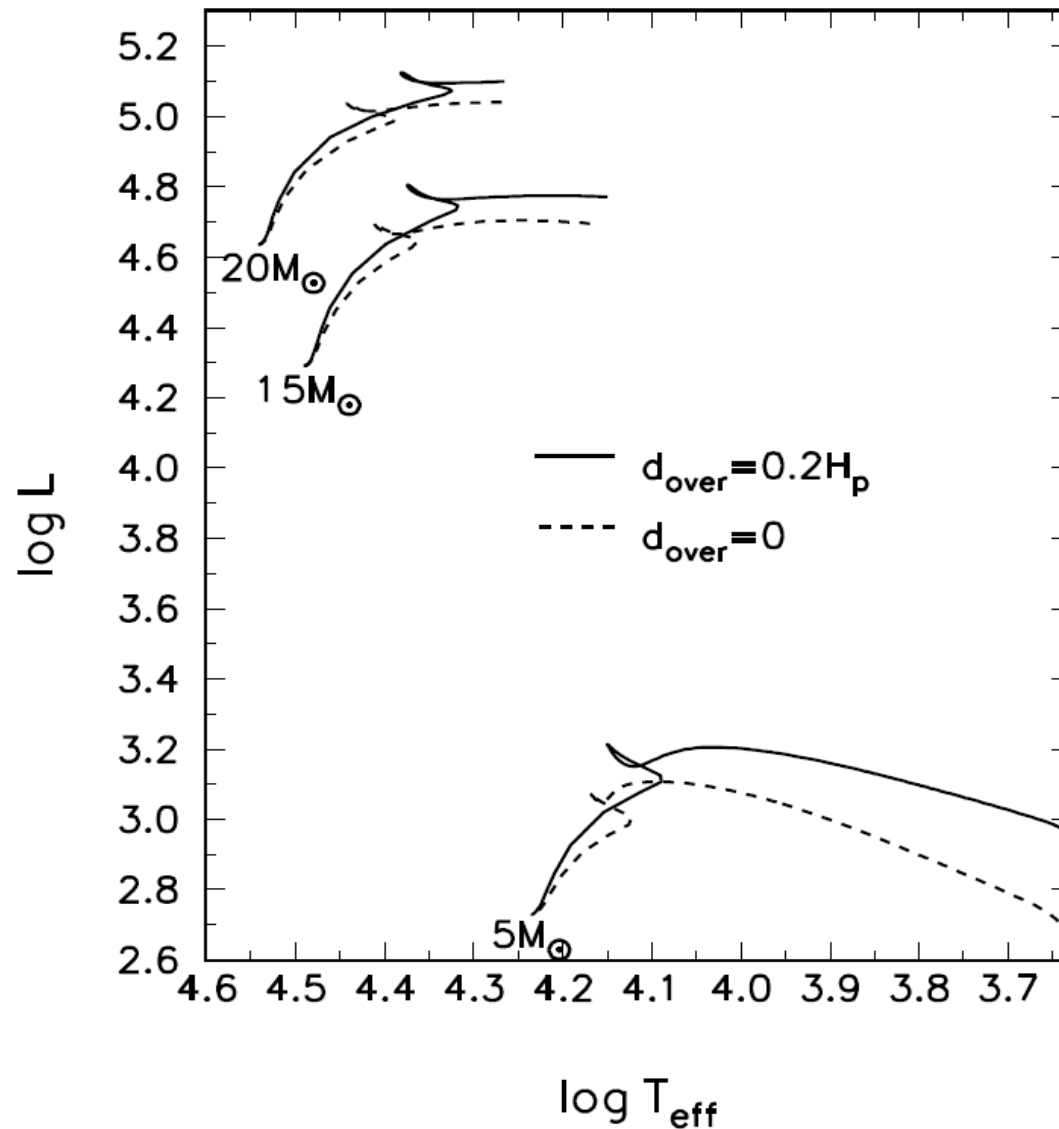
Zależność czasu życia gwiazdy w fazie ciągu głównego od masy gwiazdy i przynależności populacyjnej. Dla populacji I przyjęto $X = 0.7$ i $Z = 0,02$ a dla populacji II $X = 0,756$ i $Z = 0,001$. Linia pozioma (~ 15 mld lat) odpowiada aktualnej ocenie wieku Wszechświata.



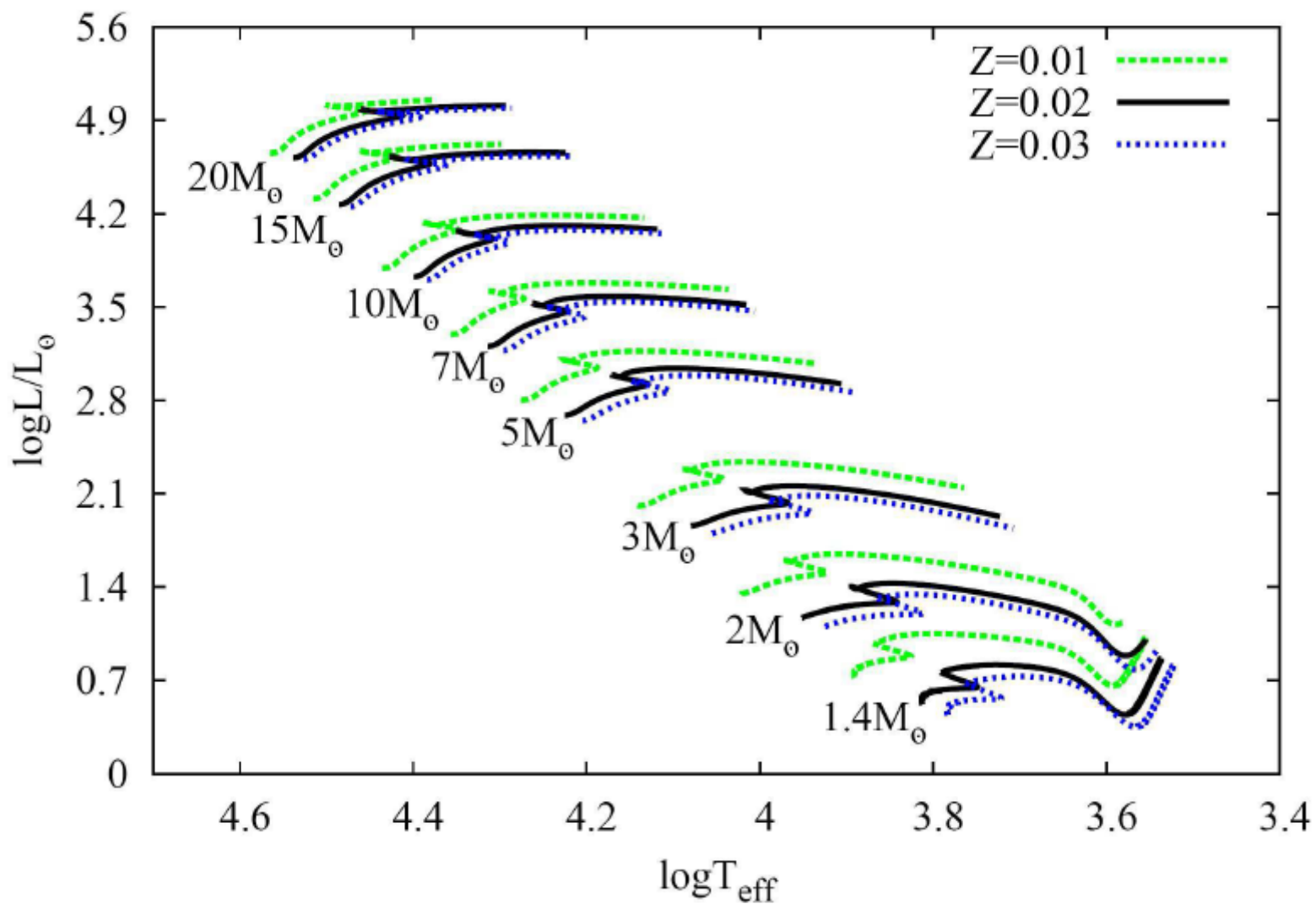
Ścieżki ewolucyjne dla modeli gwiazd z $M = 1$ i $1,5 M_{\odot}$, $X = 0.7$, $Z = 0,02$, dla różnych wartości parametru drogi mieszania. Im większe α tym większa efektywność transportu konwekcyjnego.



Efekt przestrzeliwania z konwekcyjnego jądra na ścieżki ewolucyjne dla modeli gwiazd $M = 1$ i $1,5 M_{\odot}$, $X = 0.7$, $Z=0,02$.



Efekt metaliczności na ścieżki ewolucyjne.



Efekt początkowej obfitości wodoru na ścieżki ewolucyjne.

