

PROJEKT REMEX



Č. FW10010462 • TAČR TREND • 2024–2026

T A
Č R



Membránová nedisperzní extrakce kovů

Krok k cirkulárnímu metalurgickému průmyslu

Ing. Jiří Kroužek, Ph.D.



Zpětné získávání kovů

Jedná se skutečně o cirkulární technologii?

TRADIČNÍ CHEMICKÉ POSTUPY

- Pyrometalurgické postupy
 - Hydrometalurgické loužení
 - Srážení hydroxidů/sulfidů apod.
- Velké objemy odpadních vod
 - Vysoká spotřeba chemikálií a energií
 - Omezená selektivita vůči cenným kovům

Účinné, ale provozně a environmentálně náročné

POKROČILÉ POSTUPY

- Iontoměniče a speciální sorbenty
- Elektrochemické postupy
- Kapalinová extrakce (disperzní)
- Membránové separační procesy

Nedisperzní membránová extrakce (NDX)

„Technologie nedisperzní extrakce může být klíčem ke skutečně cirkulární recyklaci kovů.“

Princip kapalinové extrakce kovů

Selektivní převod iontu z vodné fáze do organické a zpět

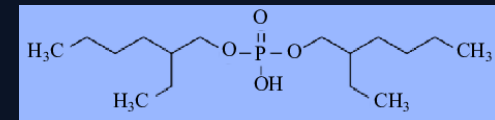


Selektivita

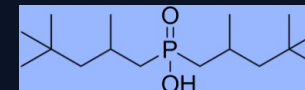
Cirkularita

Modularita

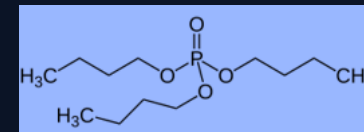
D2EHPA



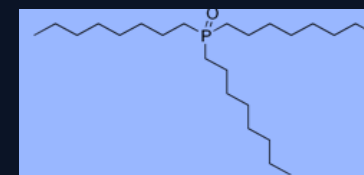
Cyanex 272



TBP



TOPO



Dutá vlákna jako membránové kontakty

Hydrofobní polypropylenová mikroporézní vlákna oddělují vodnou a organickou fází

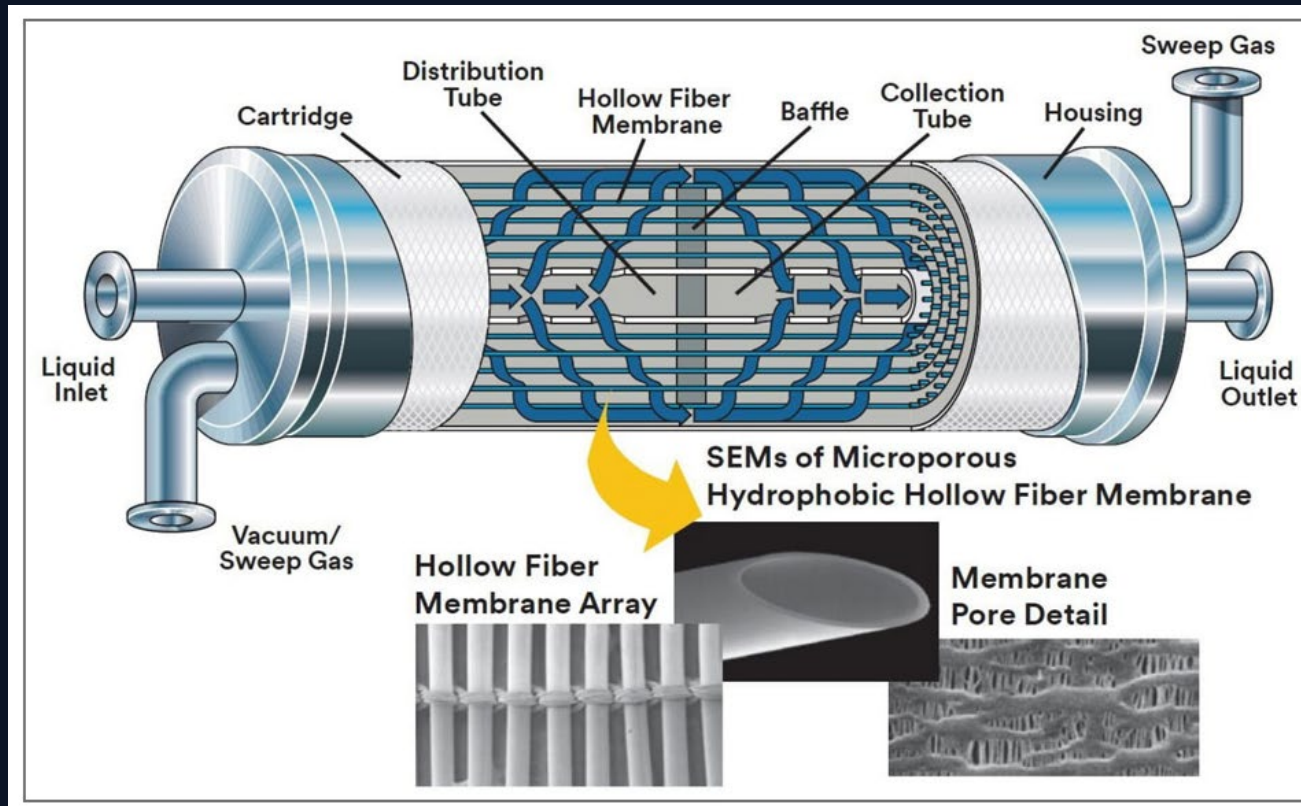


Schéma membránového modulu s dutými vlákny

Klíčové výhody

- 01 Bez disperze fází
- 02 Obrovský mezifázový povrch
- 03 Nezávislé řízení průtoků
- 04 Kompaktnost a modularita

Oblasti aplikace technologie NDX

Projekt REMEX ověřuje technologii pro široké spektrum průmyslových odpadních proudů

01

Regenerace lázní z povrchových úprav

- ▶ Prodloužení životnosti
- ▶ Niklovací, zinkovací, chromovací, mořící, antox atd.
- ▶ Selektivní odstranění balastních Fe, Zn, Cu, Ni

02

Cenné kovy z výluhů odpadu

- ▶ Black mass z Li-ion baterií, elektroodpady, metalurgické odpady
- ▶ Extrakce Co, Ni, Cu, Mn, REE
- ▶ Získávání čistých kritických kovů

03

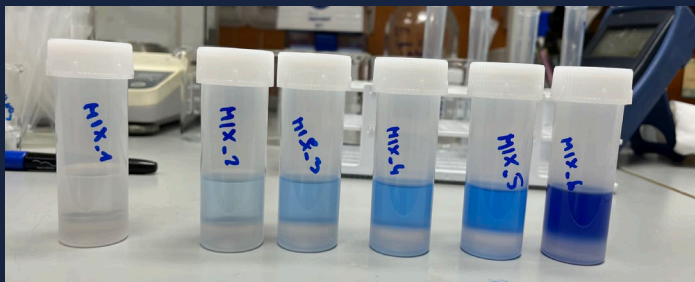
Recyklace lithia z kapalných odpadů

- ▶ Vybíjecí solanky, hasební vody
- ▶ Specifický systém TBP – FeCl₃
- ▶ Získávání strategického kovu

Vývoj technologie

Z laboratoře směřujeme postupně do praxe

Laboratorní vsádkové experimenty



- ▶ Složení extrakčního systému
- ▶ Řízení rovnovážného pH
- ▶ Procesní parametry (O/A, cykly atp)

Vývoj membránového procesu



Vývoj membránové technologie



- ▶ Design membránového modulu
- ▶ Upscale – pilotní jednotka
- ▶ Materiálová odolnost, řízení, servis

Recyklace lithia z kapalných odpadů

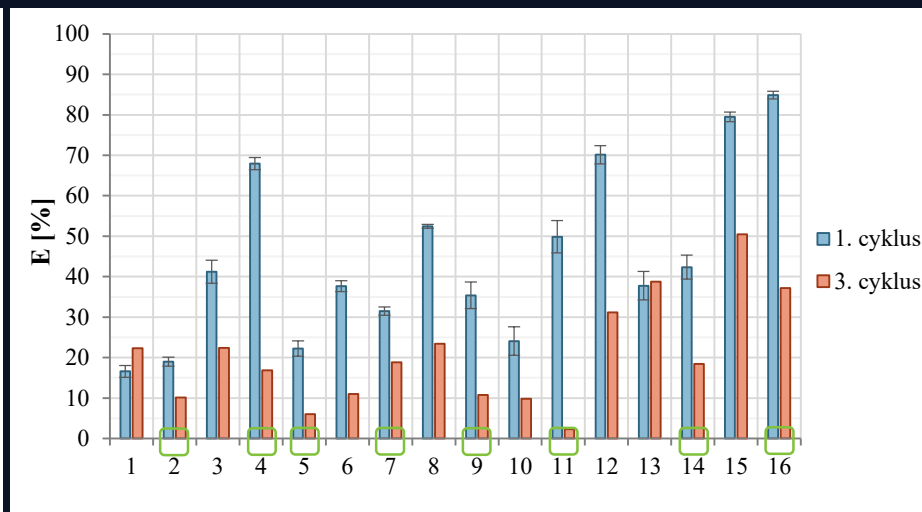
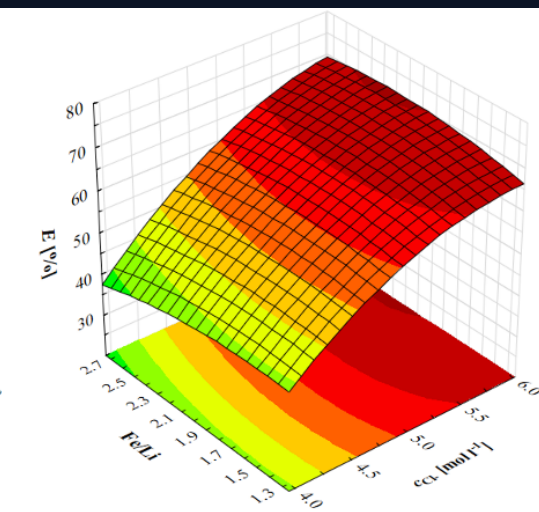
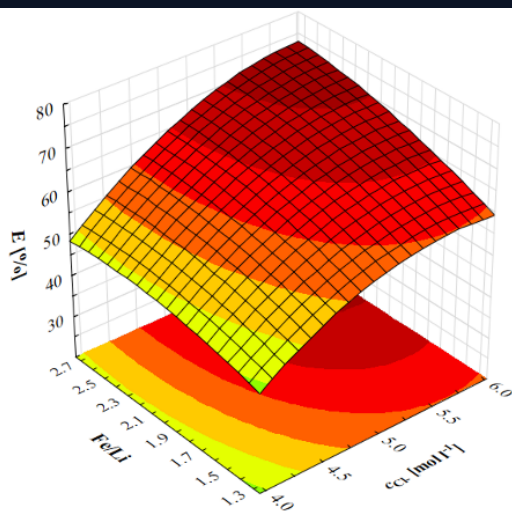
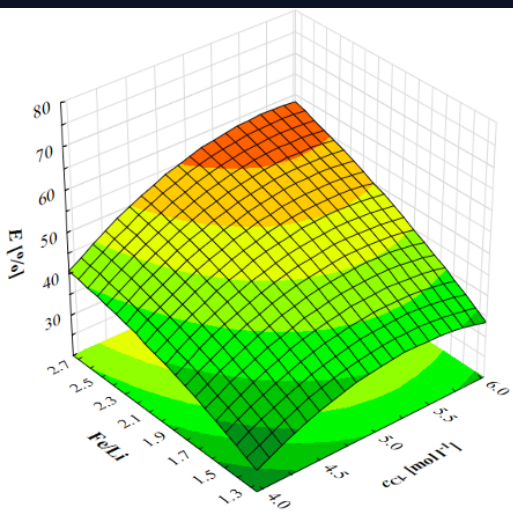
Strategický kov pro elektromobilitu – unikátní extrakční chemie

V Ý Z V A

Lithium – malý monovalentní kationt

- Běžné kyselé extraktanty (D2EHPA, Cyanex 272) selhávají
- Vybíjecí solanky a hasební vody z Li-ion baterií
- Vysoká salinita, konkurenční ionty (Na^+ , K^+ , Mg^{2+})

P Ř Í S T U P

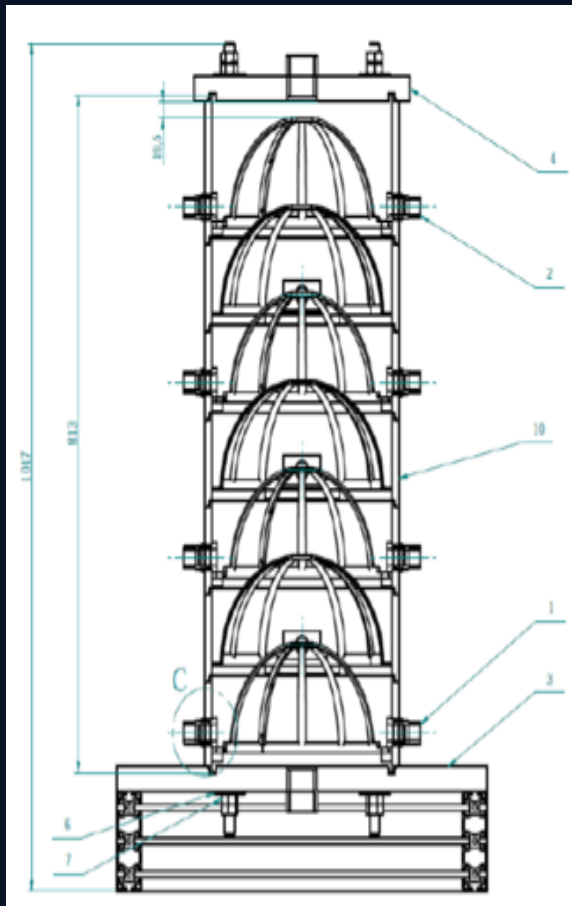


Vývoj membránového modulu

Vlastní konstrukce modulu a malosériová výroba vláken v ČR (ZENA, s.r.o.)



Polypropylenová dutá vlákna (ZENA, s.r.o.)



Funkční vzorek – patrový modul

Parametry modulu

Materiál vláken	polypropylen (PP)
Vnější průměr	260 – 440 μm
Velikost pórů	< 0,2 μm
Hydrofobita	ano – klíčové pro NDX
Délka vláken	480 mm
Dodáno v 2025	120 ks svazků
Tlaková odolnost	až 1,5 bar (test integrity)

Pilotní jednotka nedisperzní extrakce (Dekonta, a.s.)



LOXONE

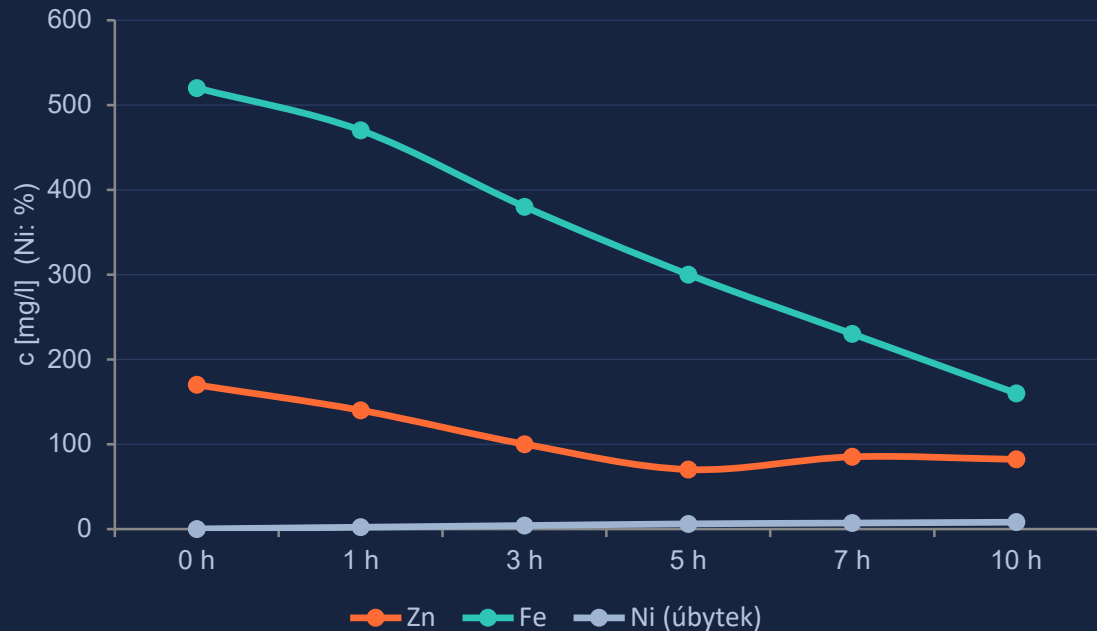
ED-XRF

**9 l extraktantu
100 l vodné fáze**

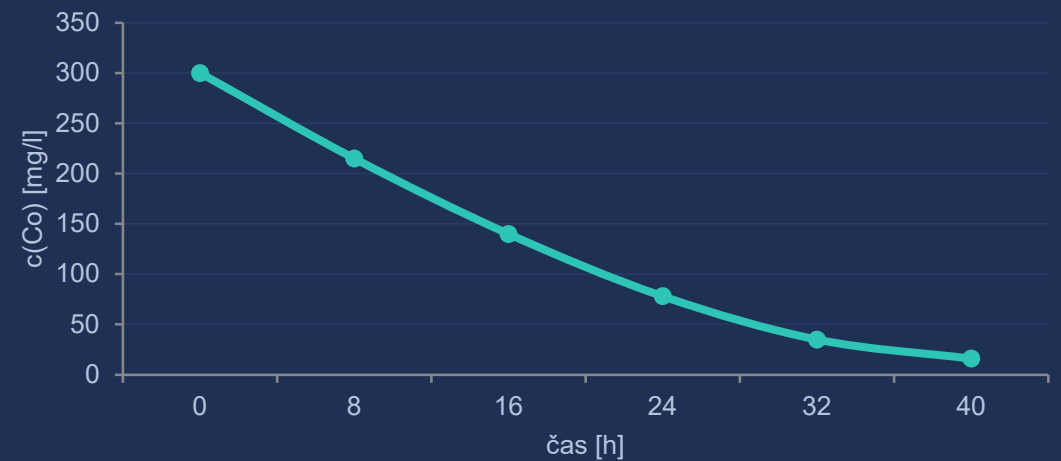
**9 pater
3 extrakční okruhy**

Pilotní ověření technologie

Průběh extrakce Zn, Fe, (Ni) z niklovací lázně



Pilotní extrakce Co do D2EHPA



300 → 16 mg/l

pokles koncentrace Co ve vodné fázi za 40 h

3 500 mg/l

dosažená koncentrace v D2EHPA (zakoncentrování 10×)

Cesta technologie NDX do průmyslové praxe

● Technologie připravena pro různé aplikace (TRL 5)

Funkční modul i pilotní jednotka prokázaly vyhovující účinnost, selektivitu i odolnost.

● Adaptace na cílové aplikace

Galvanické lázně, elektroodpad, Li-ion baterie – jednotný technologický základ.

● Skutečně cirkulární řešení

Minimum odpadních proudů, regenerace kapalin, kovy zpět v materiálovém oběhu.

DALŠÍ KROKY VÝVOJE:

Supported liquid membrane

Pokročilá hydrometalurgie
(bioleaching, siderophores, atd.)

Kombinace s dalšími postupy
(AOPs, membránová destilace atd.)

“Tento projekt č. FW10010462 je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci Programu TRENDProjekt byl financován v rámci Národního plánu obnovy z evropského Nástroje pro oživení a odolnost. “

T A
Č R



Děkuji za pozornost

Ing. Jiří Kroužek, Ph.D.

jiri.krouzek@vscht.cz