

# **Bakalářská práce**

## **Návrh recyklační linky na zpracování odpadních kabelů**

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra technologických zařízení staveb

Roman RADA © 2021-22 ČZU v Praze

# Cíle práce

- navrhnout recyklační technologickou linku na zpracování odpadních kabelů pro další využití druhotných surovin

## Dílčí cíle

- provést rešerši literatury a shrnout poznatky k tématu zpracování kovových odpadů a gumárenských odpadů
- posoudit složení jednotlivých základních druhů kabelů používaných ve sdělovací a distribuční infrastruktuře
- provést posouzení ekonomického zhodnocení nákladů

# Metodika práce

1. Shrnutí legislativy řešící problematiku odpadového hospodářství
2. Popis jednotlivých vybraných skupin odpadů
3. Popis problematiky zpracování odpadních kabelů
4. Popis studijní recyklační linky
5. Hmotnostní analýza vzorků odpadních kabelů
6. Návrh optimalizace linky
7. Finanční analýza návratnosti investice

# Recyklace odpadu

*Zajistit využívání druhotně zpracovatelných materiálů po co možná nejdelší dobu by mělo být jedním z hlavních cílů společnosti. (JUCHELKOVÁ, 2000)*

## Přehled Legislativy

- Zákon o odpadech 541/2020 Sb.
- Katalog odpadů 8/2021 Sb.
- ČSN EN 14899 Vzorkování odpadu
- Zákon č. 542/2020 Sb. výrobky s ukončenou životností
- Nařízení Evropské komise 715/2013 o mēděném šrotu

## Popis jednotlivých skupin odpadů

- Odpadní měď, hliník a izolační materiály
- Problematika zpracování optických kabelů

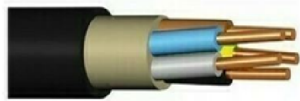
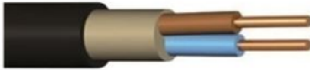



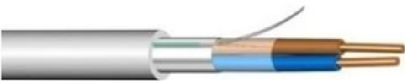

## Problematika zpracování

- Mechanické zpracování – dělení
- Saparace - rozdružování

# Popis základních druhů kabelů

- Sdělovací
- Ovládací
- Silové
- Optické
- Hybridní

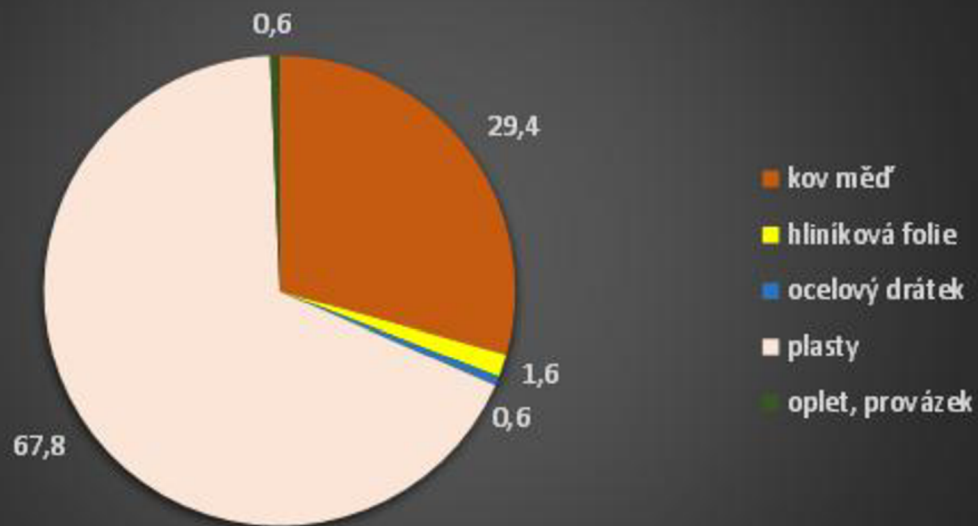
skupina kabelů	popis
<b>metalické kabely</b>	
<b>sdělovací</b>	<p>určeny pro vedení elektrické energie o malém výkonu ve sdělovací a informační technice</p> <p>vždy se jedná o bezpečné malé napětí</p> <p>stáčený do svazků s vyšším počtem metalických žil o malém průřezu</p> <p>jednotlivé vodiče, páry, čtyřky a svazky odděleny pomocí izolace z vhodných polymerních materiálů</p> <p>často obsahují stínící kovové fólie, přídavné izolační vrstvy, výplňové materiály charakteristický obsah velkého množství polymerních materiálů a menšího množství kovů</p>
<b>ovládací</b>	<p>určeny pro vedení elektrické energie pro ovládání a signalizaci</p> <p>nemusí být stáčené, mohou mít více žil jak ze slanéžných, tak i z plných vodičů</p> <p>vodiče mají izolaci z vhodných polymerních materiálů bez nutnosti obsahovat dodatečné výplňové látky pro zvýšení izolačního odporu</p> <p>obsah většího množství kovu, ale stále převažuje obsah polymerních izolačních látek</p>
<b>silové</b>	<p>určeny k přenosu elektrické energie pro využití k napájení elektrických strojů a přístrojů</p> <p>mohou mít více žil jak ze slanéžných, tak z plných vodičů</p> <p>vodiče nemusí mít shodný průřez</p> <p>vodiče s větším průřezem než vodiče kabelů sdělovacích a ovládacích</p>
<b>optické kabely</b>	
<b>optické</b>	<p>určeny k přenosu signálu pro sdělovací a ovládací technologie</p> <p>obsahují jednotlivá optická vlákna ze skla o velmi malém průměru (<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p>jednotlivá vlákna mají více vrstev polymerních obalových materiálů k ochraně skleněného vlákna</p> <p>obsahují velké množství přídavné výplně ke zpevnění, z odolnění při ohybu a tahu</p> <p>mohou obsahovat malé množství kovových vodičů pro signalizaci nebo měření kabelu</p>
<b>hybridní kabely</b>	
<b>hybridní</b>	<p>kombinují vlastnosti více druhů kabelů</p> <p>například optický kabel s metalickými páry vodičů pro sdělovací vedení a signalizaci, nebo silový kabel s mikrotubičkou pro zafouknutí optického vlákna</p>

Kabely použité ke hmotnostní analýze			
číslo kabelu	Druh kabelu	popis	
1	CYKY 5Cx2,5	pro pevné uložení, počet žil 5, průřez vodiče 2,5 mm <sup>2</sup> , materiál jádra měď (Cu), barva vodičů zeleno-žlutá, modrá, hnědá, černá, šedá	
2	CYKY 2x2,5	pro pevné uložení, počet žil 2, průřez vodiče 2,5 mm <sup>2</sup> , materiál jádra měď (Cu), barva vodičů modrá, hnědá	
3	FTP 6e	stíněný, pro vnitřní rozvody, šířka pásma 250 MHz, typ stínění CAT6, kategorie FTP, průřez 0,565 mm <sup>2</sup> , izolační materiál PVC	
4	FTP	stíněný, pro vnitřní rozvody, šířka pásma 100 MHz, typ stínění CAT5E, kategorie FTP, průřez 0,50 mm <sup>2</sup> , izolační materiál PVC	
5	Prakab 4x2x0,8	bezhalogenový, oheň retardující, se zachováním funkčnosti kabelové trasy při požáru, počet žil 4x2, průřez vodiče 0,8 mm <sup>2</sup> , materiál jádra měď (Cu)	
6	JYTY 2x1	pro měřicí, řídící a automatizační systémy, určen pro pevné uložení, stíněný laminovanou Al fólií, pevná kruhová měděná jádra, 2 žíly (hnědá, modrá), průměr jádra vodičů 1 mm.	
7	Optický kabel 24x50/125 OM LSOH	Univerzální optický kabel s LSOH pláštěm a třídou reakce na oheň Eca 24 vláken OM3 50/125.	

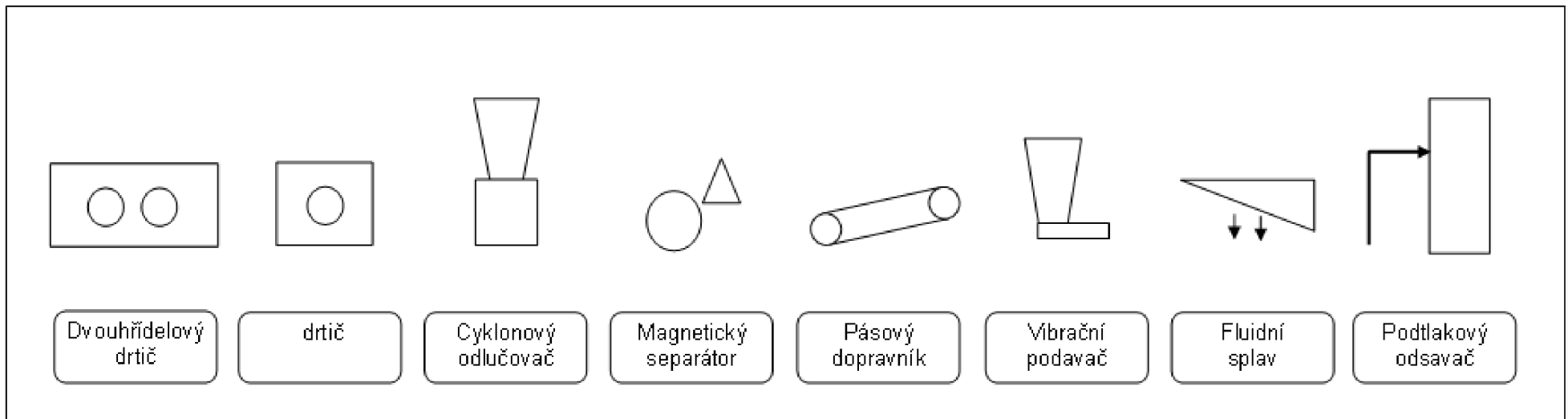
číslo kabelu	typ kabelu	číslo vzorku	celková váha [g]	druh části kabelu	kontrolní		přepočet na 1000g [g]	zastoupení složky [%]	
					váha [g]	váha [g]			
1	CYKY 5Cx2,5		238,212			237,19		100,0	
		1		kov měď	103,872		436,05		43,6
		2		izolace vnější	48,26		202,59		20,3
		3		izolace žil	45,492		190,97		19,1
2	CYKY 2x2,5	4		vnitřní výplň	39,526		165,93	16,6	
		5		izolace vnější	32,798	119,71	273,95	27,4	
		6		vnitřní výplň	32,358		270,27	27,0	
		7		izolace žil	15,006		125,34	12,5	
3	FTP 6e	8		kov měď	39,544		330,29	33,0	
		9		izolace vnější	14,22	44,63	318,73	31,9	
		10		izolace žil	5,374		120,46	12,0	
		11		kov měď	18,088		405,43	40,5	
4	FTP	12		hliníková folie	5,71		127,99	12,8	
		13		ocelový drátek	1,13		25,33	2,5	
		14		provázek	0,11		2,47	0,2	
		15		izolace vnější	44,036	84,32	521,80	52,2	
5	PrakabF 4x2x0,8	16		izolace žil	13,958		165,39	16,5	
		17		kov měď	16,836		199,50	19,9	
		18		hliníková folie	2,146		25,43	2,5	
		19		oplet	4,672		55,36	5,5	
6	JYTY	20		ocelový drátek	2,556		30,29	3,0	
		21		provázek	0,116		1,37	0,1	
		22		izolace vnější	62,91	216,57	290,47	29,0	
		23		izolace žil	24,916		115,04	11,5	
7	optický 24 vláken	24		hliníková folie	1,716		7,92	0,8	
		25		kov měď	38,216		176,45	17,6	
		26		ocelový drátek	1,218		5,62	0,6	
		27		vnitřní výplň	85,686		395,63	39,6	
7	optický 24 vláken	28		hliníková folie	1,846	26,80	8,52	0,9	
		29		izolace vnější	11,86		442,34	44,2	
		30		izolace žil	3,39		126,44	12,6	
		31		kov měď	10,642		396,91	39,7	
7	optický 24 vláken	32		hliníková folie	0,522		19,47	1,9	
		33		provázek	0,108		4,03	0,4	
		34		hliníková folie - stínění	0,288		10,74	1,1	
		35		izolace, výplň, vlákna	44,296			100,0	

$\Sigma$ všech vzorků druh části kabelů	celková hmotnost složky [ g ]	celkové zastoupení složky [ % ]
kov měď	227,2	29,4
hliníková folie	12,2	1,6
ocelový drátek	4,9	0,6
plasty	524,1	67,8
oplet, provázek	5,0	0,6
$\Sigma$ celkem	773,4	100,0

### Vyhodnocení hmotnostního rozboru



# Blokové schéma složení studijní recyklační linky ČZU



*Všechn odpad, který dnes představuje potencionální druhotné suroviny, se stane hlavním zdrojem surovin a nenačaté přírodní zdroje tak zůstanou rezervou pro budoucnost. (KURAŠ, 2014)*



# Dílčí závěry ze zkoušky studijní recyklační linky

- Hrubý drtič lze zařadit do linky.
- Do nožového mlýnu podávat jen předdrcené části kabelů.
- Pneumatický dopravník má malý tah.
- Magnetický separátor, pásový dopravník a vibrační podavač pracují správně.
- Fluidní splav neseparuje spolehlivě. Nutné směs opakovaně separovat.
- Stroje linky nejsou propojeny dopravníkovým systémem.



# Návrh optimalizace recyklační linky

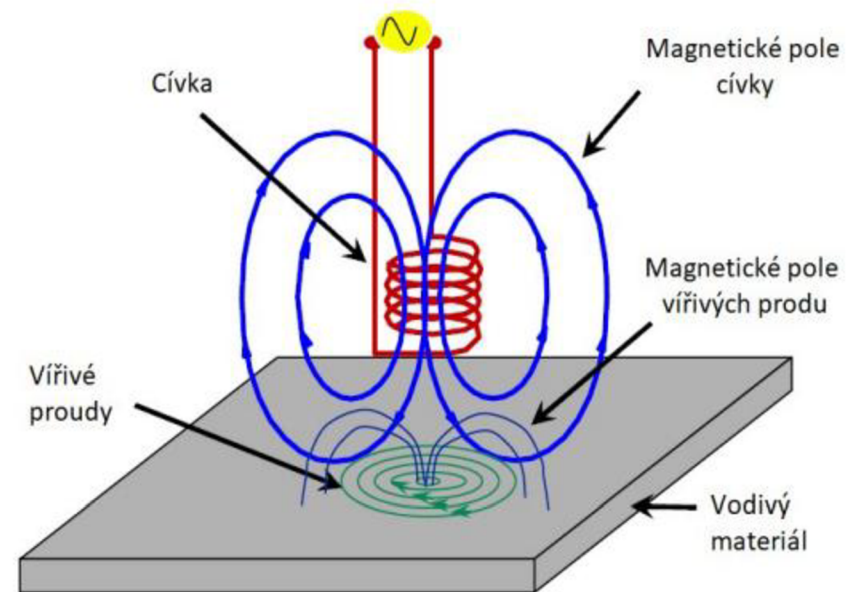
- nahradit sací ventilátor pneumatického dopravníku
- doplnit pásové dopravníky
- úsek separace: vodní splav vs. ECS separátor



Porovnání technických parametrů		
	MS-0-10102	Wamag Locust
Příkon [kW]	1,7	2,2
Kapacita [kg.h <sup>-1</sup> ]	200	2000 - 5000
Cena [kč]	455 000	850 000

# Separátor neželezných kovů - ECS

- *Eddy current separator* – separátor na principu vířivých proudů
- Rotující neodymové magnety v indukčním válci vytváří střídavý magnetický tok.
- V neželezných kovech se vytváří magnetické pole o stejné polaritě a jsou odpuzovány od válce.



Princip vzniku vířivých proudů. (Vachuda, 2017)

# Ekonomické zhodnocení

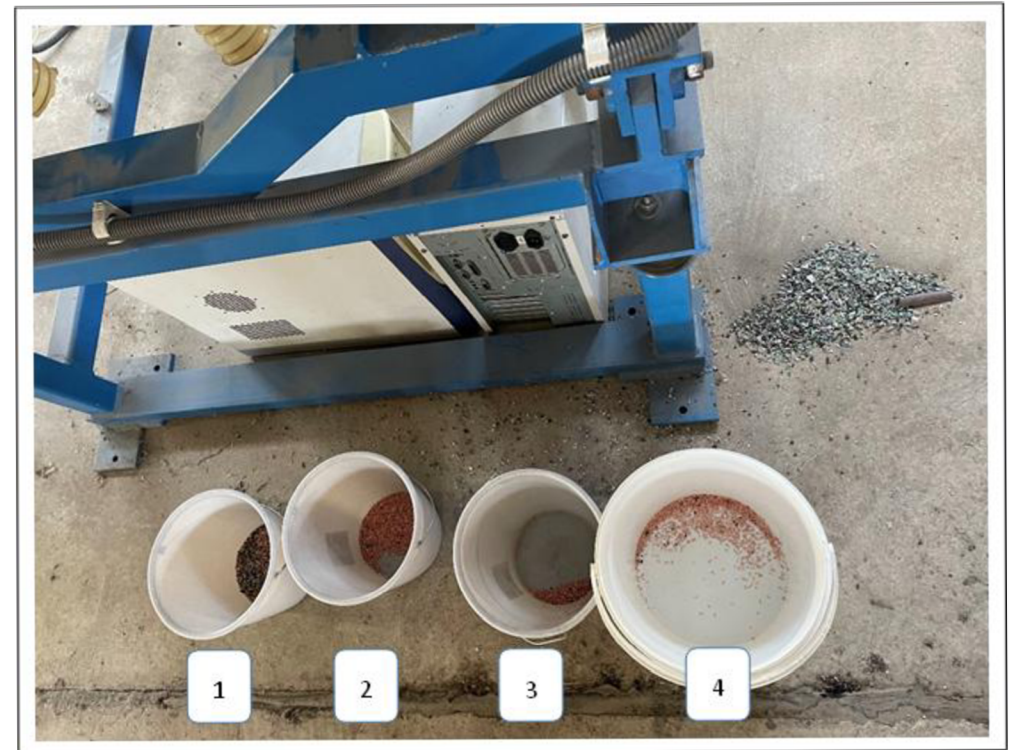
Vodní splav MS-0-10102 <i>Net Present Value</i>		
Kapacita stroje max.	200	[kg/hod]
Doba provozu stroje	2016	[hodin/rok]
Doba životnosti	6	[roky]
Poměr obsahu Cu směsi	29,4	[% Cu]
Cena Cu mix	180	[kč/kg]
Zpracováno celkem ročně	403 200,00	[kg]
Výtěžek Cu ročně	118 540,80	[kg]
Roční výnos	21 337 344,00	[kč]
Diskontní sazba	10	[%]
Počáteční investice	455 000,00	[kč]
Výnos rok 1	21 337 344,00	[kč]
Výnos rok 2	21 337 344,00	[kč]
Výnos rok 3	21 337 344,00	[kč]
Výnos rok 4	21 337 344,00	[kč]
Výnos rok 5	21 337 344,00	[kč]
Výnos rok 6	21 337 344,00	[kč]
NPV	92 474 695,75	[kč]

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^t \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Wamag Locust <i>Net Present Value</i>		
Kapacita stroje max.	5000	[kg/hod]
Doba provozu stroje	2016	[hodin/rok]
Doba životnosti	6	[roky]
Poměr obsahu Cu směsi	29,4	[% Cu]
Cena Cu mix	180	[kč/kg]
Zpracováno celkem ročně	10 080 000,00	[kg]
Výtěžek Cu ročně	2 963 520,00	[kg]
Roční výnos	533 433 600,00	[kč]
Diskontní sazba	10	[%]
Počáteční investice	850 000,00	[kč]
Výnos rok 1	533 433 600,00	[kč]
Výnos rok 2	533 433 600,00	[kč]
Výnos rok 3	533 433 600,00	[kč]
Výnos rok 4	533 433 600,00	[kč]
Výnos rok 5	533 433 600,00	[kč]
Výnos rok 6	533 433 600,00	[kč]
NPV	2 322 392 393,85	[kč]

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^t \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

*Evropská komise k dosažení cílů v rámci klimatické neutrality předpokládá snížení emisí a energetické náročnosti až o 60%, a to za současného trendu trvalého růstu a udržení ekonomické prosperity. (Evropská komise, 2019)*



**Děkuji za pozornost**