



Energy Well Studna energie

Kolektiv ÚJV Řež a.s. a CVŘ



Technologie pro elektrárny a teplárny na tuhá
paliva
Medlov 5/2018



OBSAH

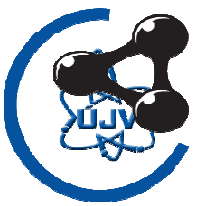
- **Potenciál SMR** (Small Modular Reactor) s typy reaktorů **FHR** (Fluoride salt-cooled High temperature Reactor)/**MSR** (Molten Salt Reactors)
- **Koncepce malého zdroje s malým modulárním reaktorem chlazeným roztavenými solemi (FHR)**
- **Koncepce primárního okruhu**
- **Koncepce sekundárního terciálního oběhu**
- **Základní představení projektu HORIZONT 2020 flexibilní zdroj 20 MW s oběhem superkritického CO₂**

SMR, resp. FHR / MSR potenciální pro jejich využití

- „Ostrovní provoz“ - SMR jednotka v lokalitách bez připojení k síti
- Dálkové vytápění (nahrazení uhelných zdrojů)
- Zdroj energie pro průmyslové parky - energie, teplo, chlad
- Zdroj energie (tepla nebo energie) pro odsolování jednotek

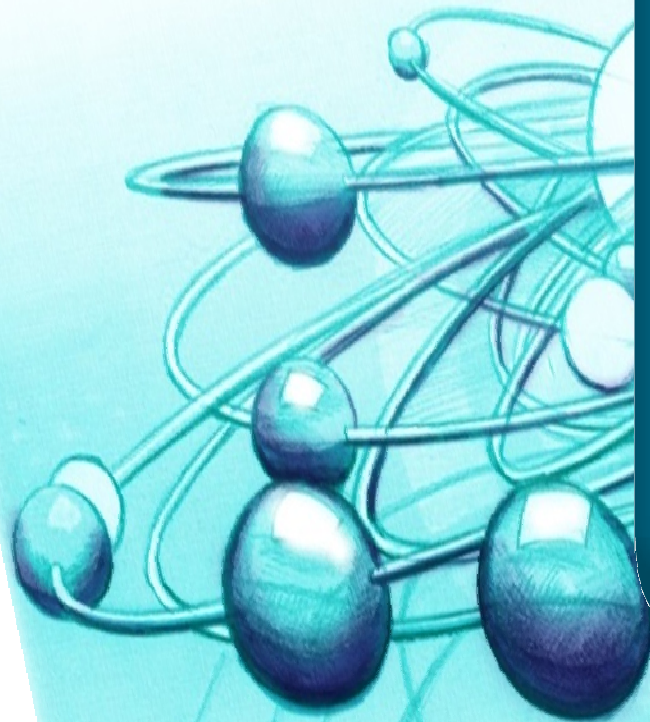
SMR potenciál z technického hlediska:

- SMR potenciál závisí na lokalitě
- SMR potenciálu v ČR je hlavně v dálkovém vytápění. Dobrou alternativou pro náhradu domácího uhlí.
- SMR jako potenciální zdroj do průmyslových parků. Stávající místa s rozvinutou infrastrukturou se stabilní definovanou spotřebou energií.
- SMR je z technického pohledu vhodné řešení pro decentralizovanou výrobu energií.
- Žádné problémy s přísnými limity emisí (důležité zejména v zemích EU).
- Způsob, jak snížit závislost na výkyvech cen paliv



Požadavky a řešení

Proč – co - jak

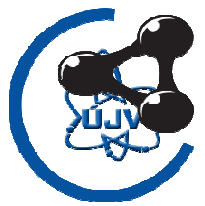




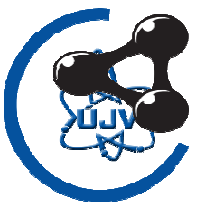
Požadavky

- SMR malý modulární reaktor chlazený tekutými solemi
- Vysoká pasivní bezpečnost
- Dlouhodobý provoz bez výměny paliva
- Modulární transportovatelné uspořádání
- Minimální požadavky na místní infrastrukturu
- Výkon 20 MWt
- (LEU) nízko obohacené palivo

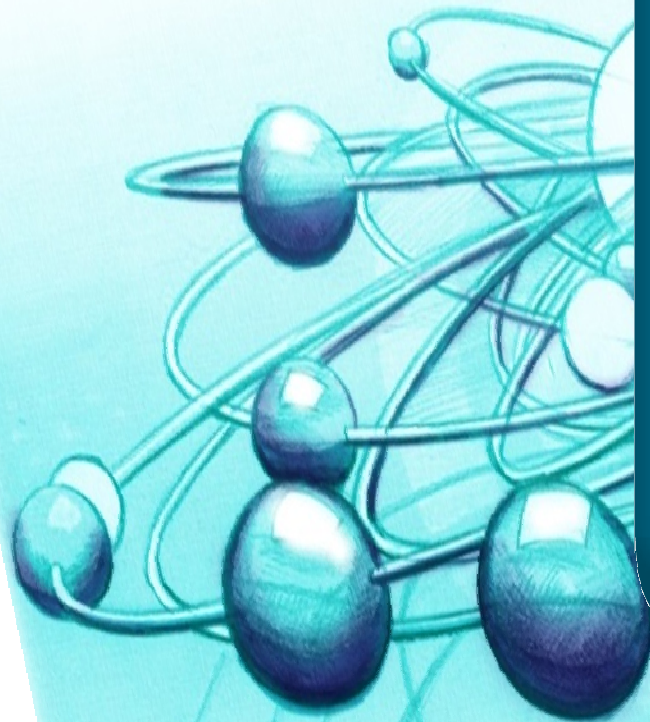
FHR základní koncept



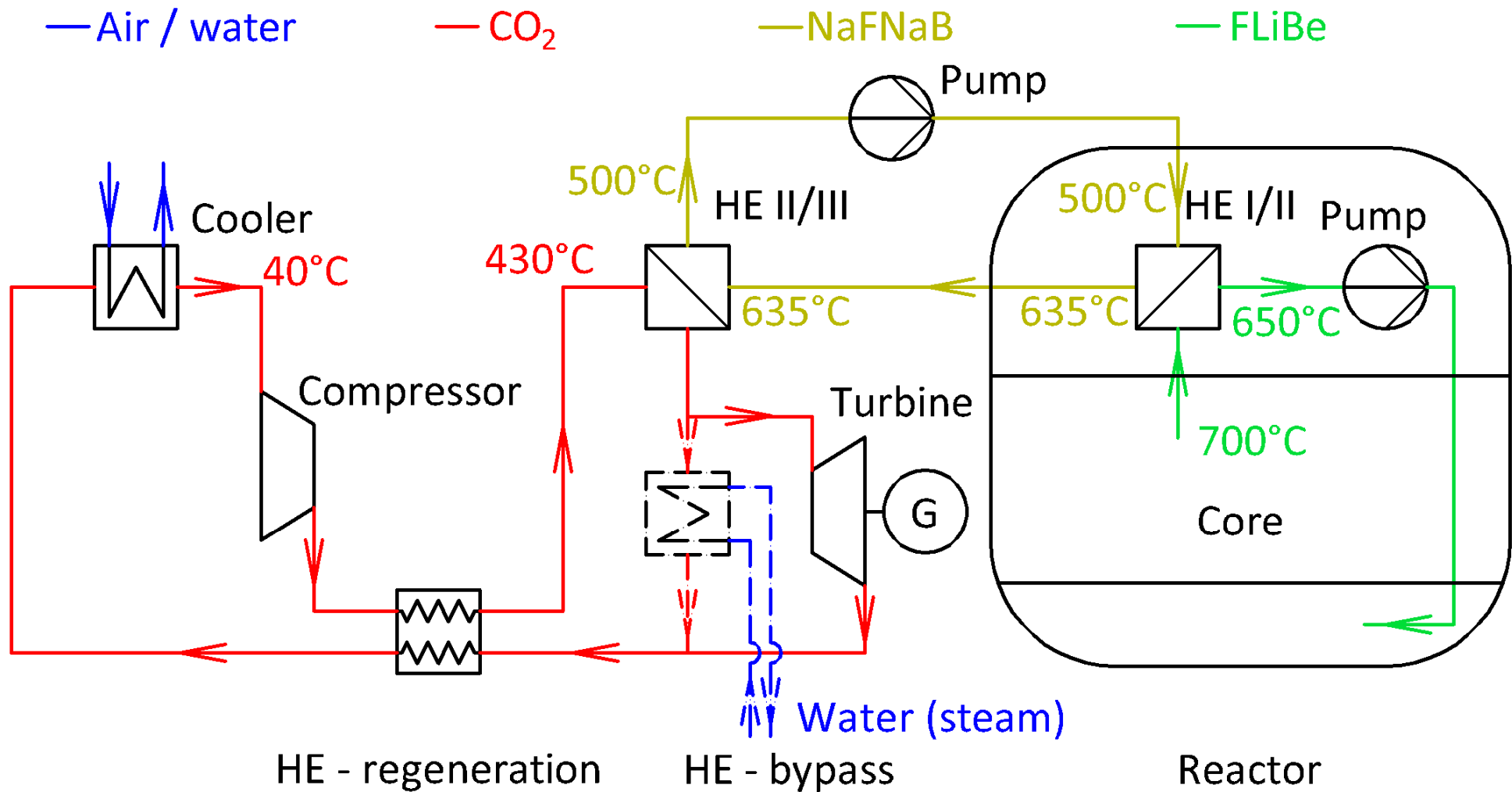
koncept	Dopady	Přínosy
Primární chladivo s vysokou tepelnou kapacitou	Malé toky chladiva	Kompaktní primární smyčka (Malé komponenty- čerpadla, armatury, výměníky)
	Malé delta Δt chladiva	
Nízký tlak chladiva	Integrita uspořádání	Tenkostěnné řešení nádoby reaktoru a primárního potrubí
Vysoká teplota chladiva	Vysoká účinnost přeměny energie	Vysoká účinnost
	Vysoká teplota a typ chladiva nutné použití speciálních materiálů	
TRISO fuels	Vysoká provozní teplota paliva	Robustní, bezpečné řešení
	Vysoká fixace produktu štěpení	



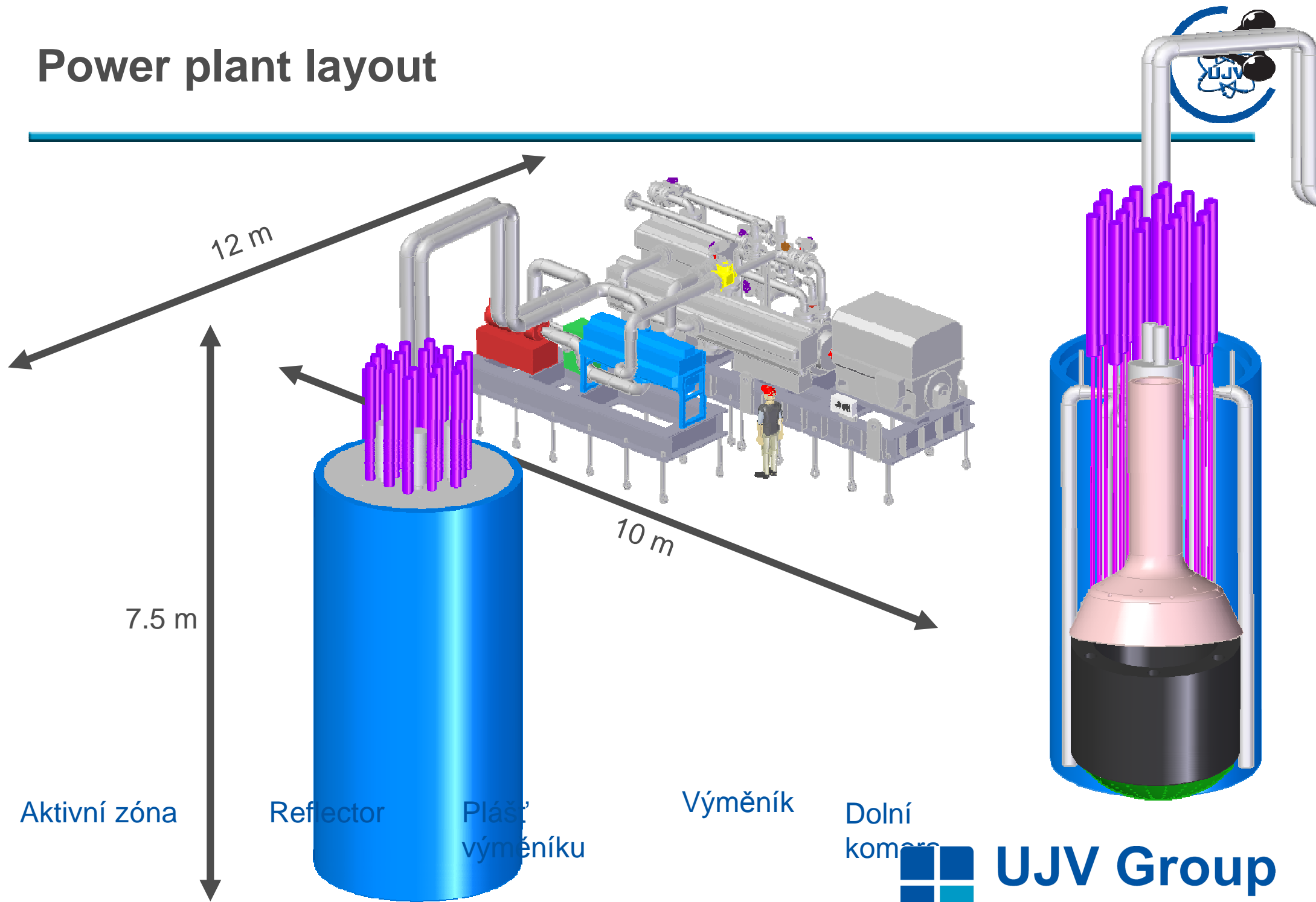
Reactor - základní koncepce



FHR / MSR Základní koncept reaktoru chlazeného tekutými solemi



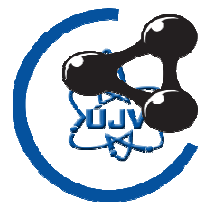
Power plant layout



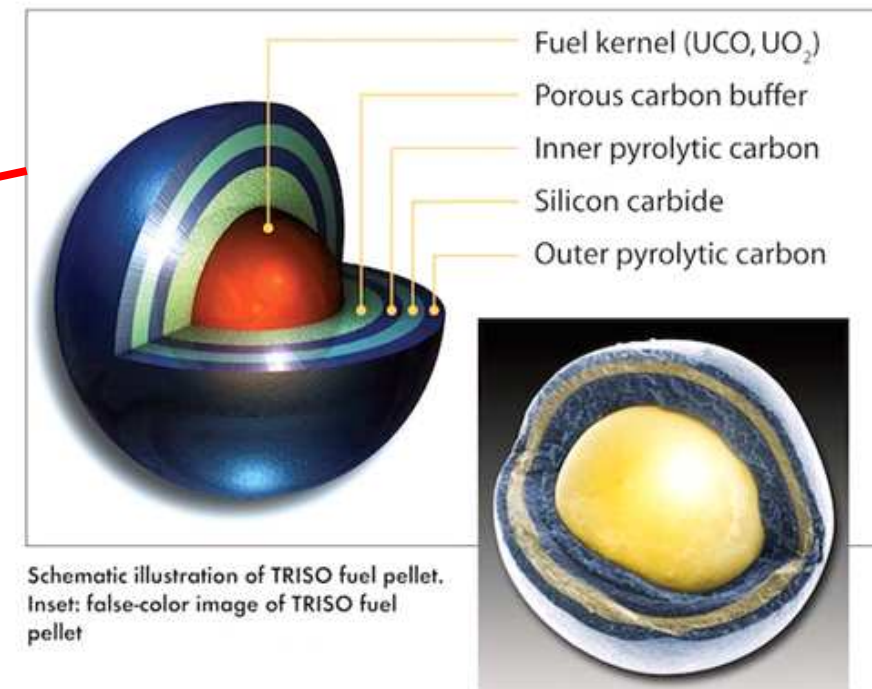
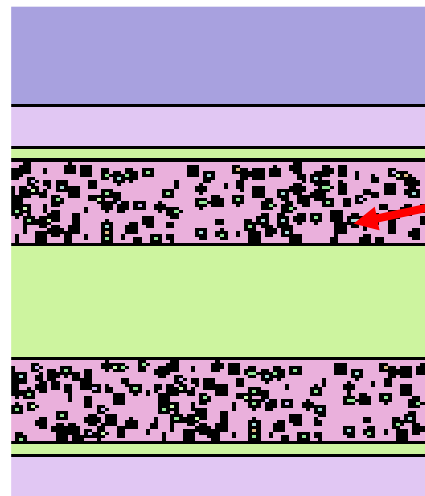
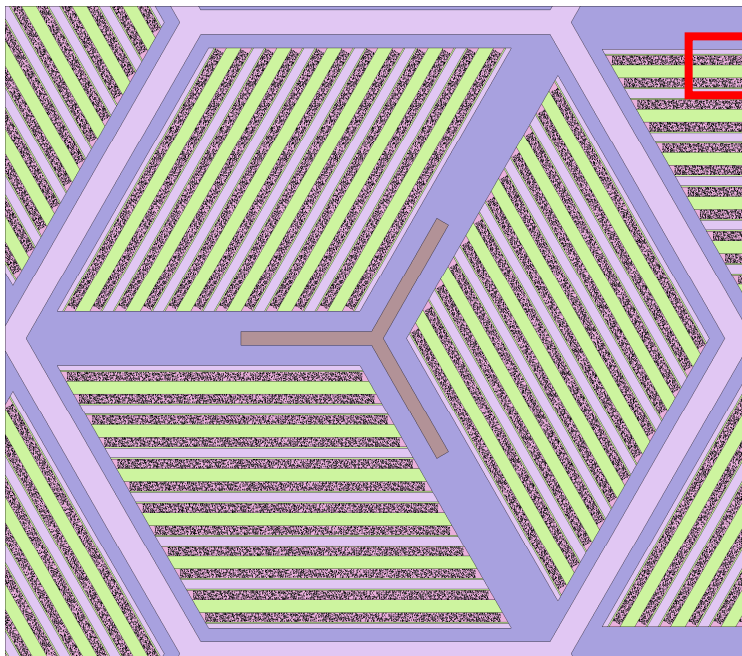
UJV Group

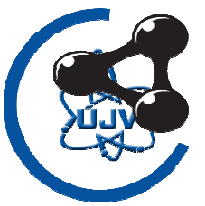
TECHNOLOGY | INNOVATION | PEOPLE

Palivo



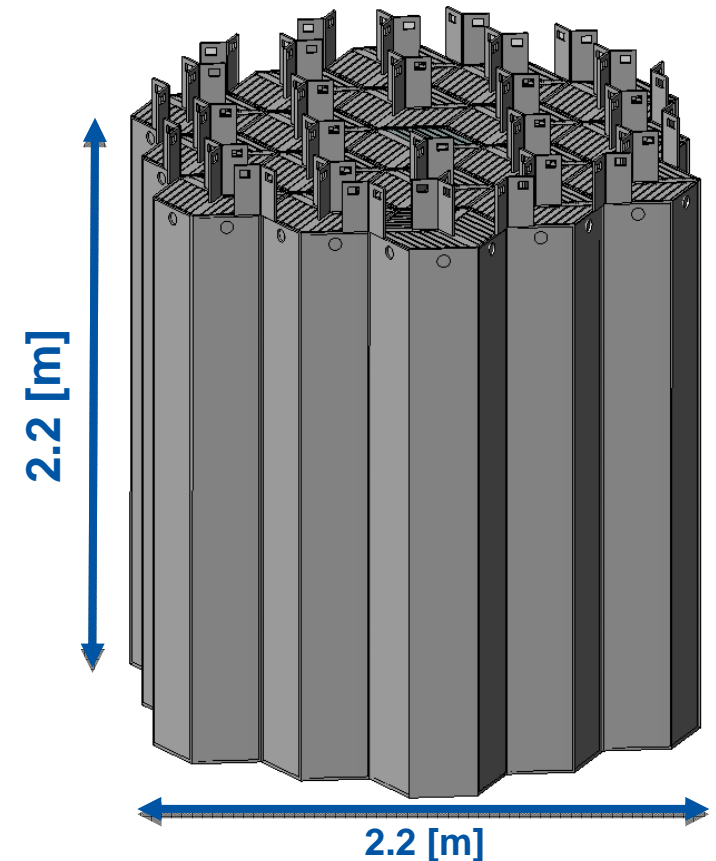
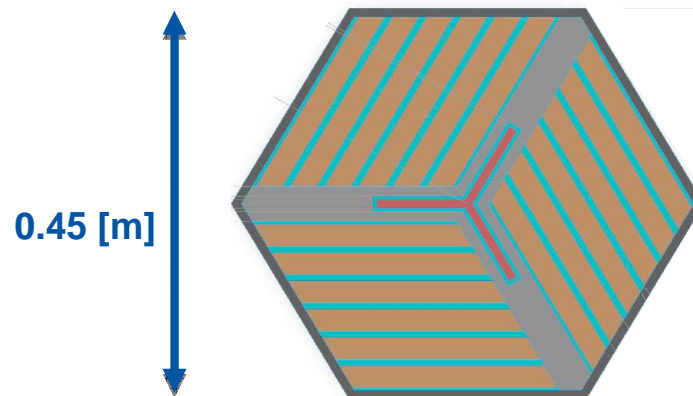
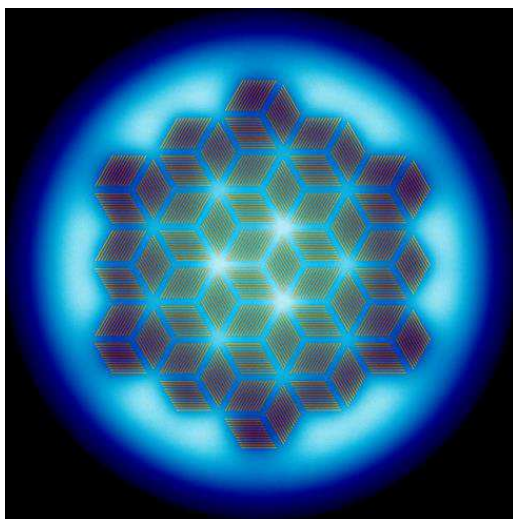
- Výrobky štěpení zůstávají uvnitř ozářeného TRISO až do 1800 ° C
- Částice TRISO jsou v grafitové matici
- Palivové články tvoří kosočtverec se dvěma palivovými deskami, které zasazují centrální uhlíkovou desku
- Toto palivo je stejné jako palivo HTGR vyvinuté v rámci sponzorství DOE-NE





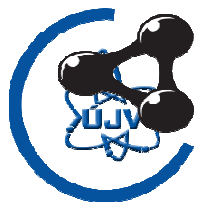
Aktivní zóna

- Palivová vsázka (UOC): 0.82 t.
- Hmotnost AZ : 18.3 t. (28.2 t. včetně reflektoru)
- Průměrná hustota neutronový tok: $3\text{-}5 \text{ E} + 13 \text{ n} / \text{cm}^2 / \text{s}$
- Kontrolní tyče jsou jak pro řízení reaktivity, tak pro kompenzaci nadměrné reaktivity
- Pasivní systém odstavení reaktoru (kapsle)
- Chladicí kapalina: FLiBe // NaFNaB



UJV Group

TECHNOLOGY | INNOVATION | PEOPLE



- Vysoká provozní teplota: $650/700 \text{ } ^\circ \text{C} / \Delta T = 50 \text{ } ^\circ \text{C}$
- Atmosférický tlak v systému.
- Kolektivní geometrie s vysokou pasivní bezpečností.
- Přirozený oběh v případě ověztráty průtoku.
- Řízený odvod tepla během tuhnutí soli v primárním okruhu.

Trubkový výměník

chladivo

Průtok [kg/s] 170

teplota vstup/výstup [°C] 700/650

Provozní tlak [bar] 3

Construction

Typ

Vnější strana

FLiBe

170

700/650

3

TEMA class E

Trubky

NaFNaB

100

500/635

5

U-tube



Pumps

Dopravní výška

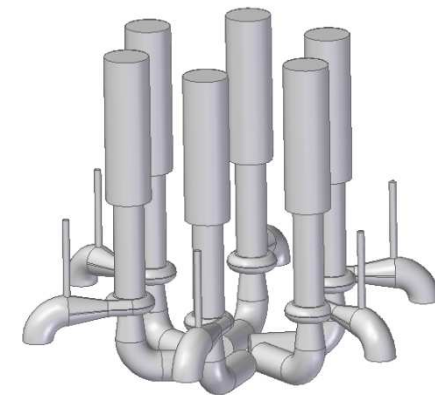
Příkon 6 čerpadel

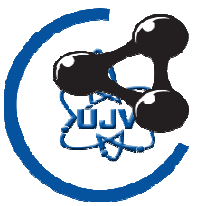
Průtok chladiva přes AZ

200 kPa

24 kW

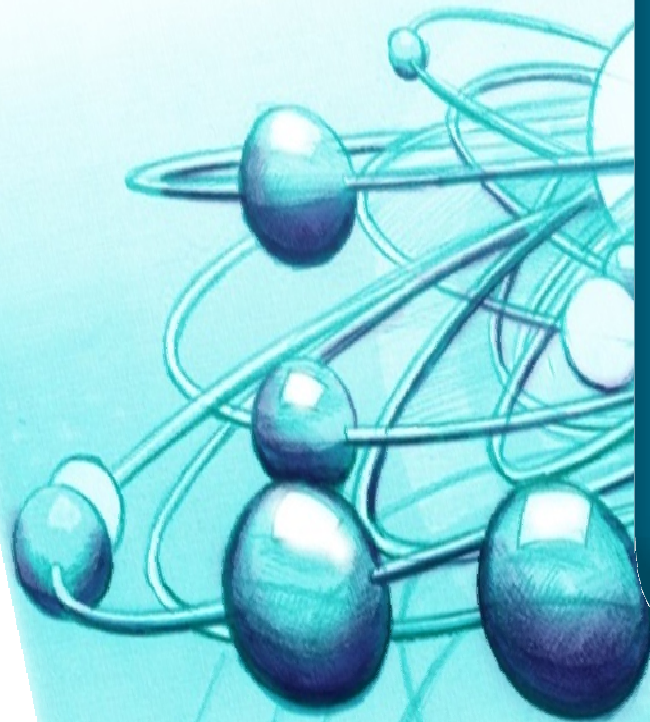
186 kg/s





Sekundární a terciální okruh

Tepelné výpočty



■ **Bezpečnost**

- Tlakové bariera mezi sekundárním a primárním okruhem
- Cladivo sekundárního okruhu (NaFNaB) umožní zastavení štěpné reakce

■ **Jednoduchost řešení**

- Terciální okruh je navržen jako uzavřený Ericson- Brytnev oběh s regenerací tepla
 - Nižší účinnost než EB cyklu s rekompresí, méně komponent větší spolehlivost
 - Zvýšení účinnosti 42% s využitím rekompresie lze řešit v rámci optimalizace nasazení tohoto zdroje

■ **Velikost a integrace řešení**

- II.okruh lze přepravit ve standardním kontejneru 6 m (20')
- III.okruh lze přepravit ve standardním kontejneru 12 m (40')

■ Požadavky

- Jednoduché řešení
- Tepelný příkon 20 MWt
- Teplotní parametry I. Okruhu 700/650°C
- Pracovní medium sekundárního okruhu tekuté sole
- Odvod tepla z oběhu lze realizovat
 - Pomocí vzduchového chladiče
 - Pomocí vodního chlazení
 - Pro teplárenství

■ Projektové vstupní parametry: Projektové výstupní parametry:

- Tepelný příkon 20 MW
- Vstupní teplota 621°C
- Vstupní tlak 21,5 MPa
- Výstupní teplota 430 °C
- Výstupní tlak 7,9 MPa
- Účinnost a výkon s oběhem s rekompresí **42 % a 8,4MWe**
- Účinnost a výkon jednoduchý oběh 34,75 % a 6,95 MWe
- Využití tepla s chlazení a obtoku turbíny

Základní dispozice řešení

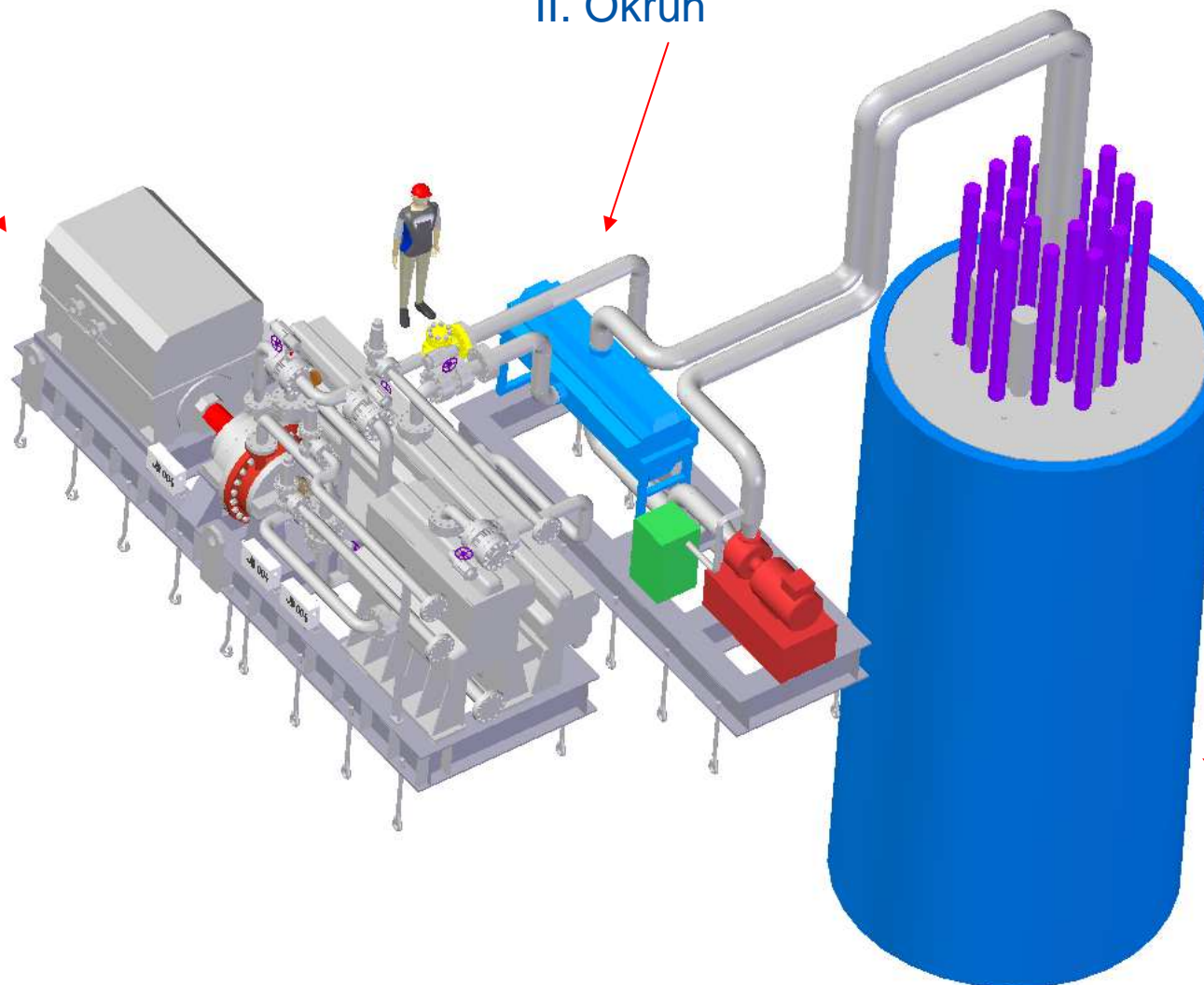


III. okruh

II. Okruh

I. Okruh

Reaktor



Uspořádání sekundárního okruhu

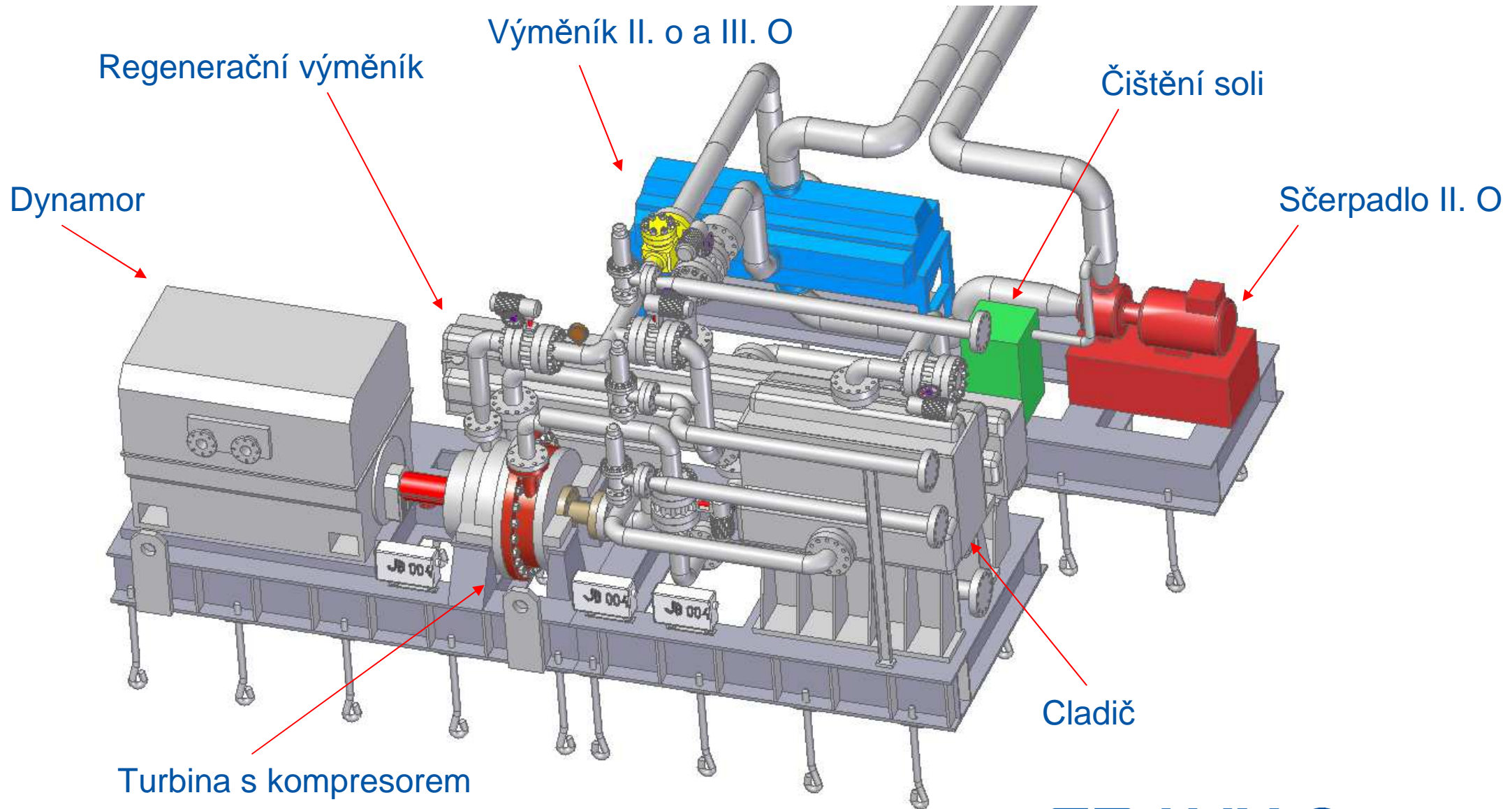
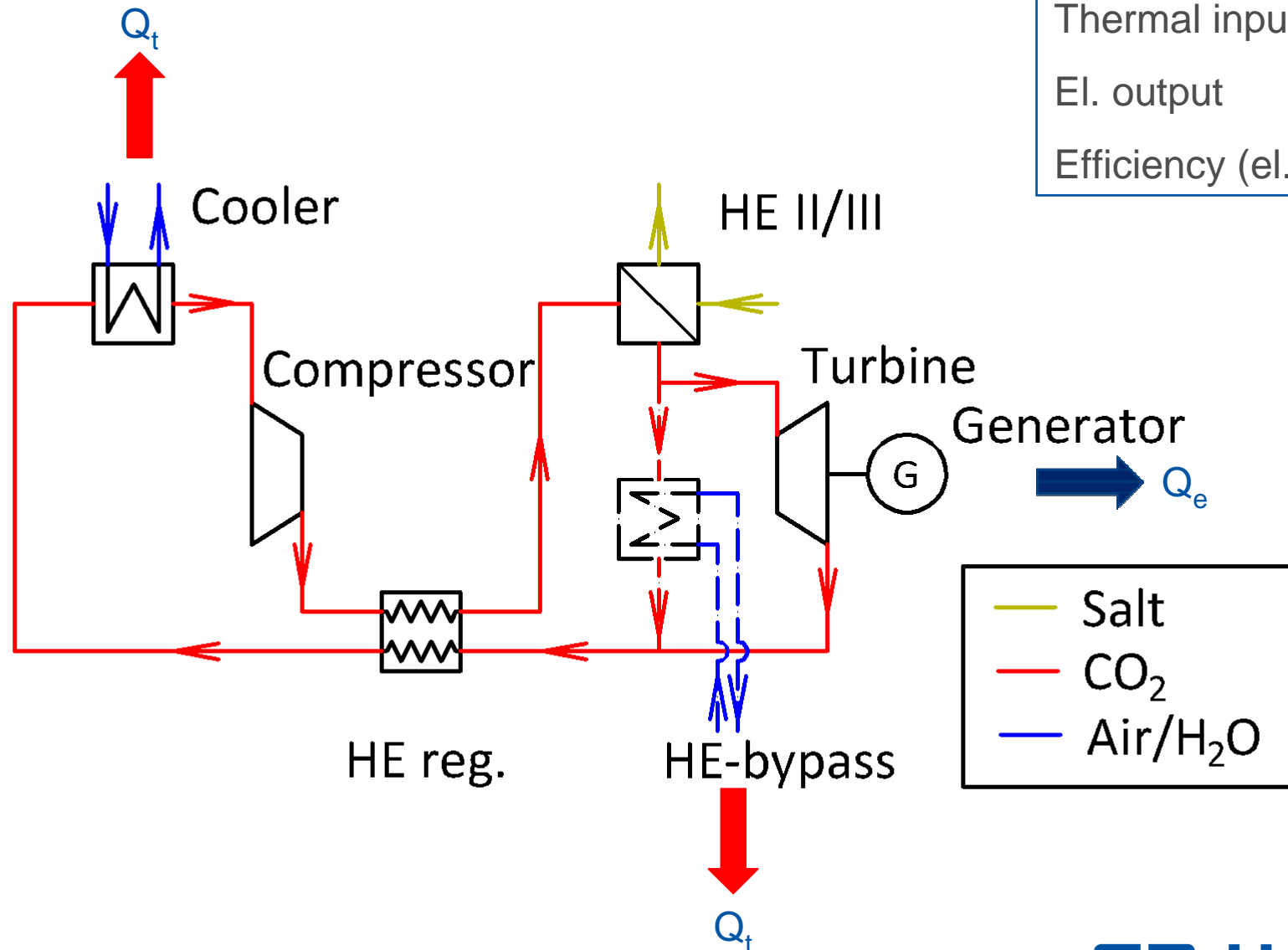


Schéma III. okruhu



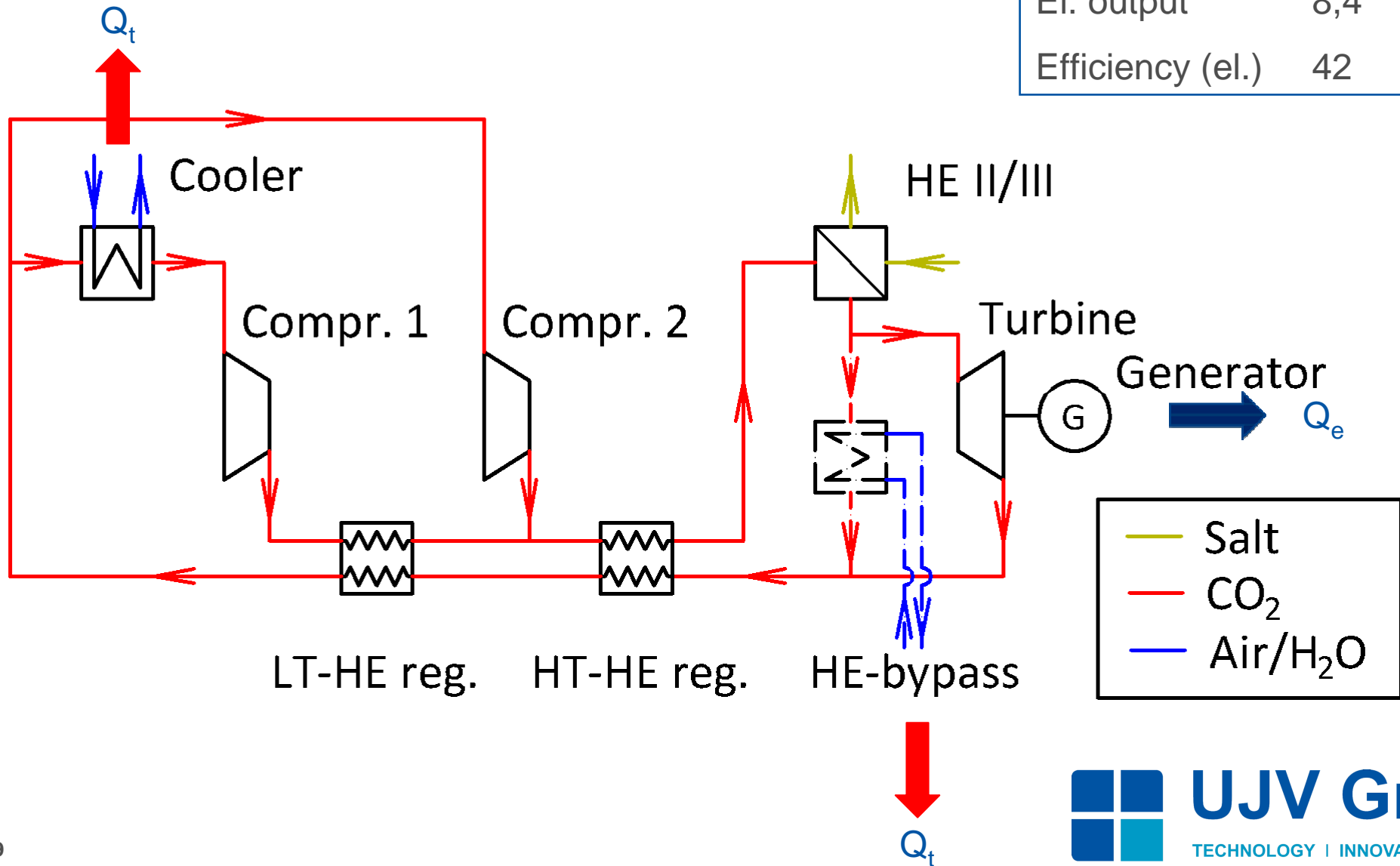
Thermal input	20	MWt
El. output	6,95	MWe
Efficiency (el.)	34,75%	

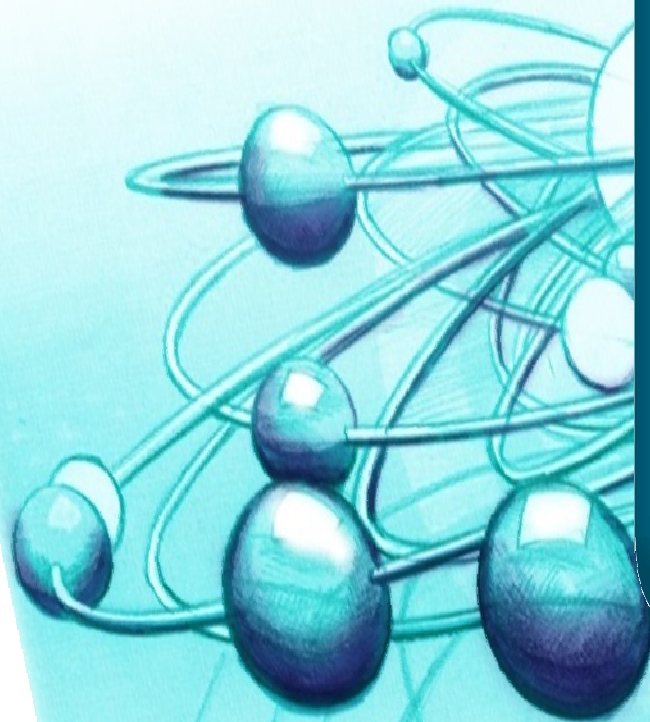
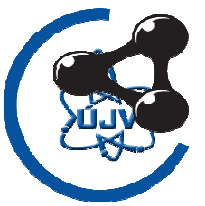
	Salt
	CO ₂
	Air/H ₂ O

Schéma sekundárního okruhu s rekompresí



Thermal input	20	MWt
El. output	8,4	MWe
Efficiency (el.)	42	%





Projekt Horizont 2020

Uhelný blok se superkritickým
oběhem CO₂



- **Název** „**SUPERCRITICAL CO2 CYCLE FOR FLEXIBLE AND SUSTAINABLE SUPPORT TO THE ELECTRICITY SYSTEM** “
- **Zkratka** *sCO2-Flex*
- **Trvání** *36 měsíců*
- **Výzva** *H2020-LCE-2016-2017 - COMPETITIVE LOW-CARBON ENERGY*
- **Projekt propojuje 10 účastníků z akademické sféry, průmyslu a provozovatele elektráren**
 - ELECTRICITE DE FRANCE (France) – hlavní řešitel projektu
 - **ÚJV REZ, a.s (CR)**; NUOVO PIGNONE SRL (Italy); POLITECNICO DI MILANO (Italy); FIVES CRYO (France); CENTRO SVILUPPO MATERIALI SPA (Italy); UNIVERSITAET DUISBURG-ESSEN (Germany); UNIVERSITAET STUTTGART (Germany); CENTRUM VYZKUMU REZ S.R.O. (CR); ZABALA INNOVATION CONSULTING, S.A. (Spain)

- **Stávající fosilní zdroje jsou navrhovány pro**
 - Provoz v základním zatížení
 - Konstantní výkon
- **Změny v produkci elektřiny**
 - Rostoucí podíl OZE
 - Rostoucí nestability v síti
 - => Rostoucí požadavky na záložní zdroje s vysokou flexibilitou
- **Hlavní cíle**

Vývoj a validace návrhu vysoce flexibilního fosilního zdroje s vysokou účinností:

 - Výkon 25 Mwe
 - Braytonův cyklus s nadkritickým CO₂
 - Návrh a optimalizace klíčových komponent – kotel, tepelné výměníky, turbosoustrojí, strategie řízení



- **Nárůst účinnosti**
- **Nárůst flexibility**
 - Dlouhodobá flexibilita
 - Optimalizace v rámci celého rozsahu výkonů
 - Rychlé změny výkonu
 - Rychlé najíždění a odstavování
- **Snížení dopadů na životní prostředí**
- **Rentabilita**
 - Snížen CAPEX
 - Snížení OPEX

- **Odpovídá za balíček WP2 – návrh kotle**
- **Rozsah WP2**
 - **2.1 Návrh kotle (ÚJV)**
 - **2.2 Model kotle (ÚJV)**
 - **2.3 Studie přehříváku vzduchu - přehřev na extrémně vysoké teploty (ÚJV)**
 - **2.4 Sběr dat a analýza CO2 koroze (další účastník)**
 - **2.5 Definice/výběr materiálů pro hlavní komponenty (další účastník)**
- **Cíle WP2**
 - Návrh optimalizovaného kotle
 - Optimalizace konstrukce kotle
 - Definice nejlepších materiálů na základě experimentů (kompromis mezi požadavky a cenou)
 - Minimalizace tlakové ztráty
 - Přesný odhad nákladů

■ 2.1 Návrh kotle

- Vyjde z parametrů navrženého Braytonova cyklu
- Optimální konstrukce kotle
- Rentabilita

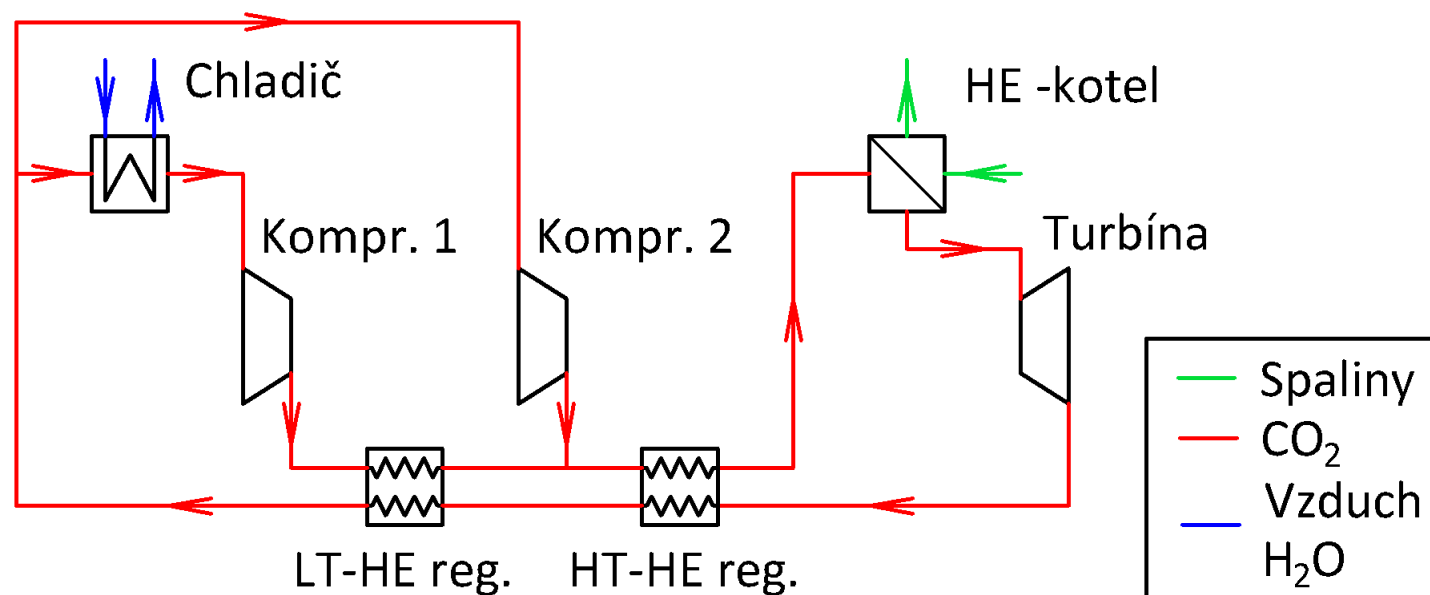
■ 2.2 Model kotle

- Adaptace konstrukčního návrhu parního kotle pro nadkritická média
- Založeno na základní bilancích energie a hmoty
- Výpočet teplosměnných ploch, tlakových ztrát, přestupu tepla radiací a konvekcí, atp.

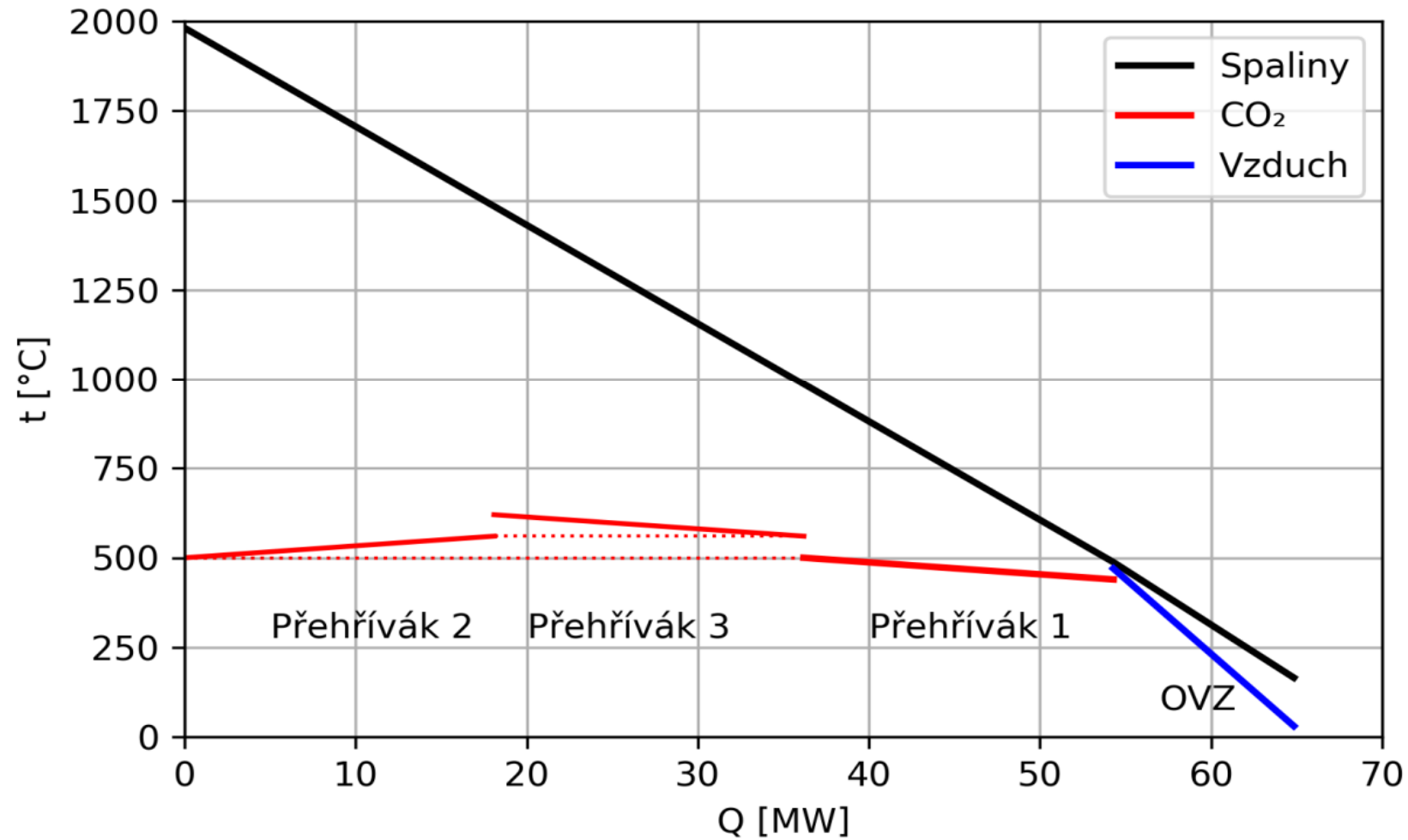
■ 2.3 Ohřívák vzduchu

- sCO₂ oběhy s vysokou účinností vyžadují vysokopotenciální teplo na úrovni $\approx 500^{\circ}\text{C}$
- Pro dosažení vysoké účinnosti je třeba minimalizovat ztráty
- V případě kotle se jedná především o citelné teplo odchozích spalin
 - Úzce souvisí s přehřevem spalovacího vzduchu na vysokou teplotu, respektive s potřebou dochlazení spalin

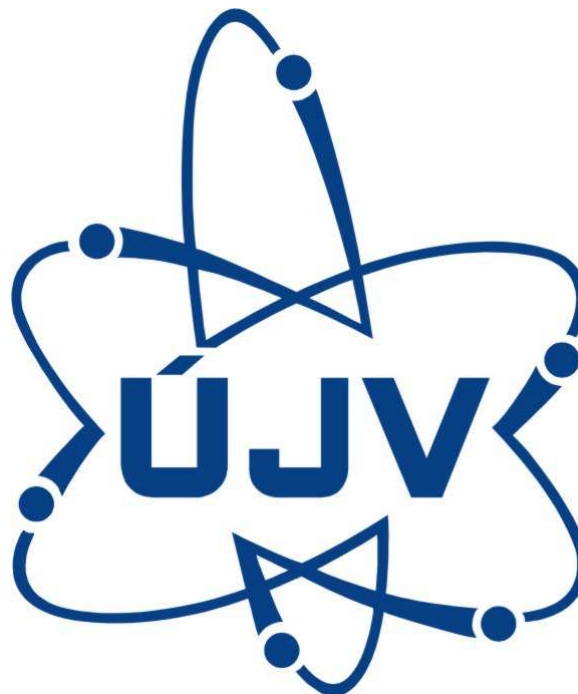
- Momentálně probíhá analýza vybraných architektur Braytonova cyklu (WP1)
- Předběžně bylo vybráno cca 6 architektur
 - Rekompresní oběh, s částečným chlazením, s předehtříváním, atd.
- Návrh kotle začne 5/2018 na základě výstupů WP1



První návrh kotle



Děkuji Vám za pozornost



www.ujv.cz