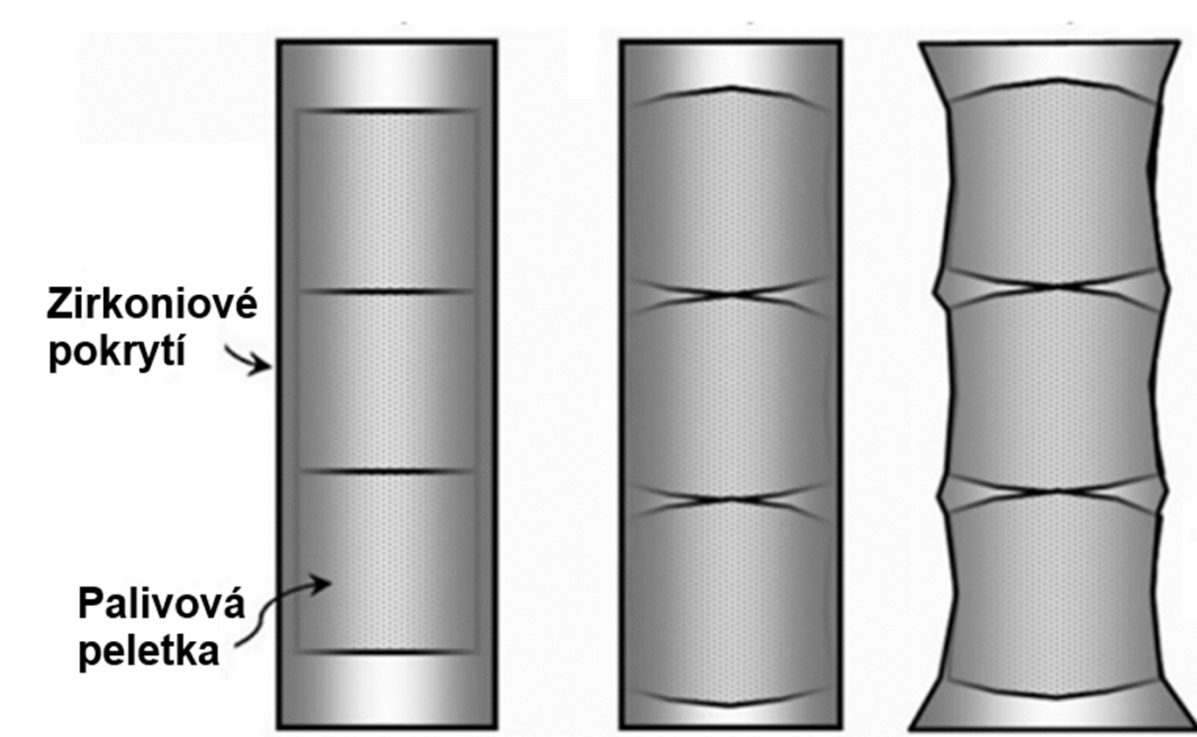


Štěpná řetězová reakce

probíhá v jaderném reaktoru za účelem vzniku tepla. Samotné palivo generuje teplo celým svým objemem. Pro bezpečnost provozu je kriticky důležité teplo správně odvádět. Pokud teplo není z reaktoru kontinuálně odváděno, hrozí poškození palivových souborů hned několika způsoby:

- přehřátí (natavení) samotných palivových proutků
- vysoká teplota způsobí reakci zirkonia s chladicí vodou, při které vznikají hydridy → koroze
- vlivem vysokého teplotního gradientu v peletce vzniká mechanické napětí, které způsobuje vznik trhlin v palivových proutcích
- napuchání (swelling) a restrukturalizace paliva



Poškození palivového proutku

Generované teplo se odvádí vedením skrz:

- samotný palivový proutek
- plynovou (heliovou) mezeru
- opláštění (cladding) palivových tyčí
- chladicí médium (lehká voda)

Určitá část tepla je taktéž převáděna tepelným zářením (radiací). Vyzářené množství energie je stanoveno Stefan-Boltzmannovým zákonem, který definuje následující:

Vyzařovaný výkon je přímo úměrný čtvrté mocnině absolutní teploty.

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Kde:

- σ je Stefan-Boltzmannova konstanta
- A je plocha povrchu tělesa
- T je absolutní teplota [K]

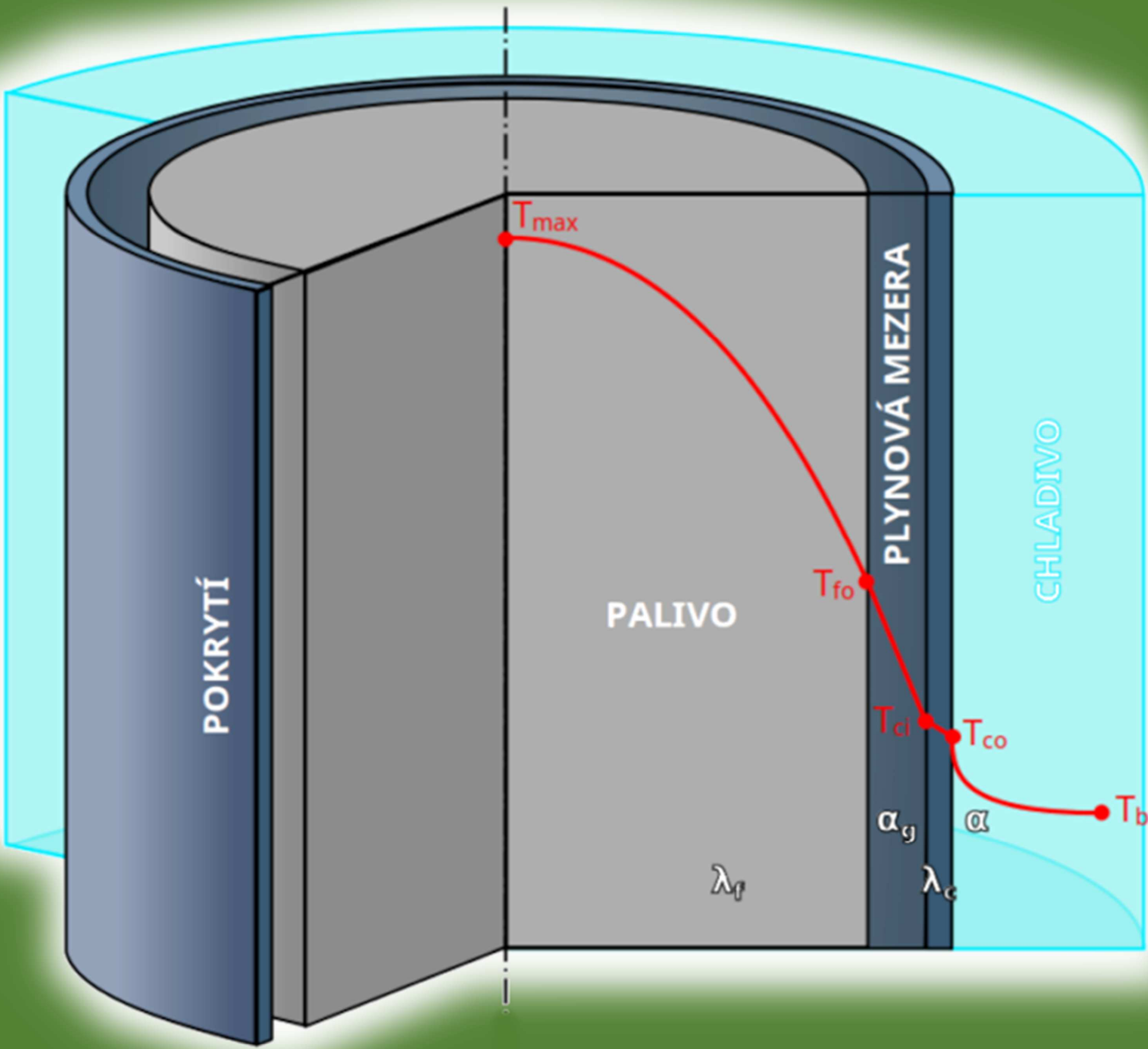
Pro výpočty vedení tepla v palivovém proutku se používá úprava difuzní rovnice vyjadřující difuzi tepla v materiálu – známá jako Fourierova rovnice vedení tepla. Tato rovnice popisuje, jak se mění teplota v čase důsledkem generování tepla v palivovém proutku.

Vznik a vedení tepla palivovým proutkem

Rovnice vedení tepla

změna teploty v čase = přírůstek teploty způsobený vnitřním zdrojem tepla + tepelná difuze (vedení tepla)

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{q_v}{\rho c_p} + a \nabla^2 T$$



Energie ze štěpení

Z jedné štěpné reakce se uvolní:

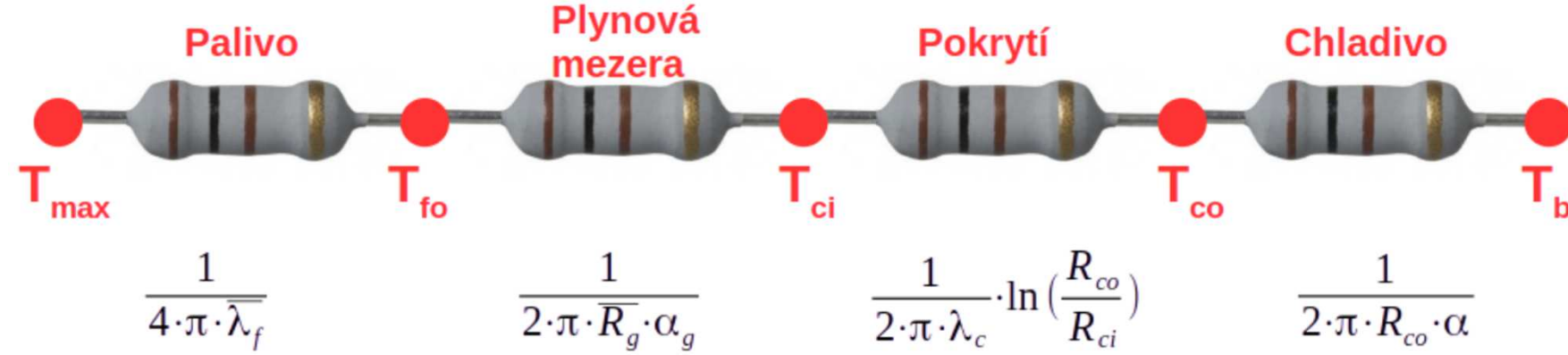
- Kinetická energie štěpných trosek (81,5 %)
- Kinetická energie štěpných neutronů (2,5 %)
- Okamžité gama záření (3 %)
- Rozpad štěpných trosek – beta záření (4 %)
- Rozpad štěpných trosek – gama záření (3 %)
- Neutrina (6 %)
- Celková uvolněná energie – cca 192 MeV

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Proč počítáme s elektronvolty a ne s elementární jednotkou Joule?

Jednotka elektronvolt je dobře přizpůsobená velikosti energií, se kterými se setkáváme na subatomární úrovni. 1 eV je energie, kterou získá elektron urychlený ve vakuu napětím jednoho Voltu.

Vedení tepla palivovým proutkem lze přirovnat k analogii s elektrickými odpory. Teplo překonává „odpor“ ve formě jednotlivých částí paliva.



$$T_{max} - T_b = q \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_f} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_g \cdot \alpha_g} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c \cdot \ln\left(\frac{R_{co}}{R_{ci}}\right)} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{co} \cdot \alpha} \right]$$

Celkový tepelný odpor

Přehled parametrů vybraných typů reaktorů:

Typ reaktoru	v [m/s]	T _{in} [°C]	T _{out} [°C]	p [MPa]	h [W/m²K]
PWR	4,6	285	316	15,5	32 000
BWR	2,2	275	286	7,2	85 000
HTGR	8,5	260	750	3,9	2 500
CANDU	6,4	250	295	9,15	50 000
FBR	6,5	400	560	0,45	138 000

Kde:

- v je rychlost chladiva v aktivní zóně
- T_{in}/T_{out} je vstupní/výstupní teplota chladiva do/z aktivní zóny
- p je tlak chladiva
- h je součinitel prostupu tepla z paliva do chladiva

