

# Kosmické technologie – cvičení 1

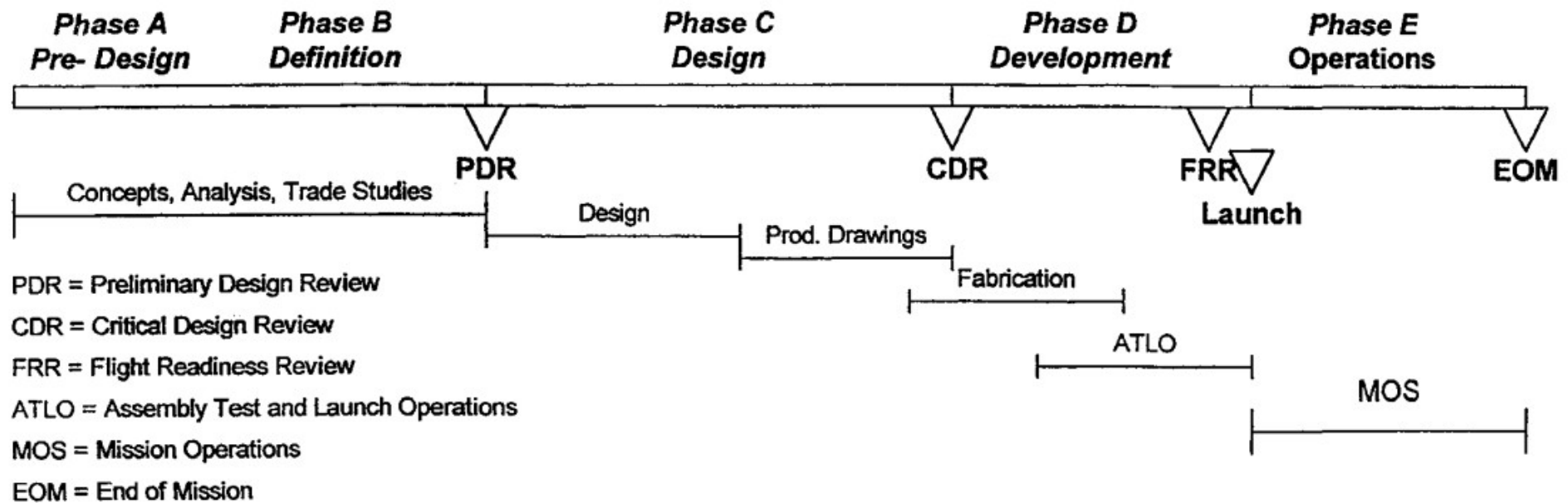
## Založení a návrh kosmické mise

Michal Pokorný

[mpokorny@fel.zcu.cz](mailto:mpokorny@fel.zcu.cz)

## Vznik kosmické mise - úvod

- Prvním krokem je nápad: Např. „Zajímalo by mě, jestli bychom nemohli pomocí syntetiky získat povrchové snímky Venuše skrz mraky aperturní techniky?“. Nápad může pocházet kdekoli v letecké komunitě, od zákazníka, z univerzity nebo od dodavatele. Většina korporací a zákazníci udržují malé organizace za účelem generování a studií návrhů misí.
- Druhým krokem je kontrola proveditelnosti. Byly doby, kdy tento krok znamenal studie proveditelnosti, aby se zjistilo, že nápad bude možné realizovat. Proveditelnost není v dnešní době velký krok, téměř vše je teoreticky proveditelné. V planetární nebo vědecké misi, vybraná, vysoká úroveň, na tuto otázku odpoví vědecká skupina. Pokud je odpověď příznivá, je čas udělat koncepční návrh, čemuž se říká fáze A



## Jednotlivé fáze kosmické mise I.

- **Fáze A:** Předběžná analýza. Předběžné studie jsou obvykle provádí řada oslovených společností v oboru s dohledem nad zákazníky, prohlášením o posláním zákazníka a určitými penězi zákazníků. Studie jsou oceněny soutěžně. Obvykle existují i zákaznické studie. Primární otázky které jsou zodpovězeny během fáze A, jsou následující:
  - 1) Jaká je rozumná konfigurace kosmické lodi, která bude misi plnit? (Ne nejlepší; takový, který bude docela dobře fungovat.)
  - 2) Existují nějaké "vysoké cíle" (významné náklady, plán nebo technická rizika) vývoje?
  - 3) Jaké hlavní obchodní studie by měly být provedeny?
  - 4) Kolik to bude stát?
  - 5) Jak dlouho to bude trvat?
- Návrh fáze A je koncepční návrh, profesionálně provedený, který bude splňovat požadavky, nemá žádné technické nedostatky a je vnitřně konzistentní. Není nutné najít nejlepší design, což se děje ve fázi B.
- **Fáze B:** Definice. Studie fáze B jsou obvykle soutěžně zadány alespoň dvěma dodavatelům; nejsou nutně dodavateli fáze A. Otázky, na které mají odpovědět vítězní uchazeči fáze B, jsou následující:
  - 1) Jaký je nejlepší design kosmické lodi pro misi? (a proč?)
  - 2) Jaká jsou rizika?
  - 3) Jaký je váš plán implementace?
  - 4) Jaký je odhad nákladů vaší společnosti?
  - 5) Kolik času by to vaší společnosti zabralo?
  - 6) Jsou k ochraně plánu nutné nějaké akce s dlouhým vedením?
- Během této fáze jsou definovány technické a obchodní základy projektu.

## Jednotlivé fáze kosmické mise II.

- **Fáze C/D:** Vývoj v plném rozsahu. Po fázi B jsou studie. Po dokončení proběhne soutěž „vítěz bere vše“. Vítěz je oceněn a zakázka na vývoj v plném rozsahu. Teoreticky je realizován vítězný návrh. To se však téměř nikdy nestane. Soutěžní fáze trvají určitou dobu (pět let případ Magellan). Během této doby pravděpodobně došlo ke změnám v prohlášení o poslání zákazníka a jistě došlo i v jeho plánech financování. Tedy, v reálném světě vítězný dodavatel obvykle provádí krátkou, delta-fázi-B studie o revidovaných požadavcích na design; tento krok trval v případě Magellan rok. Program rozvoje v plném rozsahu postupuje prostřednictvím uznávaných fází vlastní. Ve fázi předběžného návrhu jsou definovány požadavky a výkon do té míry, že lze vytvořit podrobné konstrukční výkresy. V předběžném návrhu, inženýrský důraz je kladen na 1) funkční výkon, 2) definici požadavků, a 3) definice rozhraní.
- Fáze končí předběžným přezkoumáním návrhu (PDR). PDR je formální zákaznická kontrola za účelem vyhodnocení přiměřenosti předběžného návrhu a souladu s požadavky zákazníka. Po PDR je návrh částečně zmrazen a specifikace jsou pod kontrolou změn.
- Ve fázi návrhu jsou vytvořeny stavební výkresy a je kódován software. Jsou zahájeny subdodávky na komponenty (reakční kola, počítače, ventily a podobně) nebo podsystémy, které jsou nákupními položkami. (V reálném životě je to často nutné zahájit některé subdodávky před PDR.) Sestavení a testování na úrovni subsystému je zahájeno v tuto fázi. Fáze návrhu končí kritickým přezkoumáním návrhu (CDR), což je a formální zákaznické hodnocení, které hodnotí přiměřenost designu a rozhraní definice.

### Jednotlivé fáze kosmické mise III.

- Montážní, zkušební a spouštěcí operace ATLO (Assembly, test, and launch operations). ATLO začíná když jsou k dispozici podsestavy způsobilé pro let pro montáž do letové kosmické lodi. Montáž kosmických lodí obvykle začíná jednotkami shodnými s kvalifikací jednotky, které jsou kvalifikovány souběžně s montáží kosmických lodí. I když dojde k chybám v kvalifikaci, šetří se čas. Testy na úrovni systému zahrnují následující:
  - 1) Funkční testy na systémové úrovni každé fáze mise. Ty se opakují mezi environmentálními testy.
  - 2) Tepelné testování simulující prostor, buď solární tepelné vakuum (technicky nejlepší) nebo infračervené vakuum (nejlevnější).
  - 3) Akustika, simulující prostředí v plášti nosné rakety.
  - 4) Kontrola „end-to-end“ komunikace pomocí pozemní stanice, např. stanice hlubokého vesmíru v Kennedyho vesmírném středisku.
  - 5) Simulace misí a testy prostředí (akustika, tepelné vakuum).
- Tato fáze končí kontrolou před odesláním, která zvažuje přijatelnost kosmická loď ve světle dat z testů systému.
- Fáze vypuštění - tato fáze obvykle zahrnuje opětovnou montáž odeslání na místo startu a opětovné testování. Těsně před spuštěním je finální revize k posouzení připravenosti kosmické lodi.

## Jednotlivé fáze kosmické mise IV.

- **Fáze E:** Operace mise. Fáze E začíná ihned poté po vypuštění. Operační tým mise je obvykle během několika měsíců trénován, sestavován a testován, aby ovládal kosmickou loď a byl zběhlý v porozumění stavu kosmické lodi. Tým mise Operations (MOS) může být velký až několik stovek lidí nebo tak malý jako několik lidí, v závislosti na složitosti kosmické lodi a na misi.
- Recenze. Nejběžnější formální kontroly zákazníků, které jsou prováděny v průběhu programu. Nejdůležitější z nich jsou:
  - CoDR (Conceptual design review) Recenze konceptuálního designu
  - PDR (Preliminary design review) Předběžná kontrola návrhu
  - CDR (Critical design review) Kritická recenze designu
  - PRR (Preshipment readiness review) Kontrola připravenosti před odesláním
  - FRR (Flight readiness review) Kontrola připravenosti k letu
- Je běžnou praxí provádět subsystémové PDR a CDR ve stejném obecném případě časový rámec jako kosmická loď PDR a CDR.
- Komerční zadávání zakázek. Prostě fáze, recenze a kroky popsané jsou pro státní zakázku. Komerční zakázka se může lišit výrazně kvůli následujícím faktorům:
  - 1) Design je řízen finančními zájmy (návratnost investic, podíl na trhu).
  - 2) Schvalovací řetězec se rozšiřuje na představenstvo.
  - 3) Obvykle existuje jediné kontaktní místo pro technické inženýrství zákazníka.
  - 4) Obvykle neexistuje žádný soubor zavedených postupů pro vedení.
  - 5) Jakmile je smlouva podepsána, zákaznický dohled je minimální.
  - 6) Návrh má právní a regulační dopad, zejména u komunikačních kosmických lodí.

## Části projektu I.

- Vědecký náklad - Vědeckým nákladem je sada nástrojů které plní misi. Na Magellanu byl vědeckým nákladem jediný přístroj, radar se syntetickou aperturou. Magellan byl neobvyklý v tom, že měl jen jeden nástroj. Sonda Cassini zkoumala Saturn a jeho měsíce pomocí 12 různých přístrojů na Orbiteru a šesti dalších na sondě. Vědecký náklad obvykle pochází z jiné organizace než kosmická loď, často z univerzity nebo od zákazníka. Primární rozhraní užitečného zatížení s kosmickou lodí jsou energie a data řízení, příkazové, tepelné, mechanické a zorné pole. Nástroje někdy přicházejí s vestavěnou funkcí sběru dat a formátování.
- Vypouštěcí systém. Mechanizmy a podpůrné prvky, které kladou kosmickou loď na oběžnou dráhu kolem Země nebo na únikovou dráhu k planetě. Někdy kosmická loď dodává část této energie sama (např. Voyager), ale hlavním zdrojem energie je nosná raketa. Nosná raketa je primární rozhraní. Návrhované zatížení konstrukce pochází z nosné rakety. Plášť nosné rakety určuje maximální rozměry kosmické lodi během. Toto omezení má za následek soubor mechanismů, které mění kosmickou loď z konfigurace startu na konfiguraci mise. Existuje také silný funkční rozhraní nosné rakety s napájením, řízením, telekomunikacemi a příkazové a datové systémy.
- Detailní konstrukční integrace s nosnou raketou je složitý proces a měl by začít asi 36 měsíců před startem, až 48 měsíců u raketoplánu zahájit. Analýza a integrace konstrukčních zatížení vyžaduje zvláštní důraz a řadu formálních setkání.

## Části projektu II.

- Sledovací a datové systémy. Po startu je spojení s kosmickou lodí prostřednictvím sledovacích a datových stanic, které
  - 1) přijímají sestupný spoj a přenos kosmické lodi to do operací mise a
  - 2) uplink příkazy do kosmické lodi.
- Tyto stanice také použijte rádiové spojení k poskytnutí vzdálenosti, azimutu a výšky kosmické lodi.
- Operace misí MOS (Mission operations). Při startu v ruku v ruce týmu k týmu MOS je vytvořen, když vozidlo opustí odpalovací rampu. V případě v případě planetárního startu je tým na mysu Canaveral a tým MOS obvykle se nachází v Jet Propulsion Laboratory (JPL) v Pasadeně v Kalifornii. Tým MOS poskytuje analýzu výkonu kosmické lodi ze sestupné linky a poskytuje kosmické lodi příkazy pro uplink. Sestupná data jsou dekodována a dodána na konzole týmu MOS. Normální výkonové parametry jsou
  - uloženy v databázi. Jakékoli anomální chování řeší tým. To může být menší problém nebo život ohrožující událost kosmické lodi. (Abych parafrázoval starého pilota říká, že MOS může být hodiny a hodiny nudy přerušované okamžiky naprosté čistoty teror.)



Děkuji za pozornost

Michal Pokorný

mpokorny@fel.zcu.cz