



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie

Potenciál využitia vodíka v metalurgickom priemysle SR s cieľom zníženia produkcie CO₂



Číslo projektu : APVV-21-0142

Trvanie projektu: 1.7. 2022 – 30.6. 2025

Vodík ako kľúčový hráč



Obmedzenie skleníkových plynov

Zníženie emisií

Alternatíva k fosilným palivám

Nosič energie

Chemický potenciál

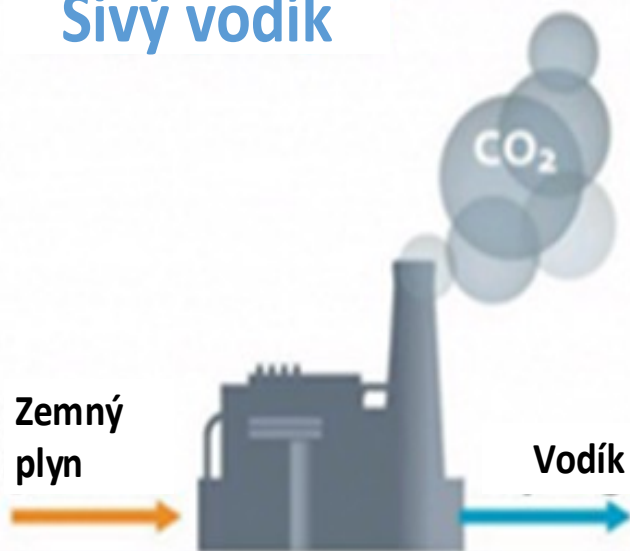
Technologický náskok

Druhy vodíka

Súčasnosť

2030

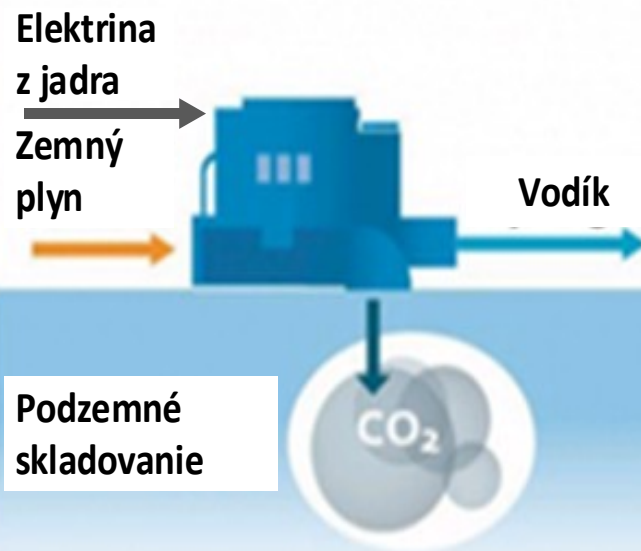
Sivý vodík



Modrý vodík

Elektrina
z jadra
Zemný plyn

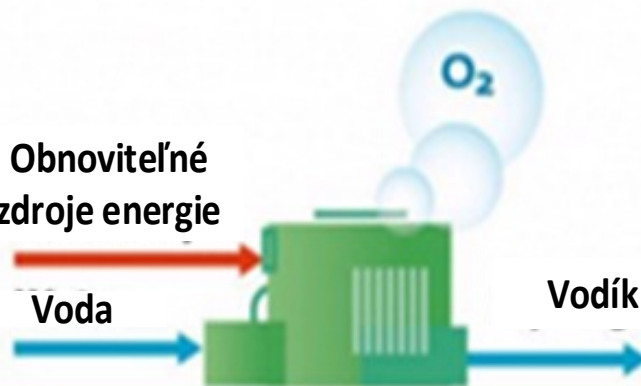
Podzemné
skladovanie



Zelený vodík

Obnoviteľné
zdroje energie

Voda



Možnosti využitia vodíka v metalurgii

- Obohatenie vysokopecného vetra o H_2
- Využitie syntézneho plynu ($CO + H_2$) pri výrobe DRI
- **Priama redukcia rúd s využitím 100 % H_2 ako redukčného činidla**
- Výroba H_2 z koksárenského plynu
- Využitie ochranných atmosfér na báze H_2
- **Redukcia železnej rudy vo vodíkovej plazme**

Metalurgické projekty na vodík - svet

Projekt

ULCOS

Hybrit

SALCOS

H₂ FUTURE

POSCO

COURSE 50

AISI

HYL/ENERGIRON

Štát

Štáty EÚ

Švédsko

Nemecko

Rakúsko

Južná Kórea

Japonsko

USA

USA

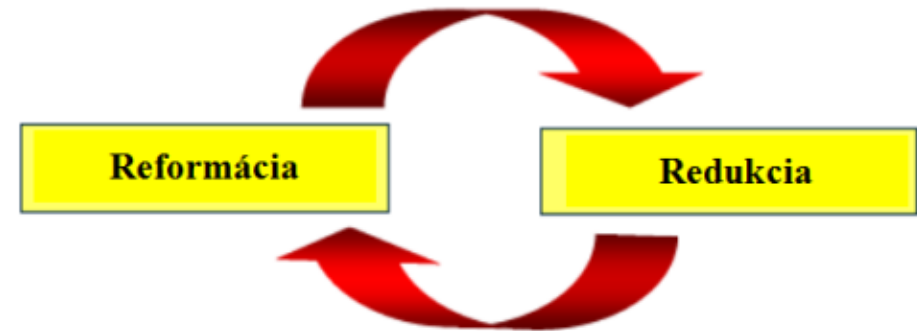
Proces Hyl/Energiron



prevádzková technológia



predchodca vodíkovej redukcie



Reformácia



Redukcia

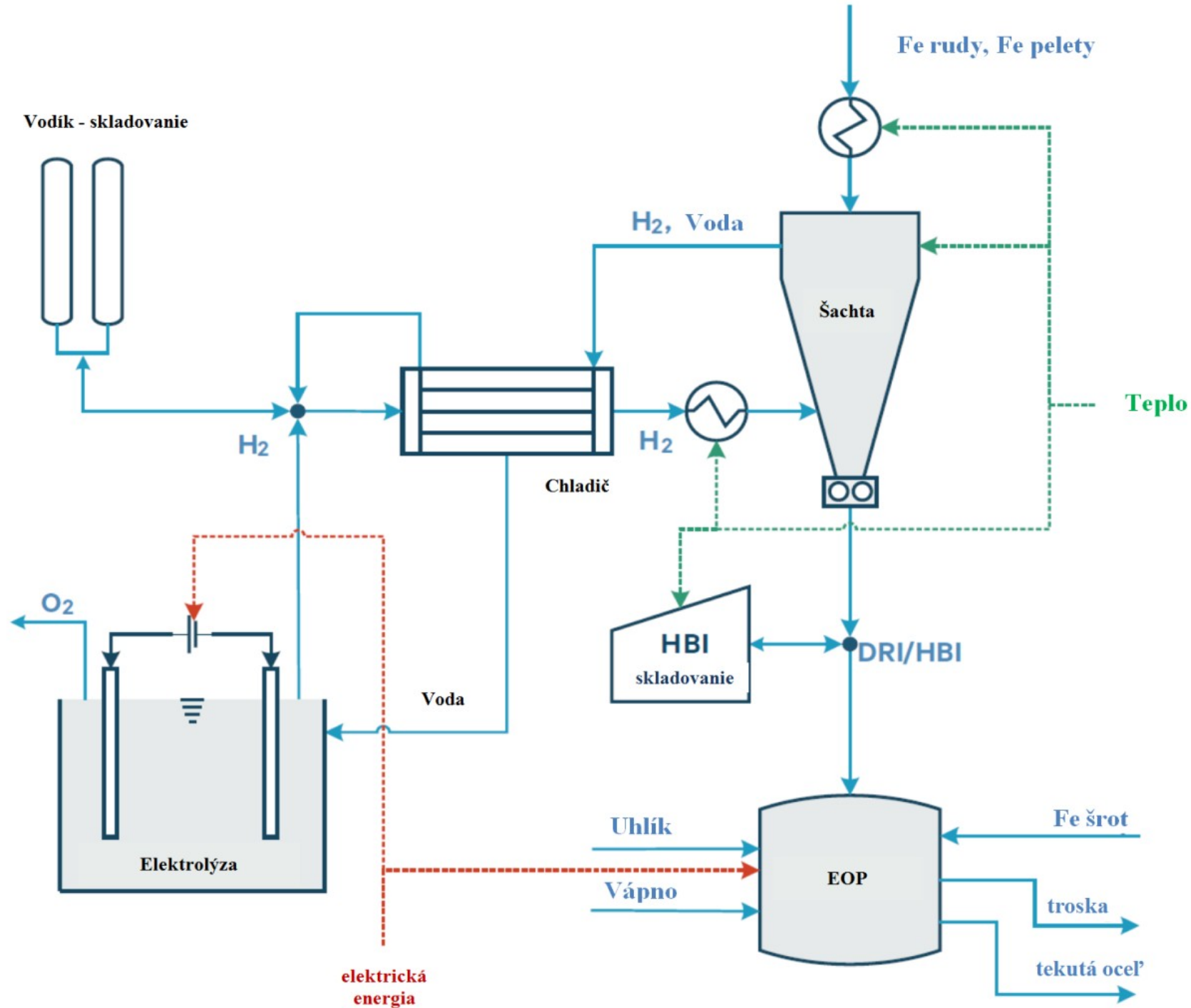


Proces Hybrit



poloprevádzková technológia

OZE



Zámer projektu



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Projekt je zameraný na **výskum vodíka ako alternatívneho zdroja energie a redukčného činidla** pri výrobe železa, ocele a ferozliatin.
- Dôraz bude kladený na zníženie dopadu ekologickej záťaže na životné prostredie – **znižovanie emisií CO₂**
- **Nový projekt v rámci SR** – perspektíva aplikácie výsledkov do prevádzkových podmienok, kde sa vodík ako redukčné činidlo priemyselne nevyužíva (výroba Fe a Mn), alebo sa nevyužíva vôbec (výroba SiC a Si)

Hlavné ciele projektu



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Rozšírenie databázy informácií o využití vodíka pri výrobe železa, ocele a ferozliatin o nové poznatky
- Vývoj nových metalurgických technológií výroby DRI, ocele, mangánu, karbidu kremíka a kremíka **za použitia vodíka** s cieľom zníženia spotreby energie a **výrazným znížením emisného zaťaženia**
- Vytvorenie predpokladov pre implementáciu získaných výsledkov do prevádzkovej praxe

Hlavné výzvy projektu



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

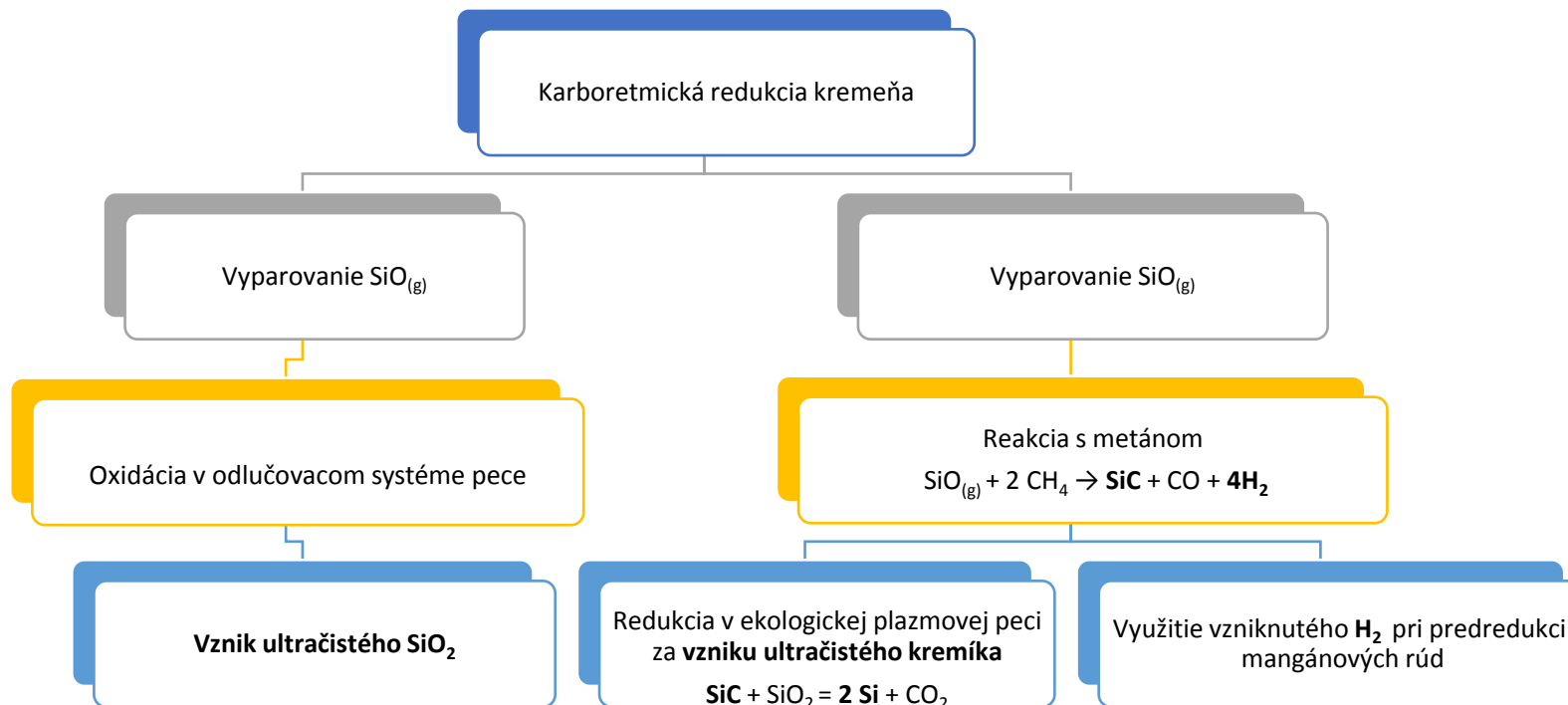
- **Vývoj nových technológií** redukcie železných a mangánových rúd vodíkom v laboratórnych podmienkach (zameranie aj na menej kvalitné rudy)
- **Vývoj počítačovej simulácie redukčných procesov za použitia vodíka**, ktorá sa použije na tvorbu interaktívneho modulu s aplikáciou materiálovo - tepelnej bilancie a jej prepojenie s praxou.

Hlavné výzvy projektu



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- **Výskum výroby ultračistého kremíka** za pomoci vodíka
Nová technológia ktorá sa vo svete nepoužíva



Štruktúra projektu

1. rok riešenia (7/2022 – 6/2023)



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Štúdium súčasných poznatkov z oblasti využitia vodíka v metalurgických technológiách.
- Komplexný materiálový výskum východiskových Fe, Mn a Si kovonosných materiálov a posúdenie možností pre redukciu vodíkom.
- Vytvorenie termodynamických modelov pre redukciu oxidov železa a mangánu vodíkom.
- Tvorba termodynamického modelu reakčného mechanizmu CH_4 s procesným plynom z výroby kremíka, pri ktorom vznikne vodík a karbid kremíka

Metodiky

1. rok riešenia (7/2022 – 6/2023)



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- **Analýza dostupných literárnych zdrojov** využívania vodíka v metalurgickom priemysle za pomoci pomocou plnotextových vedeckých databáz (Science Direct, Scopus, Web of Science, atď.)
- **Materiálový výskum vstupných surovín** zameraný na hodnotenie ich fyzikálno-chemických a metalurgických vlastností (granulometrický rozbor, vlhkosť, merná sypná hmotnosť, chemické a fázové zloženie, teplota tavenia, mikroskopická analýza, termická analýza)
- **Štúdium termodynamických podmienok** redukcie oxidov Fe a Mn pomocou vodíka – HSC Chemistry – Gibbsové rovnovážne diagramy, Kellogove diagramy
- **Materiálová a tepelná bilancia** – softvér vytvorený pri riešení predchádzajúcich APVV projektov

Štruktúra projektu

2. rok riešenia (7/2023 – 6/2024)



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Návrh experimentálnych metodík na realizáciu laboratórnych experimentov výroby DRI a ocele, mangánu, karbidu kremíka a kremíka za použitia vodíka.
- Realizácia laboratórnych experimentov v zmysle navrhnutých metodík.
- Analýza dosiahnutých výsledkov v rámci laboratórnych experimentov:
 - a) analýza vplyvu vodíka na chemické, fyzikálne a mechanické vlastnosti vyrobených produktov,
 - b) analýza vplyvu vodíka na technologické aspekty redukčných procesov,
 - c) analýza vplyvu vodíka na ekologické ukazovatele redukčných procesov (TZL, emisie oxidov uhlíka, SO_2 , NO_x , H_2O , atď).

Metodiky

2. rok riešenia (7/2023 – 6/2024)



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- **Optimalizácia metodík predúpravy** východiskových materiálov – dosiahnutie požadovanej zrnitosti a homogenity
- **Vysokoteplotné redukcie Fe, Mn a Si materiálov** – použitie existujúcich a inovovaných pecných zariadení (Marshova pec, vysokofrekvenčná indukčná pec, Tammanova pec, odporové retorty)
- **Štúdium vplyvu vodíka na parametre výroby a kvalitu výrobkov** – zber a vyhodnocovanie dát z dostupných analyzátorov chemického a mineralogického zloženia, analyzátorov plynov, tlakov, teplôt, atď.), vyhodnocovacie zariadenia (PC jednotky, vlastné originálne softvérové programy)
- Použitím inovovaných fyzikálnych modelov bude možné aj vizuálne sledovanie zóny redukcie.

Štruktúra projektu

3. rok riešenia (7/2024 – 6/2025)



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Optimalizácia podmienok redukcie Fe a Mn surovín vodíkom.
- Laboratórne overovanie optimalizačných krokov.
- Vývoj originálnej počítačovej simulácie redukčných procesov za použitia vodíka, ktorá sa použije na tvorbu interaktívneho modulu s aplikáciou materiálovo - tepelnej bilancie.
- Návrh aplikácie výsledkov laboratórnych experimentov pre využitie v prevádzkových podmienkach.

Metodiky

3. rok riešenia (7/2024 – 6/2025)

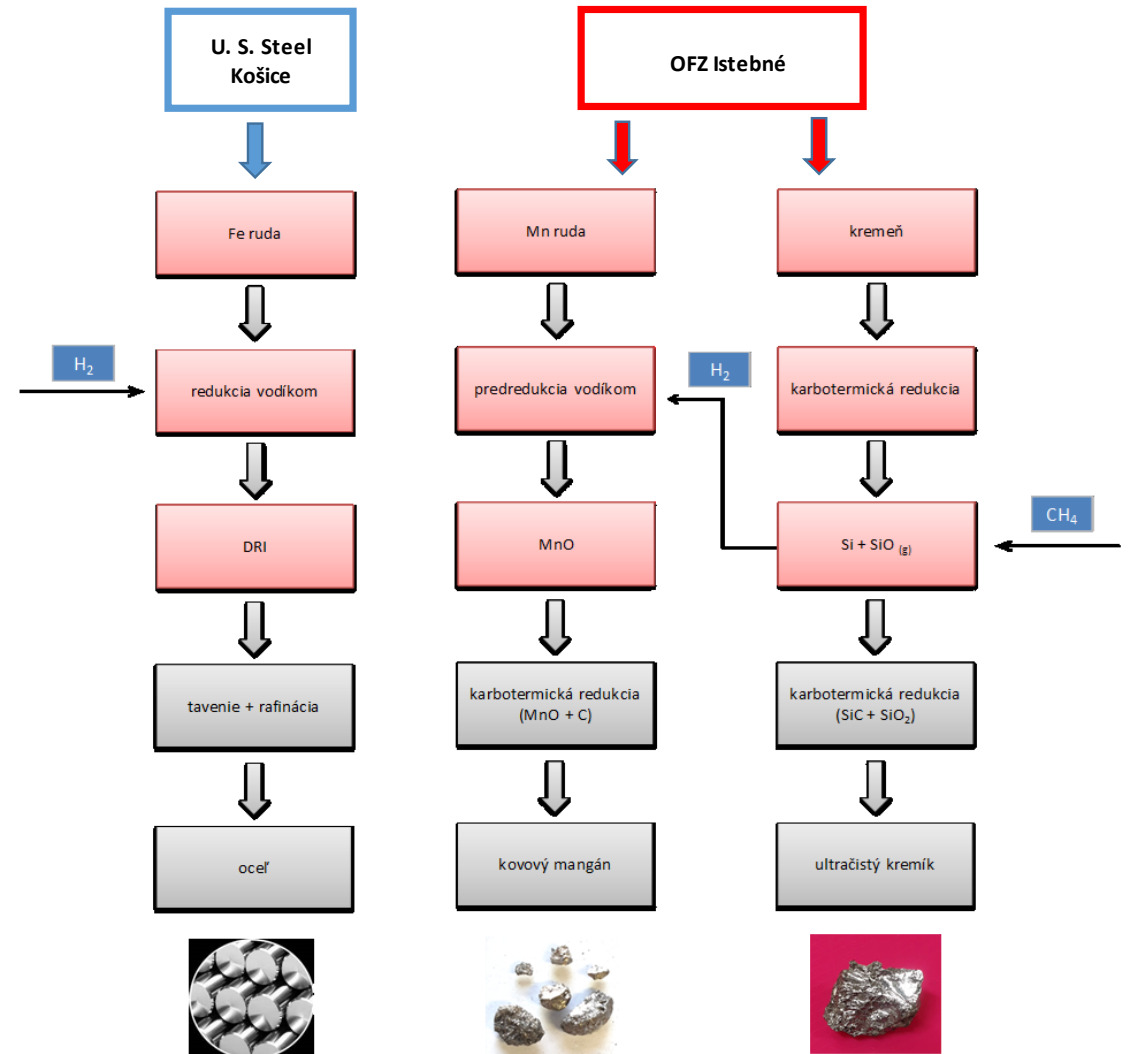


AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Optimalizácia podmienok redukcie vodíkom na základe vyhodnocovania dát získaných z analyzačných zariadení a kvality produktov
- **Počítačové simulácie a interaktívne moduly** - programy OriginPro, Statistica, v.7, program Ansys Fluent vrátane modulu Discovery Live pre simulácie prúdenia médií v jednotlivých procesoch

Prepojenie s praxou

- Vytvorenie modelov pre aplikáciu získaných výsledkov v praxi (U. S. Steel Košice, OFZ Istebné)
- Návrh využitia získaných výsledkov v praxi - prevádzkové experimenty



Spolupráca



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- V rámci projektu sa plánuje spolupracovať s domácimi univerzitnými a priemyselnými partnermi:
- **UPJŠ Košice, SJF TUKE**
- **SAV Košice**
- **Silvergas Bardejov**
- **USSK, OFZ**
- so zahraničnými univerzitnými a priemyselnými partnermi:
- **VŠB TU Ostrava (Česká republika)**
- **Norrbottnen + MetLab + KTH (Švédsko)**
- **KU Leuven (Belgicko)**
- **ScanArcPlasma Technology (Švédsko)**
- **SICON GmbH (Nemecko)**

Prínos projektu I



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

- Rozšírenie vedeckých poznatkov o vplyve vodíka na kvalitu metalurgických produktov na báze Fe, Mn a Si a na životné prostredie z pohľadu vznikajúcich plynných a tuhých emisií
- Rozšírenie vedeckých poznatkov o komplexnú materiálovú analýzu kovonosných Fe, Mn a Si materiálov z pohľadu ich vhodnosti na redukciu vodíkom
- Tvorba a inovácia nových laboratórnych zariadení optimalizovaných na redukciu kovonosných materiálov vodíkom s online monitorovaním parametrov
- Návrh možnosti uplatnenia vybraných produktov na báze Fe, Mn a Si vyrobených pomocou vodíka pre využitie v prevádzkových podmienkach
- Poukázanie na doteraz nevyužité možnosti zníženia spotreby energie a emisného zaťaženia v metalurgických procesoch pri využívaní vodíka ako redukčného činidla



Prínos projektu II

Tvorba a inovácia matematických modelov na výpočet materiálovo-tepelnej bilancie jednotlivých technologických procesov, ako aj modelov na vyhodnotenie technologických a ekonomických parametrov výroby, ktoré budú obsahovať:

- hodnotenie termodynamických a termochemických vlastností jednotlivých látok;
- rozvoj databáz o fyzikálno-chemických vlastnostiach látok;
- vývoj a zdokonaľovanie metód, algoritmov a softvéru pre termodynamické modelovanie zložitých chemických rovnováh;
- vývoj metód analýzy výsledkov termodynamických výpočtov;
- vývoj používateľského rozhrania pre termodynamicky orientovaný softvér;
- vývoj knižníc termodynamických a termochemických tried atď.



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie

Potenciál využitia vodíka v metalurgickom priemysle SR s cieľom zníženia produkcie CO₂

